

*Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Satipo*

Informe temático

# Procesamiento digital de imágenes y modelamiento SIG

Lizardo Fachín Malaverri



Versión preliminar





# Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Satipo

Informe temático: **PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y MODELAMIENTO SIG**  
Lizardo Fachín Malaverri

© Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana  
Programa de Ordenamiento Ambiental  
Av. José Abelardo Quiñones Km. 2.5  
Teléfonos: (+51) (65) 265515 / 265516 Fax: (+51) (65) 265527  
[www.iiap.org.pe](http://www.iiap.org.pe) / [poa@iiap.org.pe](mailto:poa@iiap.org.pe)  
Iquitos-Perú, 2008

El presente estudio fue financiado con fondos del Plan de Impacto Rápido de Lucha contra las Drogas - PIR, canalizados por DEVIDA

#### **Cita sugerida:**

Fachín, L. 2008. Procesamiento digital de imágenes y modelamiento SIG, informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Satipo, convenio entre el IIAP, DEVIDA y la Municipalidad Provincial de Satipo. Iquitos - Perú

La información contenida en este informe puede ser reproducida total o parcialmente siempre y cuando se mencione la fuente de origen.



## Contenido

PRESENTACIÓN .....	3
RESUMEN .....	4
I. OBJETIVOS.....	5
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
2.1 Materiales .....	6
2.2 Metodología.....	11
III. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL MODELAMIENTO SIG-ZEE.....	12
3.1 Aplicaciones en Teledetección.....	12
3.2 Aplicaciones SIG .....	20
IV. BIBLIOGRAFÍA .....	25
ANEXOS .....	27

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Índice de la Carta Nacional utilizada en el proyecto .....	7
Tabla 2. Lista de imágenes de satélite utilizada en el mosaico de la Provincia de Satipo en el Departamento de Junín .....	8
Tabla 3. Lista de imágenes actualizadas utilizadas en el proyecto .....	8
Tabla 4. Características de la imagen de RADAR utilizada en el proyecto. ....	8
Tabla 5. Estructura de la carpeta matriz: ZEE_OT_SATIPO .....	10
Tabla 6. Ejemplo de archivos descargados del servidor del INPE. Se nota que cada banda espectral viene por separado y en formato comprimido. Esta es la imagen del satélite Landsat, sensor TM5, de fecha 04 de julio de 2007. De órbita/punto 5-68. nivel de corrección L2. Bandas 1,2,3,4,5 y 7.....	13
Tabla 7. Sistema de proyección usado en la georreferenciación de las imágenes de satélite.....	16
Tabla 8. Fuente de datos para la georreferenciación .....	17
Tabla 9. Orden de ubicación de las imágenes para realizar el empalme .....	17
Tabla 10. Lista de grupo interdisciplinario de especialistas encargados de la interpretación temática. ....	21
Tabla 11. Lista de mapas temáticos de acuerdo a la variable que contiene. ....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Índice gráfico de la Carta Nacional utilizada en el proyecto ..... 6

Figura 2. Índice de imágenes Landsat TM usadas en la interpretación visual y en la elaboración del mosaico ..... 9

Figura 3. Verificación de la corrección geométrica utilizando la cartografía base sobre la imagen corregida. .... 15

Figura 4. Imagen p005r068\_5t\_20070704 y GeoCover de la NASA indicando las escenas para Landsat ..... 16

Figura 5. Orden de ubicación de las imágenes para elaborar el mosaico. La imagen 1 va por debajo de la imagen 2 y esta va debajo de la imagen 3 ..... 17

Figura 6. Secuencia de superposición de imágenes para aplicar el mejoramiento radiométrico. La flecha indica el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) desde la imagen origen hacia la imagen destino. Ej. La imagen Nro. 2 se mejoró con respecto a la Nro. 1... ..... 18

Figura 7. Esquema gráfico empleado en el mejoramiento radiométrico... ..... 18

Figura 8. Mosaico sin mejoramiento radiométrico. (Igualación del histograma).. ..... 19

Figura 9. Mosaico con mejoramiento radiométrico: (Igualación del histograma) ..... 20

Figura 10. Imagen de RADAR. Jers-1 SAR zona 116 Sudamérica..... 20

Figura 11. Tema vector líneas de geología digitalizadas teniendo en cuenta la hidrografía como base. .... 22

Figura 12. Cobertura de arcos sin editar y editada ..... 23

Figura 13. Tabla de atributos indicando los campos de codificación y descripción de la codificación. .... 23

## PRESENTACIÓN

En el presente documento trata de aportar, a través de metodologías y resultados, la comprensión y uso de tecnologías relacionados a temas de procesamiento digital de imágenes de satélite y los Sistemas de Información Geográfica - SIG aplicados a la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) en la Provincia de Satipo, en la Región de Junín. Estos temas tienen una relación directa con la generación, análisis y presentación de los datos de manera tabular y espacial que constituyen parte importante y herramienta de interpretación en los estudios de los aspectos biofísicos y socioeconómicos de determinado territorio.

Estas herramientas tecnológicas sirven como medio para ejecutar los modelos y/o metodologías de que se vale la ZEE, para llegar a formular las propuestas con una base científica y que al mismo tiempo sea entendida y usada por los actores involucrados.

El entendimiento sobre temas relacionados a la geomática tiene como propósito brindar, de manera holística, a través de la interpretación de imágenes y construcción de mapas, la caracterización del territorio y su entendimiento de forma gráfica - espacial.

El documento ha sido elaborado teniendo en cuenta la revisión de material bibliográfico existente en el tema sobre el procesamiento digital de imágenes de satélite y complementado con trabajo de campo y de gabinete de manera coordinada con el Programa de Ordenamiento Ambiental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP-POA; así mismo las sugerencias vertidas en los talleres y cursos de capacitación con los actores del proceso, fueron considerados al momento de presentar los resultados.

## RESUMEN

Este informe técnico hace referencia de la metodología empleada en el proceso de Zonificación Ecológica y Económica de la Provincia de Satipo, en el Departamento de Junín, utilizando los Sistemas de Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica.

El área en estudio cubre una superficie SIG aproximada de 1'950,090 hectáreas localizadas en selva alta y es la provincia con mayor parte de bosque en el departamento de Junín. Se sitúa entre las coordenadas 10o 42' 57,44'' Lat. Sur - 75 o 03' 55,24'' Lon. Oeste y 12 o 23' 56,61'' Lat. Sur - 73 o 20' 13,68 Lon. Oeste. Está conformada por valles que forman los ríos: Satipo, Ene, Perené, Tambo y Pangoa. La provincia de Satipo se encuentra a 632 m.s.n.m. variando los pisos ecológicos desde los 400 msnm en el distrito de Río Tambo, hasta los 1 400 msnm en Pampa Hermosa.

Políticamente limita por el Norte con los Departamentos de Pasco y Ucayali, por el Sur con los Departamentos de Huancavelica y Ayacucho. Hacia el Este limite con los Departamentos de Ucayali y Ayacucho y hacia el Oeste con las provincias de Chanchamayo, Jauja, Concepción y Huancayo en el Departamento de Junín. En términos generales se ubica en la selva alta tropical en una altitud promedia de 1000 m.s.n.m. variando la misma de 200 metros más o menos hasta los 3200. Esta región se caracteriza por presentar diferentes unidades fisiográficas, edáficas, florísticas y socioeconómicas.

La metodología que se empleó en este proceso incorpora herramientas tecnológicas (geomáticas) que hacen uso de imágenes de satélite procesadas, las que sirven de insumo para el análisis del espacio (territorio biofísico y socioeconómico) y que tienen como producto mapas digitales elaborados haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Se expone las etapas que se sigue para la generación de datos gráficos espaciales y la presentación en mapas temáticos. La metodología se dividió en dos grandes temas o módulos de acuerdo a las técnicas empleadas. En el tema relacionado a Sistemas de Teledetección, se aborda los procesos para la recopilación, procesamiento de imágenes individuales (escenas) y elaboración de un mosaico a partir de las imágenes individuales (Landsat TM). Este mosaico y las imágenes individuales fueron utilizados como insumos dentro de un SIG, que es el proceso por el cual se hace el acondicionamiento, preparación, interpretación, digitalización, edición, codificación, modelamiento y composición de mapas.

## I. OBJETIVOS

Preparación de las imágenes de Satélite para su aplicación en la observación, interpretación y análisis del territorio en la Provincia de Satipo, mediante el acondicionamiento de imágenes de satélite y la construcción de un mosaico que permita a los intérpretes tener una visión en conjunto del área de estudio para poder identificar, delimitar, caracterizar y distribuir las unidades del paisaje de acuerdo a la especialidad.

Elaboración de mapas sobre temas biofísicos y socioeconómicos de la Provincia de Satipo ayudado de los Sistemas de Información Geográfica.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. MATERIALES

#### 2.1.1. Material Cartográfico:

La cartografía base es utilizada para varios propósitos, uno de ellos y el más importante en la corrección geométrica de las imágenes. En este proceso se utilizó la cartografía nacional oficial o mapas topográficos del territorio nacional conocido como Carta Nacional levantado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100,000 que fuera compilada con información satelital que data desde el año 1979 y que viene siendo actualizado constantemente.

De igual manera, los datos cartográficos sirven como referencia en la elaboración de los mapas, a través de la disponibilidad de la base hidrográfica y de centros poblados.

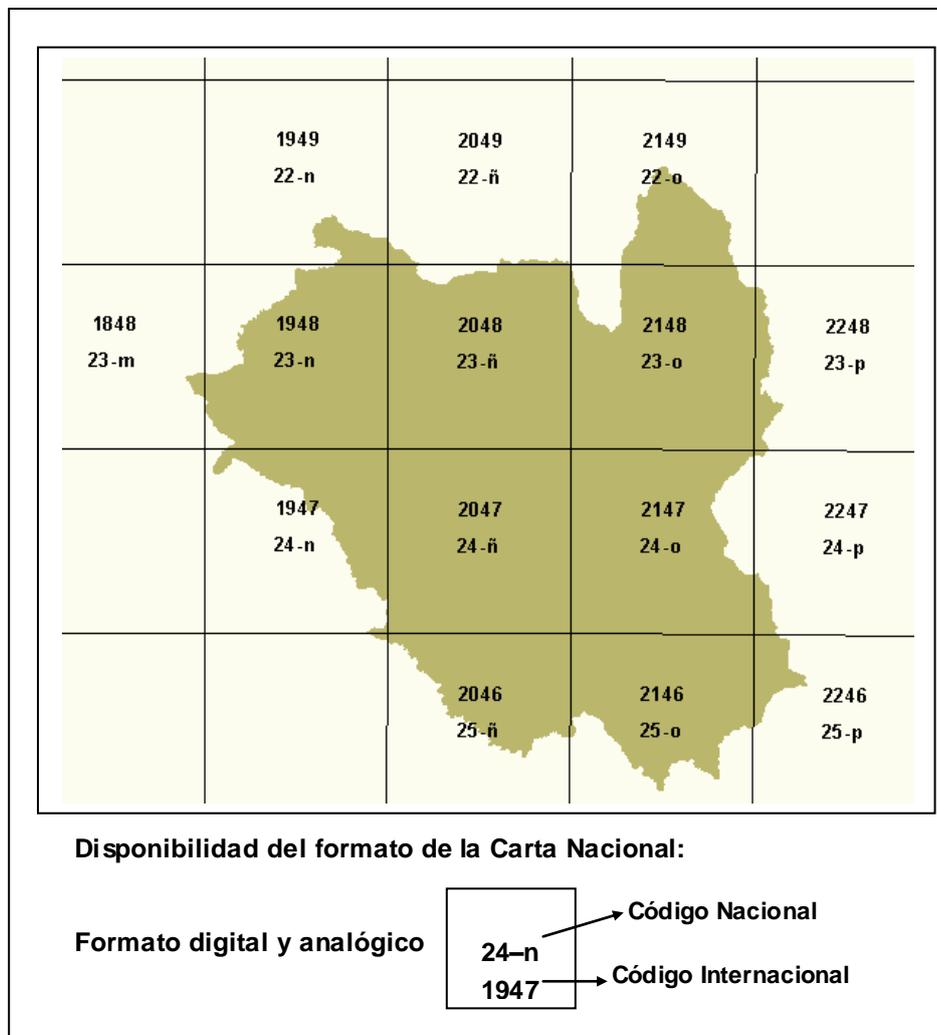


Figura 1: Índice gráfico de la Carta Nacional utilizada en el proyecto

Las características de las hojas que cubren la Provincia de Satipo (15 hojas) son descritas en la tabla que a continuación se presenta:

**Tabla 1:** Índice de la Carta Nacional utilizada en el proyecto

Nro	Carta Nacional 1:100 000			Formato		Proyección	
	Código Nacional	Código Internacional	Nombre	Análogo	Digital	WGS84	PSAD56
1	23-m	1848	La Merced	x	x	x	
2	22-n	1949	Bajo Pichanaqui	x	x	x	
3	23-n	1948	Satipo	x	x	x	
4	24-n	1947	Andamarc	x	x	x	
5	22-ñ	2049	Obteni	x	x	x	
6	23-ñ	2048	Puerto Prado	x	x	x	
7	24-ñ	2047	Quitani	x	x	x	
8	25-ñ	2046	Mejorada	x	x	x	
9	22-o	2149	Atalaya	x	x	x	
10	23-o	2148	Marobeni	x	x	x	
11	24-o	2147	Campa	x	x	x	
12	25-o	2146	Sin nombre	x	x	x	
13	23-p	2248	Sepahua	x	x	x	
14	24-p	2247	Sin nombre	x	x	x	
15	25-p	2246	Sin nombre	x	x	x	

Los datos que se presentan en la Carta Nacional tienen su origen en un fotolito que es utilizado en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la elaboración de estos documentos gráficos. Al hacer la digitalización (dibujo) de la misma acarrea un error de 0,08.

No todos estos documentos están graficados en el mismo sistema de proyección, por lo cual se tiene que hacer la verificación utilizando algunas opciones que nos brindan los programas SIG. En este caso se utilizó la extensión *Projection Utility* de ArcViewGIS.

En resumen, el Sistema de Proyección utilizada para toda la data base se describe en el cuadro:

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

La data vectorial digital de la Carta Nacional es facilitada, por lo general en formato \*.dxf, la cual tuvo que ser convertida a formato *shape* o *arc* compatible con ArcViewGIS y ArcInfo, respectivamente. Cada hoja de la Carta Nacional incluye las coberturas o temas de curvas de nivel, ríos y quebradas (líneas), lagos e islas (polígonos), cotas y señales (puntos). Algunas hojas contienen data de la toponimia (nombres de los ríos), la cual no fue utilizada en este caso.

2.1.2. Material Satelital:

Para el trabajo de actualización de vectores, se adquirió imágenes de satélite Landsat TM5 recientes (2007) con las cuales, además, se trabajo el mejoramiento geométrico y la elaboración del 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) y uno a la del infrarrojo lejano o termal (6) las que se dividen en dos (6L y 6H) y tiene una resolución espacial de 120 metros para el sensor TM, no fueron utilizadas en el procesamiento de las imágenes.

Inicialmente se trabajó con imágenes del proyecto BIODAMAZ-IIAP en la elaboración del mosaico pero debido a la antigüedad de las mismas y la adquisición de imágenes más actuales se elaboró otro mosaicos con éstas.

Tabla 2: Lista de imágenes de satélite utilizada en el mosaico de la Provincia de Satipo en el Departamento de Junín.

Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Fecha captura de la imagen	Fuente
Landsat	TM5	005_068	26/07/1986	BIODAMAZ - IIAP
Landsat	TM5	005_069	26/07/1986	BIODAMAZ - IIAP
Landsat	TM5	006_068	05/08/1993	BIODAMAZ - IIAP

Tabla 3: Lista de imágenes actualizadas utilizadas en el proyecto.

Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Fecha captura de la imagen	Fuente
Landsat	TM5	005_068	04/07/2007	GLOVIS-NASA
Landsat	TM5	005_069	04/07/2007	GLOVIS-NASA
Landsat	TM5	006_068	09/06/2007	GLOVIS-NASA

Un insumo importante para la observación, evaluación y discriminación de la topografía o formas de relieve y la pendiente constituye las imágenes de RADAR. En este caso en particular se utilizó la imagen JERS-1\_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.

Tabla 4: 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	Global Rain Forest Mapping Project

Las imágenes Landsat TM, están disponibles por escenas individuales que tienen una extensión (superficie) aproximada de 185x185 kilómetros. La nomenclatura utilizada corresponde a una órbita (helio-sincrónica) y un punto de referencia a la línea ecuatorial. El punto de intersección es denominado órbita/punto y está clasificado con números (figura 02).

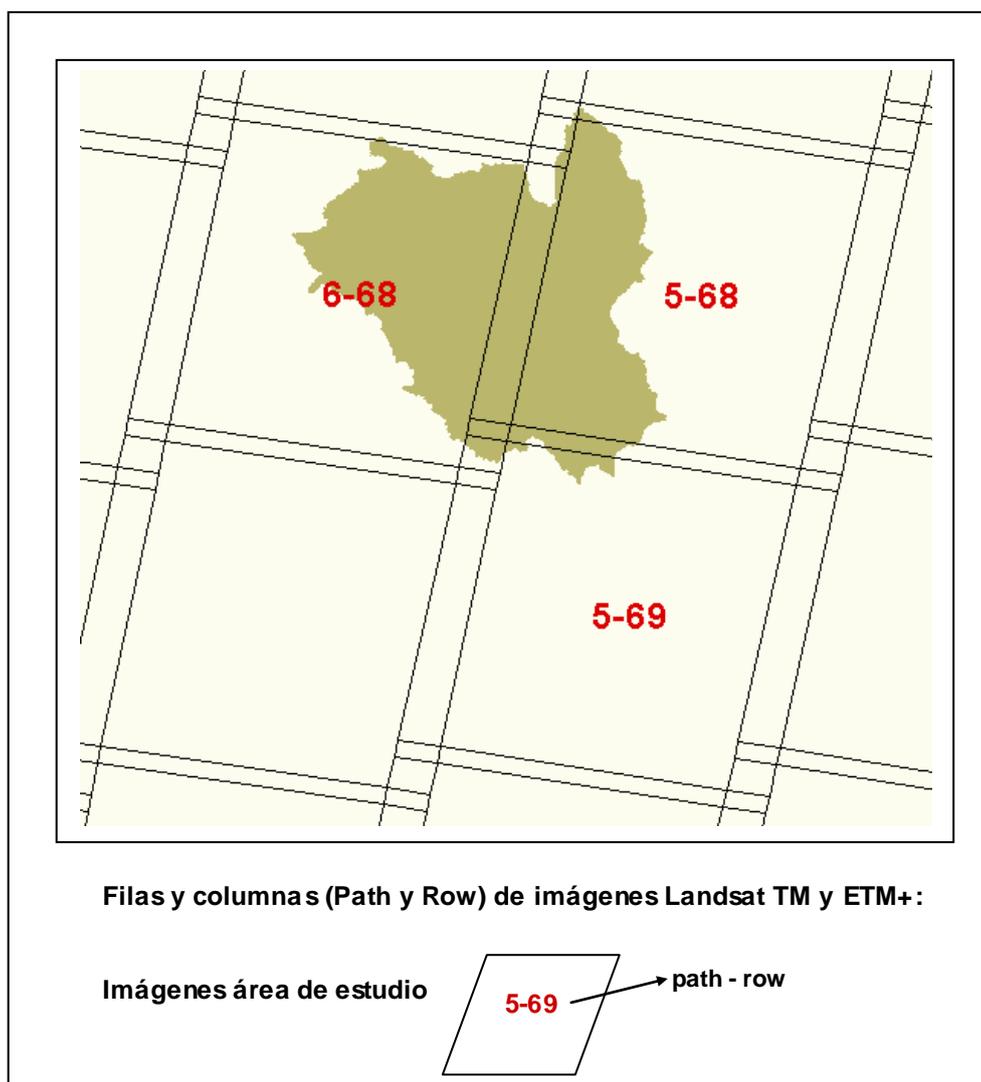


Figura 2: Índice de imágenes Landsat TM usadas en la interpretación visual y en la elaboración del mosaico.

### 2.1.3. Equipos y software:

En el campo de los Sistemas de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica los adelantos son cada día más innovadores. Este avance va a la par con los adelantos en los sistemas computacionales e informáticos. En el proceso de ZEE se necesita avanzar en este sentido pues la generación de información tiene detrás grandes volúmenes de datos los cuales tienen que ser procesados utilizando programas y equipos de cómputo que estén acorde con las exigencias de estos requerimientos. Así tenemos que para la ejecución del proyecto se hizo uso de software y equipos de última generación:

- **Software:**  
ERDAS IMAGINE v8.5 (Para el procesamiento digital de imágenes de satélite)

ArcViewGIS v3.3 (Digitalización, acondicionamiento y codificación de vectores)

ArclInfo 3.5.1 (Edición de vectores)

Map Source v.6.0 (Colecta de datos GPS)

Office 2007 (Procesador de textos u tablas)

- **Equipos informáticos**

1 PC Pentium IV

Tablero digitalizador DrawingBoard III Calcom

Plotter Hewlett Packard - DesignJet 1055CM

GPS Garmin V, MAP 60

#### 2.1.4. Organización de la carpeta matriz:

En el proceso de creación de datos para ser utilizados en el procesamiento digital de imágenes de satélite y para la elaboración de cartografía temática, se crean muchos archivos los cuales tienen que llevar un orden lógico en carpetas, las cuales almacenan a estos archivos que vienen en diferentes formatos y de diferentes medios o fuentes. Debido a este hecho se ha diseñado una estructura muy simple del árbol de directorios del proyecto.

La interfase que utilizan los programas 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, entre otros) que generan las composiciones, buscando la ruta donde éstos fueron almacenados previamente. Debido a las características del trabajo la creación de archivos es constante así como su almacenamiento, por este motivo se creó una carpeta madre siguiendo ciertas consideraciones para nombrar las subcarpetas que la componen.

Tabla 5: Estructura de la carpeta matriz: ZEE\_OT\_SATIPO.

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 satélite	*.img, *.tiff, *.fst
JPG	Fotografías	*.jpg, *.tiff, *.bmp
LOGOS	Logos institucionales	*.jpg, *.tiff
MAP	Composiciones de las mapas en ERDAS IMAGINE	*.map
TXT	Textos varios	*.doc

## 2.2. METODOLOGÍA

La temática en el desarrollo de la metodología se tuvo que dividir en dos grandes módulos según las aplicaciones tecnológicas empleadas:

- Aplicaciones en Percepción Remota (Teledetección)
- Aplicaciones en Sistemas de Información Geográfica (SIG)

De igual manera, la metodología empleada en el estudio es presentada por etapas que corresponden a las 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 son presentadas de manera gráfica a través del uso de figuras y de manera textual a través de la descripción secuencial de los procesos, de manera que pueda ser entendible y replicable por el interesado y utilizado para otros trabajos similares.

### III. ESQUEMA METODOLÓGICO

La labor de generar mapas que van a servir como insumos de análisis de la ZEE, hace necesario una organización para la secuencia de procesos. Esta secuencia en la elaboración de los mapas es importante ya que algunos mapas son insumos de otros como es el caso de los mapas intermedios (mapas de evaluación) que tienen su origen en los mapas temáticos de las variables física, biológica y socioeconómica.

En ese sentido con la finalidad de designar un término apropiado a todo este proceso técnico, se ha visto conveniente usar el término:

“*Modelamiento SIG-ZEE*”, que viene a ser la aplicación de técnicas geomáticas en el desarrollo de la ZEE.

#### 3.1 Aplicaciones en Teledetección:

##### 3.1.1 Búsqueda, recopilación y evaluación de datos satelitales:

- La búsqueda y recopilación de la data satelital se tuvo que hacer en diferentes fuentes y/o proveedores, en el ámbito nacional así como a través de la Internet (Internacional). También se hizo la búsqueda en los archivos almacenados en el IIAP, de donde se seleccionaron imágenes de satélite perteneciente a la plataforma: Landsat TM5 y del sensor RADAR, Jers 1 - SAR.
- El formato más común para descargar imágenes de los proveedores es GeoTIFF. Este formato, seguidamente, tuvo que ser exportado al formato \*.img que es el formato matriz de ERDAS IMAGINE.
- En la evaluación de las imágenes se tuvo en cuenta los tipos de satélites y sensores desde el punto de vista de sus características espaciales, espectrales, radiométricas, entre otras, de importancia y útiles para el proyecto (Meso Zonificación).
- Siguiendo este contexto se buscó, evaluó y recopiló imágenes de la plataforma LANDSAT, por ser ésta la que mejor se ajusta a las necesidades del proyecto y además por estar disponibles en la Internet a precios relativamente asequibles (en algunos casos de manera gratuita). Las imágenes utilizadas en el proyecto fueron adquiridas al INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales) del Brasil. *Anexo 01*.
- Para la selección de las imágenes más adecuadas se consideró el bajo porcentaje de nubes que cubren la escena (imagen de 185 x 185 km<sup>2</sup>), siendo el 10% el más adecuado, pues de lo contrario la interpretación visual se vería limitada enormemente. Cabe indicar, que en esta zona geográfica de amazonía peruana (selva alta y selva baja) las condiciones climáticas no siempre son las más óptimas y casi siempre las nubes son una constante, imposibilitando la interpretación visual.
- Por sus características espectrales las imágenes contienen una cantidad de bandas o canales las cuales varían de siete en los sensores TM y ocho en los mejorados (ETM+). En ambos casos las bandas 6L y 6H pertenecen a los canales térmicos, los que no fueron utilizados para la exportación en este ejercicio.

**3.1.2 Procesamiento Digital de Imágenes de Satélite:** Este proceso se concibe como aquellas operaciones que permiten mejoras las imágenes de satélite con la finalidad de realzar su apariencia visual y su corrección geométrica con la finalidad de obtener datos para el análisis y la generación de información útil extraída de las mismas.

No siempre las imágenes adquiridas tiene la mejor presentación o aspecto visual para el trabajo de interpretación, es por ello que se hace preciso aplicar ciertas operaciones para corregirlas.

- Las imágenes por lo general son facilitadas, por los proveedores, en formatos crudos o con ciertas correcciones. Estas imágenes tiene que ser validadas y corregidas con la cartografía base del territorio nacional el cual se sustenta en la Carta Nacional.
- En la selección de las imágenes más adecuadas se consideró el bajo porcentaje de nubes que cubren la escena. Se debe resaltar que en esta zona geográfica de amazonía peruana es un tanto difícil encontrar imágenes con nula presencia de nubes ya que es una zona de transición entre selva alta y selva baja y las condiciones metereológicas no siempre son las más óptimas y casi siempre las nubes son una constante.

**Tabla 6:** Ejemplo de archivos descargados del servidor del INPE. Se nota que cada banda espectral viene por separado y en formato comprimido. Esta es la imagen del satélite Landsat, sensor TM5, de fecha 04 de julio de 2007. De órbita/punto 5-68. nivel de corrección L2. Bandas 1,2,3,4,5 y 7.

```
LANDSAT_5_TM_20070704_005_068_L2_BAND1.tif.zip  
LANDSAT_5_TM_20070704_005_068_L2_BAND2.tif.zip  
LANDSAT_5_TM_20070704_005_068_L2_BAND3.tif.zip  
LANDSAT_5_TM_20070704_005_068_L2_BAND4.tif.zip  
LANDSAT_5_TM_20070704_005_068_L2_BAND5.tif.zip  
LANDSAT_5_TM_20070704_005_068_L2_BAND6.tif.zip  
LANDSAT_5_TM_20070704_005_068_L2_BAND7.tif.zip
```

- Con la finalidad de facilitar el trabajo en la manipulación de los datos (tamaño de los archivos), 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. Se hicieron algunas pruebas en cuanto a combinación de bandas espectrales con la finalidad de observar la apariencia visual en ciertos rangos del espectro. 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 - 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, topográficos o de relieve.
- Todas estas imágenes después de haber sido transformadas al formato adecuado (\*.img) se prepararon para ser corregidas geométricamente (georreferenciación) y mejoradas radiométricamente. El siguiente esquema muestra el sistema de proyección utilizada en el proceso de georreferenciación.

#### GEORREFERENCIACIÓN:

- La georreferenciación de las imágenes de satélite es quizá el proceso más importante en el procesamiento de imágenes. Las imágenes deben estar correctamente localizadas en un mismo espacio geográfico para que, al momento de hacer el empalme de las mismas, 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 aspectos, 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.
- Debido a la disponibilidad de la data cartográfica se utilizó el segundo caso, es decir, se corrigieron 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 10 a 15 PCT (Puntos de Control Terrestre) ó 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 georreferenciación.

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.

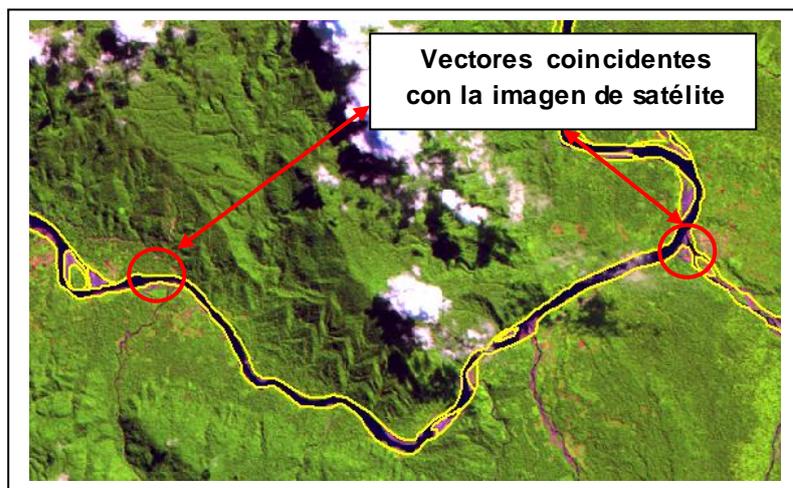


Figura 3: Verificación de la corrección geométrica utilizando la cartografía base sobre la imagen corregida.

- En algunos casos, la coincidencia de la cartografía con la imagen corregida no es la más adecuada, es así que se tiene que hacer nuevamente la corrección hasta que la coincidencia de ambas (vector y raster) sea la más precisa. Este proceso puede tardar muchas horas y va a depender del criterio del especialista para determinar cuándo la imagen está correctamente corregida. Se presentan algunos inconvenientes cuando se trata de imágenes que por su naturaleza están en zonas de transición entre selva alta y selva baja, pues la estructura del relieve (relativamente plano y rugoso) son factores que pueden interferir en la aplicación del modelo de corrección y por ende en el resultado.
- Otro aspecto de mencionar si no se da la coincidencia antes mencionada, puede ser debido a que la fuente empleada en la elaboración de la base cartográfica es producto de la interpretación de imágenes antiguas. 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.
- Como elementos auxiliares para la evaluación del resultado en el proceso de corrección geométrica, puede utilizarse la imagen GeoCover de Landsat 5TM que es un conjunto de imágenes trabajadas en el año 2000 obtenidas del servidor GLCF (Global Land Cover Facility) ubicado en la dirección URL siguiente:  
<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

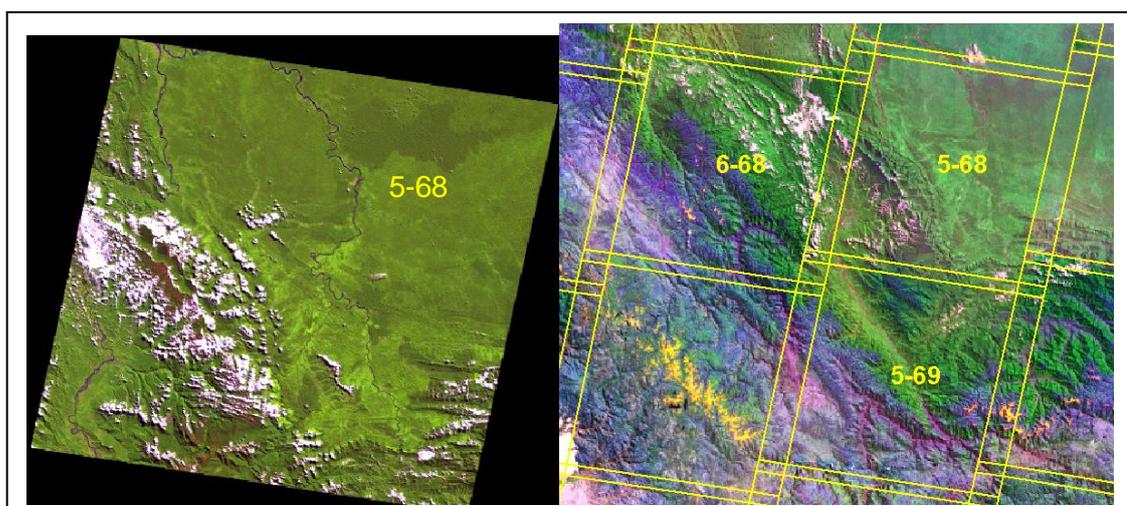


Figura 4: Imagen p005r068\_5t\_20070704 y GeoCover de la NASA indicando las escenas para Landsat

- En nuestro caso en particular, para la corrección geométrica, se utilizó el programa Erdas Imagine en la opción de modelo Polinomial de orden 1 y 2. El modelo de orden 1 sirve mucho para zonas de topografía relativamente plana y no muy rugosa, como es el caso del modelo de orden 2.
- Las imágenes fueron corregidas teniendo en cuenta no exceder un error medio cuadrático (RMS) mayor a 2.0 es decir que no exceda las dos pixeles. Además se usó un promedio de 10 a 15 puntos de control terrestres (GCPs) visibles y comparables en ambas imágenes.

El sistema de proyección utilizado en el proceso de corrección geométrica es el que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Sistema de proyección usado en la georreferenciación de las imágenes de satélite

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

- De igual manera se tomó como referencia las imágenes trabajadas en el proyecto BIODAMAZ (IIAP) para hacer la verificación de la corrección.

Tabla 8: Fuente de datos para la georreferenciación.

geo (wgs84_18S)	GCP	RMS	IMG base verificación
005068_5t_20070704.img	11	0,6142	Imágenes BIODAMAZ
005069_5t_20070704.img	15	3,482	Imágenes BIODAMAZ
006068_5t_20070609.img	15	4,2267	Imágenes BIODAMAZ

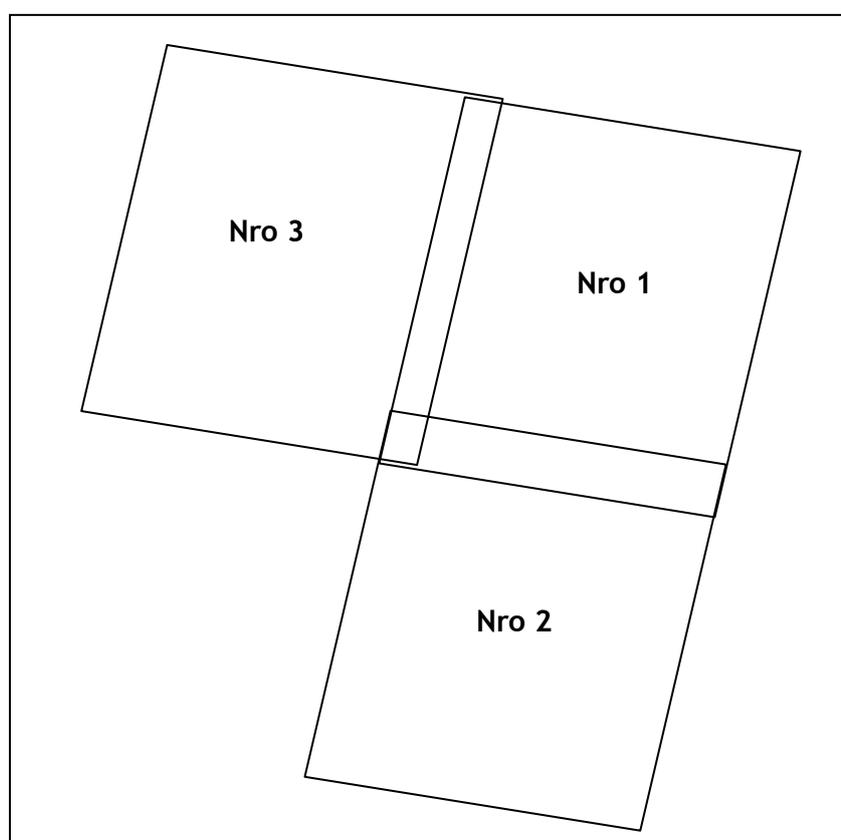
Donde: GCP: Punto de Control Terrestre  
RMS: Error Medio Cuadrático

**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 en su totalidad.

- Para elaborar un mosaico de imágenes de satélite se sigue una serie de procesos que tiene su inicio en la preparación de las imágenes (individuales). Aquí se debe considerar algunos aspectos de importancia como: La selección de las imágenes con poco o nulo porcentaje de cobertura de nubes. La fecha de captura de las imágenes debe ser lo más recientemente posible. Deben tener las mismas bandas espectrales y la misma cantidad de ellas. En este caso en particular se emplearon todas las bandas espectrales de cada una de las imágenes.

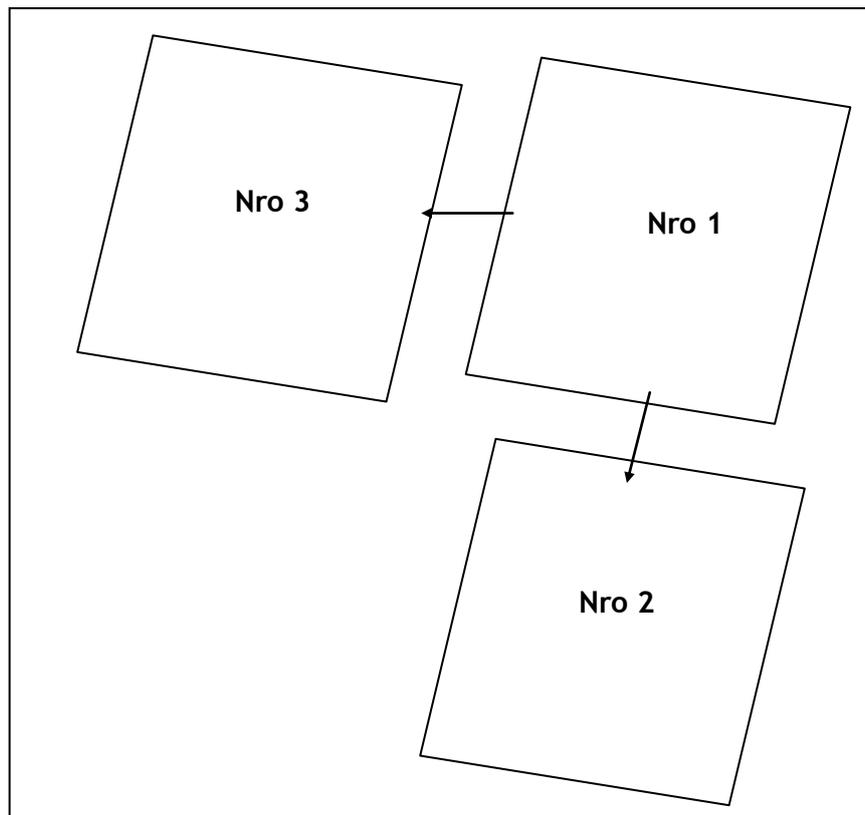
**Tabla 9:** Orden de ubicación de las imágenes para realizar el empalme.

Orden de ubicación (empalme)	Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Fecha captura de la imagen	Fuente
1 <sup>ro</sup>	Landsat	TM5	005_068	04/07/2007	INPE
2 <sup>do</sup>	Landsat	TM5	005_069	04/07/2007	INPE
3 <sup>ro</sup>	Landsat	TM5	006_068	09/06/2007	INPE

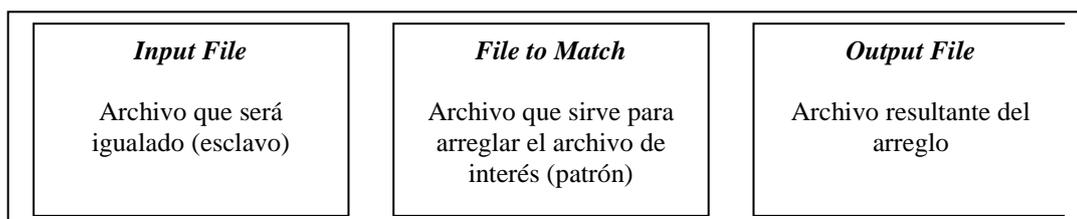


**Figura 5:** Orden de ubicación de las imágenes para elaborar el mosaico. La imagen 1 va por debajo de la imagen 2 y esta va debajo de la imagen 3

- Realizada la corrección geométrica a todas las imágenes y verificando la superposición de las mismas, se procede a aplicar algunos mejoramientos radiométricos empleando para ello algunos algoritmos sugeridos por el software como es: “*matching histogram*”, función que permite igualar el histograma de las imágenes unas con respecto a otras. El Algoritmo empleado permite igualar los histogramas de dos imágenes mediante una operación matemática en la “*lookup table*”, la cual sirve como una función para igualar un histograma respecto a otro de referencia. Este procedimiento tiene una secuencia y es realizado a cada banda espectral de cada imagen individualmente.
- En principio se tuvo como base la imagen p005r068 (Nro. 1) debido a que ésta presentaba mejor apariencia y contraste, en consecuencia una mejor visualización en pantalla. Con ésta imagen se arregló las imágenes p006r068 (Nro. 3), y la imagen p005r069 (Nro. 2).



**Figura 6:** Secuencia de superposición de imágenes para aplicar el mejoramiento radiométrico. La flecha indica el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) desde la imagen origen hacia la imagen destino. Ej. La imagen Nro. 2 se mejoró con respecto a la Nro. 1.



**Figura 7:** Esquema gráfico empleado en el mejoramiento radiométrico.

- Con las imágenes resultantes del procedimiento de mejoramiento radiométrico se procede a elaborar el mosaico utilizando algunas opciones propuestas por ERDAS IMAGINE que a continuación se detallan:

- *Compute Active Area:*

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 - (automatically)*. En la opción *Matching method* se selecciona *Overlap Areas*, 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.

- La apariencia visual de las imágenes antes y después de la corrección radiométrica tiene una marcada diferencia. Esto facilita la observación de rasgos, especialmente en las áreas de traslape.

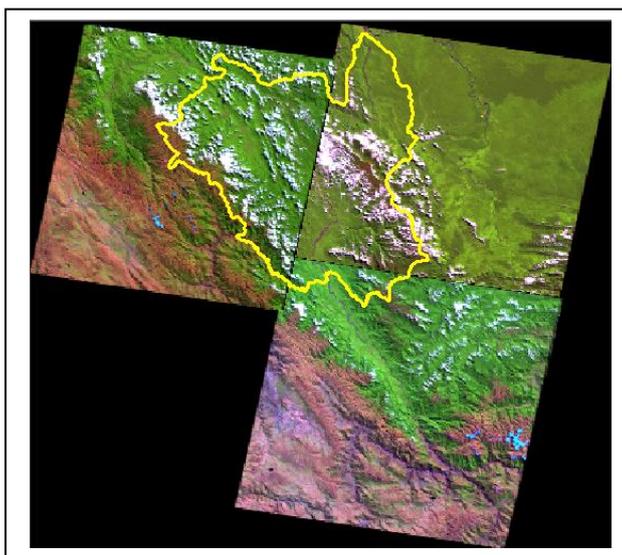


Figura 8: Mosaico sin mejoramiento radiométrico.  
(Igualación del histograma)

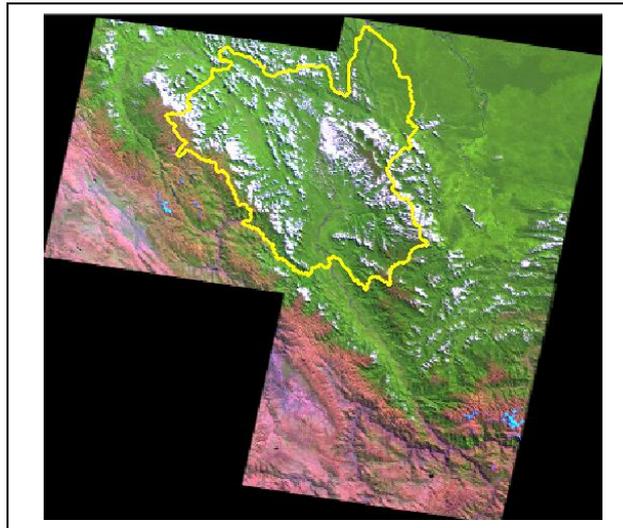


Figura 9: Mosaico con mejoramiento radiométrico: (Igualación del histograma)

- La imagen de RADAR, usada en el proyecto fue la correspondiente al mosaico de Sudamérica de la zona 116.

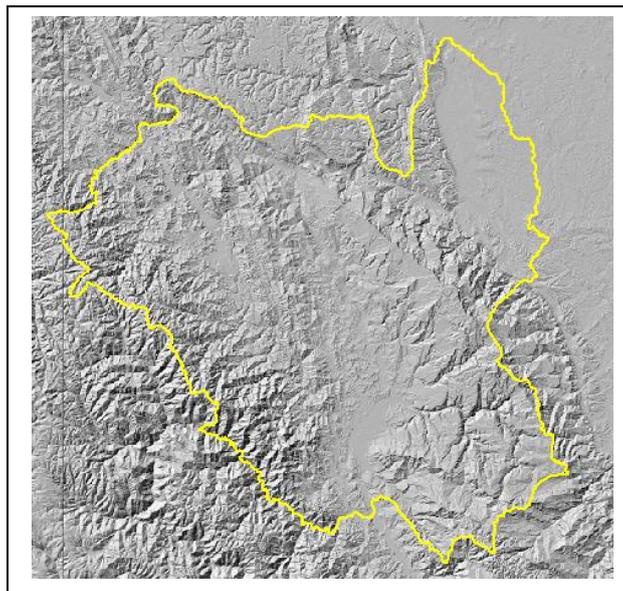


Figura 10: Imagen de RADAR. Jers-1 SAR zona 116 Sudamérica.

### 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.

- 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. Geología, Geomorfología, Fisiografía, 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 TM5) 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.

**Tabla 10:** Lista de grupo interdisciplinario de especialistas encargados de la interpretación temática.

Especialista	Tema
Ing. Roger Escobedo	Fisiografía. Suelos. Capacidad de Uso Mayor de las Tierras. Aptitud Productiva
Ing. Francisco Reategui Ing. Percy Martínez	Forestal. Aptitud Productiva
Ing. Walter Castro Geo. Isabel Quintana	Geología. Geomorfología. Vulnerabilidad
Ing. Juan Ramirez	Uso Actual. Conflictos de uso
Blgo. Filomeno Encarnación Blgo. Ricardo Zárate	Vegetación. Valor Bio-ecológico
Blgo. José Maco	Hidrografía. Clima. Cuencas Hidrográficas
Econ. Luis Limachi	Socioeconomía. Potencialidades socioeconómicas. Vocación urbana industrial. Vocación histórico cultural.
Consultores externos	Clima. Fauna. Potencial turístico.

- 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.

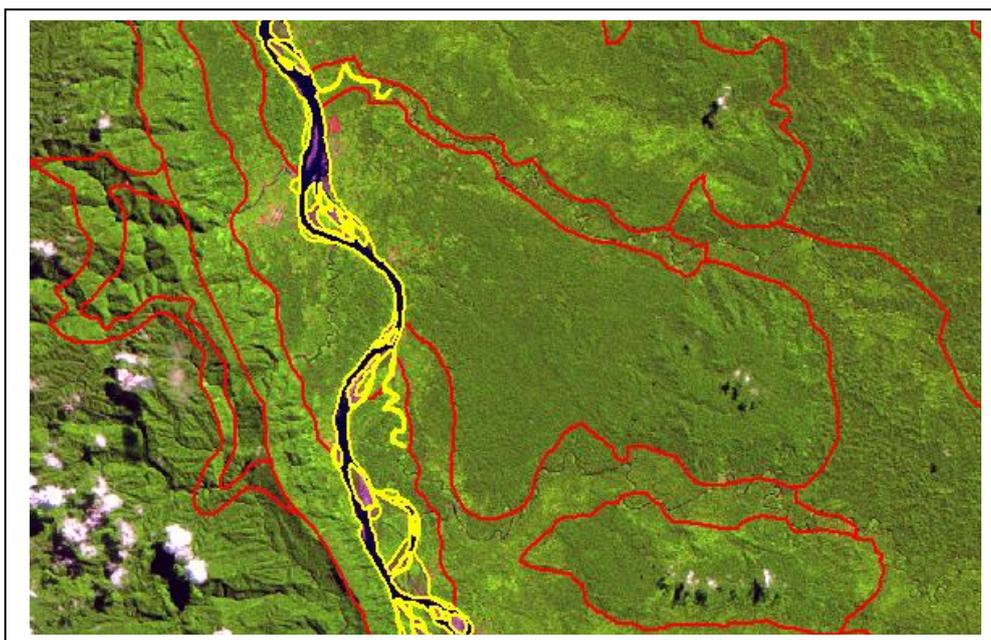


Figura 11: Tema vector líneas de geología digitalizadas teniendo en cuenta la hidrografía como base.

**3.2.3 Edición y atributación (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 atributación 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.

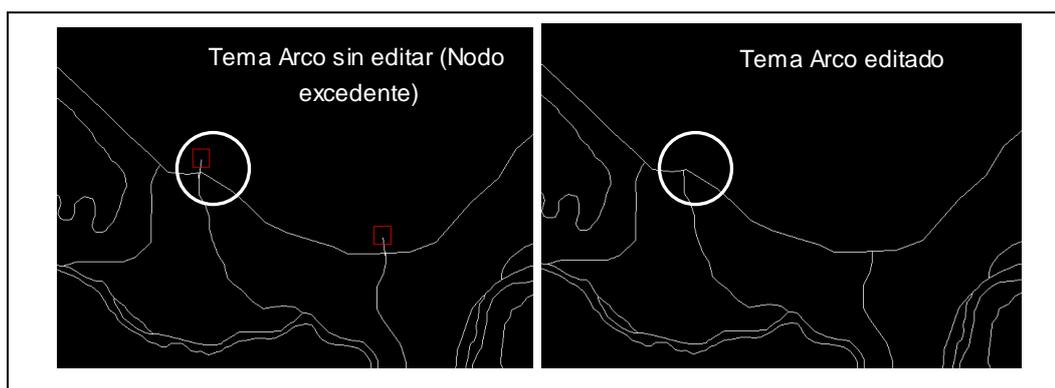


Figura 12: Cobertura de arcos sin editar y editada.

- 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 creado 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 llevará en la leyenda al momento de hacer la composición del mapa.

Atributos de Fisisio					
Fisiocódigo	Desc. fisisio	Subpaisaje	Paisaje	Gran. paisa	Hectareas
27	Colinas bajas moderadamente	Colinas bajas	Colinoso del Terciario	Colinoso	123628.401
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	Lluvial reciente	Llanura aluvial	144.455
99	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	1087.804
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	Lluvial reciente	Llanura aluvial	1395.696
27	Colinas bajas moderadamente	Colinas bajas	colinoso del Terciario	Colinoso	56745.244
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	Lluvial reciente	Llanura aluvial	144.968
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	Lluvial reciente	Llanura aluvial	398.154
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	Lluvial reciente	Llanura aluvial	37.484
28	Colinas bajas fuertemente dise	Colinas bajas	colinoso del Terciario	Colinoso	187471.649
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	Lluvial reciente	Llanura aluvial	862.326
99	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	1299.547
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	Lluvial reciente	Llanura aluvial	174.859

**Campo de codificació** (indicated by a red arrow pointing to the 'Fisiocódigo' column)

**Campos de descripción de los códigos** (indicated by a red arrow pointing to the 'Desc. fisisio', 'Subpaisaje', 'Paisaje', and 'Gran. paisa' columns)

Figura 13: Tabla de atributos indicando los campos de codificación y descripción de la codificación.

**3.2.4 Composición de mapas:** Este proceso permite tener los mapas listos para la impresión (ploteo). Se debe tener en cuenta ciertos aspectos o elementos necesarios para que tenga una aceptación y sea agradable y entendible por el usuario final.

- Es importante tener presente en primer lugar el formato de impresión. Es decir, que tamaño debe ser el adecuado para la presentación de los mapas. Para este caso se ha utilizado el formato de 35x35 pulgadas. Lo que representa una medida adecuada tratándose de mapas que muestran muchas particularidades en su contenido.

- La escala de impresión en este formato fue fe 1:250 000.
- La aplicación de colores es parte del arte que se tiene que aplicar a cada tipo de mapa. Tal es el caso del mapa de fisiografía que se tienen que usar colores claros a medida que se avanza desde la parte mas baja que son los complejos de playas, playones o bancos de arena, terrazas, colinas, laderas, montañas, etc.
- Se tuvo que adicionar número (códigos) a las unidades de manera visual ya que en algunos casos la combinación de colores es parecida y puede haber errores al visualizar el significado de cada uno. En la leyenda se indica el número y el color.
- Se usa una barra de escala gráfica con la finalidad de poder hacer algunas mediciones sobre los mapas. Esto es importante para medir distancias.
- De igual manera una grilla de coordenadas UTM, con un intervalo de 30 kilómetros para no saturar el área de despliegue del mapa.

Tabla 11: Lista de mapas temáticos de acuerdo a la variable que contiene.

NUMERO	MAPA (TEMA)
FÍSICOS	MAPA BASE HIDROGRÁFICO Y DE CENTROS POBLADOS
	MAPA DE GEOLOGIA
	MAPA DE GEOMORFOLOGIA
	MAPA DE FISIOGRAFIA
	MAPA DE SUELOS
	MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA
	MAPA DE CLIMA
BIOLÓGICOS	MAPA DE VEGETACION
	MAPA DE FAUNA
	MAPA FORESTAL
SOCIOECONÓMICOS	MAPA DE USO ACTUAL DE LA TIERRA
	MAPA DE SOCIOECONOMIA
	MAPA DE POTENCIALIDADES Y NECESIDADES SOCIOECONÓMICAS
	MAPA DE POTENCIAL TURISTICO
INTERMEDIOS	MAPA DE VALOR BIOECOLOGICO
	MAPA DE VALOR PRODUCTIVO
	MAPA DE CONFLICTOS DE USO
	MAPA DE VOCACION URBANO E INDUSTRIAL
	MAPA DE VULNERABILIDAD
	MAPA DE VOCACION HISTORICO CULTURAL
ZEE	MAPA DE PROPUESTA DE ZEE

**3.2.5 Modelamiento SIG de los mapas:** Este proceso se ejecutará en la siguiente etapa, después de tener listo los temáticos. El Modelamiento o “método de exclusión” es un proceso que ha venido siendo mejorado en los diferentes estudios de ZEE que ha realizado el IIAP. 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.

#### IV. BIBLIOGRAFÍA

- AEROTERRA. 2006. Landsat. <http://www.aeroterra.com/p-landsat.htm>
- BUZAI, GUSTAVO. 2000. La Exploración Geodigital. 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. 1997. Zonificación de Bosques del Departamento de San Martín. Primera Edición. Iquitos, Perú.
- IIAP - 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 - 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 - GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI. 2003. Propuesta de Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca del Río Aguaytía. Primera Edición. Lima, Perú. 125 pp.
- IIAP - PRODATU. 2006. Zonificación Ecológica y Económica. Tocache hacia el desarrollo sostenible. Primera Edición. Lima, Perú. 144 pp.
- INRENA. 1995. Guía Explicativa del Mapa Forestal. Primera Edición. Lima, Perú.
- INRENA. 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. 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. 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 - BID. 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>

## V. ANEXOS

### ANEXO 01. Adquisición de Imágenes de Satélite Landsat (INPE - BRASIL)

Para adquirir imágenes Landsat se tiene que llenar el formato que a continuación se muestra. En nuestro caso trabajamos con imágenes del satélite Landsat 5 y el sensor TM, las cuales fueron proporcionadas en formato GEOTIFF, la adquisición fue mediante la compra al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) de Brasil, el costo de cada escena fue de 100 Reales.

## Formulário de Pedidos de Imagens LANDSAT

<b>Recebido em:</b> ____/____/____		<b>Não preencha os campos sublinhados. Uso interno.</b>	<b>Número de controle:</b>					
<b>Aceito em:</b> ____/____/____			<b>Referência:</b>					
<b>Empresa:</b> Instituto de Investigações de la Amazonía Peruana (IIAP)			<b>CNPJ:</b>					
<b>Nome:</b> Francisco Reátegui Reátegui			<b>CPF:</b>					
<b>Endereço:</b> Av. Abelardo Quiñones s/n Km. 2.5 Iquitos, Maynas, Loreto, Perú.								
<b>Telefone:</b> 051(65)26-3641		<b>Ramal:</b>	<b>Projeto/PT (Interno):</b> Z. E. E					
<b>Fax:</b> 051 (65) 26-5527		<b>E-mail para contato:</b> <a href="mailto:freategui@iiap.org.pe">freategui@iiap.org.pe</a>						
<b>Endereço para remessa:</b> Av. Abelardo Quiñones s/n Km. 2.5 Iquitos, Maynas, Loreto, Perú.								
<b>Tipo de usuário:</b>	<b>Interno</b> ( )	<b>Particular</b> ( )	<b>E Pública</b> ( )	<b>E Privada</b> ( )	<b>Universidade</b> ( )	<b>Estrangeiro</b> (X)	<b>ONG</b> ( )	<b>Fomentador</b> ( )
<b>Área de atuação:</b>								
<b>Item</b>	<b>Base/Ponto</b>	<b>Data/Passagem</b>	<b>Formato</b>	<b>Mídia</b>	<b>Landsat</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Order/Arquivo</b>	
1	2/68	2007-07-31	GEOTIFF		TM5			
2	2/69	2007-07-31	GEOTIFF		TM5			
3	3/67	2007-08-23	GEOTIFF		TM5			
4	3/68	2007-08-23	GEOTIFF		TM5			
11	5/64	2007-08-21	GEOTIFF		TM5			
12	5/66	2007-08-21	GEOTIFF		TM5			
<b>Total desta folha (R\$):</b>								
<b>Total geral (R\$):</b>								
<b>Observações adicionais:</b>								
<b>Termo de compromisso:</b> Declaro estar de acordo com as <b>Condições de Fornecimento</b> para distribuição de imagens de satélites pela FUNCATE.								
Data: _17/_04/_2008_ Assinatura e carimbo:								

Para poder tener una idea de las condiciones de las imágenes distribuidas por el INPE se hace uso de una interfase que permite visualizar las imágenes a manera de quicklooks (vistas rápidas)

<http://www.inpe.br/> existiendo el vínculo <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, antes de hacer estas visitas es preciso registrarse para poder recibir las respuestas a al correo electrónico indicándonos la manera cómo descargar las imágenes, después de haber realizado el pago respectivo.



## ANEXO 02. LISTA DE MAPAS ELABORADOS

- MAPA BASE HIDROGRÁFICO Y DE CENTROS POBLADOS
- MAPA DE GEOLOGÍA
- MAPA DE GEOMORFOLOGÍA
- MAPA DE FISIOGRAFIA
- MAPA DE SUELOS
- MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS
- MAPA DE CLIMA
- MAPA DE DÉFICIT Y EXCESO DE AGUA
- MAPA DE ISOYETAS
- MAPA DE ISOTERMAS
- MAPA FORESTAL
- MAPA DE VEGETACIÓN
- MAPA DE USO ACTUAL
- MAPA DE CIRCUITOS TURÍSTICOS