



Gobierno Regional
Madre de Dios



CONVENIO DE COOPERACIÓN ENTRE EL GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS Y EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA



ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA DEL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS

**PROCESAMIENTO DIGITAL DE
IMÁGENES Y MODELAMIENTO SIG**

Lizardo Fachín Malaverri



CONTENIDO

| | |
|---|----|
| PRESENTACIÓN..... | 3 |
| RESUMEN | 4 |
| I. OBJETIVOS..... | 5 |
| II. MATERIAL Y METODOS | 5 |
| 2.2. Metodología:..... | 15 |
| III. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL MODELAMIENTO SIG-ZEE..... | 16 |
| 3.1. Aplicaciones en Teledetección: | 16 |
| 3.2. Aplicaciones SIG:..... | 37 |
| 3.3. Aplicaciones GPS: | 50 |
| 3.4. Metadata espacial..... | 51 |
| IV. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA..... | 53 |
| ANEXOS..... | 55 |

PRESENTACIÓN

Tener información sobre la cubierta terrestre nos permite manejar variados criterios de evaluación y por ende, alternativas de decisión a escalas local, regional y nacional, facilitando la planificación de las actividades.

El gran volumen de datos en diferentes formatos no sería posible de ser analizados si no se contara con aplicaciones computacionales, las cuales vienen ganando espacios importantes en el ámbito de las ciencias naturales y sociales, convirtiéndose en herramientas esenciales en la mayoría de estas actividades.

En el proceso de Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios (ZEE-Madre de Dios) se hace necesario usar estas aplicaciones tecnológicas con la finalidad de maximizar los recursos. En este sentido, el presente informe, trata sobre los Sistemas de Teledetección (ST) y los Sistemas de Información Geográfica; buscando, en lo posible, que la metodología empleada en el procesamiento digital de imágenes de satélite y el proceso de producción de mapas constituya una fuente de información para la toma de decisiones y el principio para el modelamiento del territorio con criterios técnicos basados en estudios con rigor científico y al mismo tiempo que constituya como referencia para trabajos en temas afines.

Es importante que los datos e información se presenten de manera espacial y que ésta sea la más confiable y actualizada, permitiendo de esta manera, un mejor análisis y por consiguiente la estimación de los resultados más coherente con la realidad. La elaboración de este documento es producto del trabajo en el Programa de Ordenamiento Ambiental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (POA-IIAP) en el tema de ZEE como parte de la labor de gabinete (pre y post campo), asimismo por las sugerencias en los talleres, cursos de capacitación con los actores del proceso.

RESUMEN

El presente documento técnico hace referencia de la metodología empleada en el proceso de Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios utilizando los Sistemas de Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica.

El Departamento de Madre de Dios es uno de los paraísos mundiales de biodiversidad y se ubica entre los paralelos 9° 55' y 13° 20' de latitud Sur y los meridianos 68° 39' y 72° 23' de longitud Oeste. Su territorio equivale a una superficie SIG de 85 192 km² aproximadamente, lo que representa el 6,64% de la superficie nacional y alberga al 0,37% de la población aproximadamente.

Políticamente por el Norte limita con el Departamento de Ucayali en Perú y es estado de Acre en Brasil. Hacia el Sur limita con los Departamentos de Puno y Cuzco. Hacia el Este limita con Bolivia y hacia el Oeste con los Departamentos de Cuzco y parte del Departamento de Ucayali. Gran parte del territorio corresponde a espacios de selva baja (menos de 500 m.s.n.m.) con 72 305 km² y una porción relativamente menor a selva alta y parte alto andina con 12 887 km².

La metodología empleada 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).

El uso de estas herramientas de vanguardia es útil para poder 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 un nivel determinado (Macro ZEE), así como los usos más recomendados de acuerdo a las potencialidades y limitaciones que en el espacio se presentan.

Se expone a detalle las etapas que se siguió en el proceso de adquisición de las imágenes y su procesamiento 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 Unidades Ecológica Económicas (UEE) y el mapa de la propuesta ZEE, sea el correcto.

La metodología se dividió en tres grandes módulos de acuerdo a las técnicas empleadas. En el tema relacionado a Sistemas de Teledetección, se aborda los procesos para la 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, que es el siguiente proceso, 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 que se siguió para la adquisición de imágenes de satélite haciendo uso de la Internet, a través de ciertos pasos necesarios y propios de servidores de este tipo de insumos.

I. OBJETIVOS.

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

- Evaluación de data satelital de diferentes fuentes (proveedores y servidores en Internet); así como el análisis y la condición de las mismas para su adquisición y utilización en el proceso de ZEE.
- Realizar el procesamiento digital de las imágenes de satélite como paso previo a la interpretación visual de las mismas (Fase de gabinete, pre campo).
- Elaboración de los mapas temáticos, mapas para la evaluación de las UEE (intermedios) y el mapa de la propuesta ZEE del Departamento de Madre de Dios como parte del modelamiento SIG-ZEE.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Materiales Cartográficos:

Con la finalidad de efectuar el arreglo geométrico o corrección geométrica (Georreferenciación) de las imágenes (escenas individuales) se hizo uso de la cartografía nacional oficial designada también como mapas topográficos del territorio. Este documento oficial es la Carta Nacional la cual generada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La Carta Nacional está elaborada a escala 1:100,000 y está compilada con información satelital que data desde el año 1979 y que viene siendo actualizado constantemente. La cartografía base se encuentra disponible en dos tipos de formato:

Formato digital y analógico lo que hace un total de 45 Cartas. La Carta del Departamento de Madre de Dios se encuentra en el Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84).

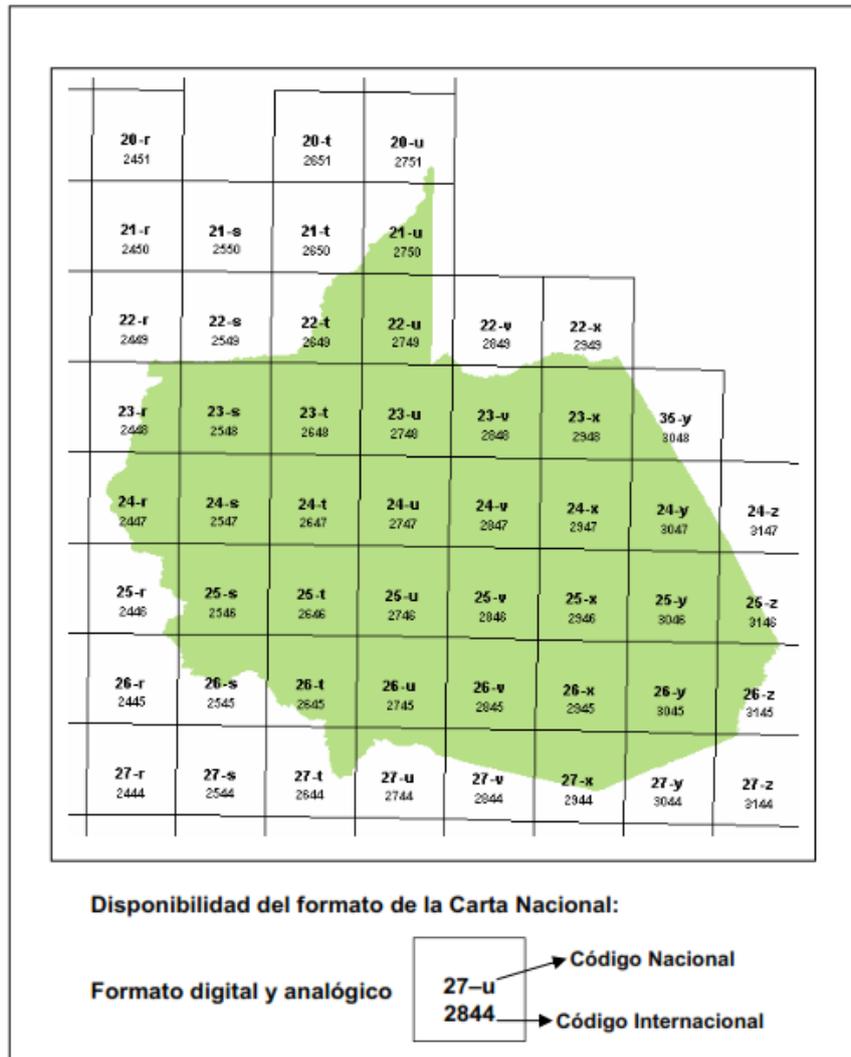


Figura 01: Índice gráfico de la Carta Nacional utilizada en el proyecto

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

| Nº | Carta Nacional 1:100 000 | | | Formato | | Proyección | |
|----|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|---------|------------|--------|
| | Código Nacional | Código Internacional | Nombre | Analógico | Digital | WGS84 | PSAD56 |
| 1 | 20-u | 2751 | Puerto Esperanza | X | X | X | |
| 2 | 21-t | 2650 | Balta | X | X | X | |
| 3 | 21-u | 2750 | José Gálvez | X | X | X | |
| 4 | 22-r | 2449 | Varadero | X | X | X | |
| 5 | 22-s | 2549 | Alerta | X | X | X | |
| 6 | 22-t | 2649 | Río Cocama | X | X | X | |
| 7 | 22-u | 2749 | Río Yaco | X | X | X | |
| 8 | 22-v | 2849 | Río Acre | X | X | X | |
| 9 | 22-X | 2949 | Ñapari | X | X | X | |
| 10 | 23-r | 2448 | Unión | X | X | X | |
| 11 | 23-s | 2548 | Río Las Piedras | X | X | X | |
| 12 | 23-t | 2648 | Río Citiyacu | X | X | X | |
| 13 | 23-u | 2748 | Esperanza | X | X | X | |
| 14 | 23-v | 2848 | Quebrada Mala | X | X | X | |
| 15 | 23-X | 2948 | Sin nombre | X | X | X | |
| 16 | 23-y | 3048 | Sin nombre | X | X | X | |
| 17 | 24-r | 2447 | Río Cashpajali | X | X | X | |
| 18 | 24-s | 2547 | Tayacome | X | X | X | |
| 19 | 24-t | 2647 | Paquitsa | X | X | X | |
| 20 | 24-u | 2747 | Río Lidia | X | X | X | |
| 21 | 24-v | 2847 | Sin nombre | X | X | X | |
| 22 | 24-X | 2947 | Sin nombre | X | X | X | |
| 23 | 24-y | 3047 | Mavila | X | X | X | |
| 24 | 24-z | 3147 | Santa María | X | X | X | |
| 25 | 25-r | 2446 | Calangato | X | X | X | |
| 26 | 25-s | 2546 | Río Providencia | X | X | X | |
| 27 | 25-t | 2646 | Río Pinquen | X | X | X | |
| 28 | 25-u | 2746 | Fitzcarrald | X | X | X | |
| 29 | 25-v | 2846 | Río Los Amigos | X | X | X | |
| 30 | 25-X | 2946 | Río Pariamanu | X | X | X | |
| 31 | 25-y | 3046 | Alegría | X | X | X | |
| 32 | 25-z | 3146 | Valencia | X | X | X | |
| 33 | 26-s | 2545 | Parobamba | X | X | X | |
| 34 | 26-t | 2645 | Pillcopata | X | X | X | |
| 35 | 26-u | 2745 | Puerto Luz | X | X | X | |
| 36 | 26-v | 2845 | Colorado | X | X | X | |
| 37 | 26-X | 2945 | Laberinto | X | X | X | |

| | | | | | | | |
|----|------|------|------------------------------|---|---|---|--|
| 38 | 26-y | 3045 | Puerto Maldonado | X | X | X | |
| 39 | 26-z | 3145 | Palma Real | X | X | X | |
| 40 | 27-t | 2644 | Chontachaca | X | X | X | |
| 41 | 27-u | 2744 | Quincemil | X | X | X | |
| 42 | 27-v | 2844 | Masuco | X | X | X | |
| 43 | 27-X | 2944 | Astillero | X | X | X | |
| 44 | 27-y | 3044 | Reserva Tambopata Candamo | X | X | X | |
| 45 | 27-z | 3144 | Río Heath | X | X | X | |

Las características de la data cartográfica tienen su origen en un fotolito lo que genera la Carta Nacional, es por ello que arrastra un error de digitalización de 0,08, según referencias del IGN.

Con la finalidad de verificar la proyección en cada una de los documentos topográficos 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 | : | 19 Sur |

La data vectorial digital fue adquirida en formato de extensión *.dxf la cual tuvo que ser convertida a formato shape o arc compatible con ArcViewGIS y ArcInfo, respectivamente. Cada hoja 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, la cual no fue utilizada en este caso.

2.1.2 Material Satelital

La búsqueda de imágenes de satélite se hizo en diferentes fuentes y medios, siendo las más adecuadas para el análisis y evaluación los sensores TM y ETM+ del satélite Landsat. La decisión de utilizar estos sensores se tomó debido a que éstos básicamente fueron creados para la investigación de los recursos naturales, ya que las características espaciales, espectrales, radiométricas y temporales poseen cierta particularidad que hace posible su uso en latitudes como es el caso del área del proyecto y principalmente se puede observar características de la superficie en cierto rango del espectro como se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro 02: Principales características y aplicaciones de las bandas espectrales del satélite Landsat TM y ETM+

| Band del espectro | Rango del Espectro Electromagnético (μm) | Resolución espacial (m) | Características de la Banda espectral |
|-------------------------|--|-------------------------|---|
| 1 Visible -Azul | 0,45 a 0,52 | 30 | Azul: Presenta gran penetración en cuerpos de agua, con elevada transparencia, permitiendo estudios batimétrico. Sufre absorción por la clorofila y pigmentos fotosintéticos auxiliares (carotenoides). Presenta sensibilidad a nubes de humo provenientes de quemas o actividad industrial. Puede presentar atenuaciones por la atmósfera. Usada para el mapeo de aguas costeras, diferenciando entre suelo y vegetación, mapeo de tipos de forestación o agricultura. |
| 2 Visible - Verde | 0,53 a 0,61 | 30 | Verde: Presenta gran sensibilidad a la presencia de sedimentos en suspensión, posibilitando su análisis en términos de cantidad y calidad. Buena penetración en cuerpos de agua. También es usada para la identificación de centros poblados. |
| 3 Visible - Rojo | 0,63 a 0,69 | 30 | Rojo: La vegetación, densa y uniforme, presenta una absorción quedando oscura, permitiendo buen contraste entre las áreas ocupadas con vegetación (Ej. Suelo expuesto y áreas urbanas). Presenta buen contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (Ej. Campo cerrado y bosque). Permite análisis de la variación litológica en regiones con poca cobertura vegetal. Permite el mapeo del drenaje a través de la visualización del bosque de galería y de los cursos de los ríos en regiones con poca cobertura vegetal. Es la banda más utilizada para delimitar las áreas urbanas, incluyendo la identificación de nuevos lotes. Permite la identificación de áreas agrícolas, inclusive. |
| 4 Infrarrojo cercano | 0,78 a 0,90 | 30 | Infrarrojo reflectivo: Los cuerpos de agua absorben mucha energía en ésta banda y quedan oscuros, permitiendo el mapeo de la red de drenaje y delineamiento de los cuerpos de agua. La vegetación verde, densa y uniforme, refleja mucha energía en ésta banda, apareciendo bien claras en las imágenes. Presenta sensibilidad a la morfología del terreno, |

| Band del espectro | Rango del Espectro Electromagnético (μm) | Resolución espacial (m) | Características de la Banda espectral |
|------------------------|---|-------------------------|---|
| | | | permitiendo la obtención de información sobre Geomorfología, Geología y Suelos. Sirve para el análisis y mapeo de facciones geológicas y estructurales. Sirve para mapear áreas ocupadas con vegetación que fueron quemadas. Permite la visualización de áreas ocupadas con macrófitas acuáticas. Permite la identificación de las áreas agrícolas. Determina cantidad de biomasa presente en un área, enfatiza el contraste de zonas de agua-tierra, suelo-vegetación. |
| 5 Infrarrojo medio | 1,55 a 1,75 | 30 | Infrarrojo medio: Presenta sensibilidad a la humedad de las plantas, sirviendo para observar estrés en la vegetación, causado por el desequilibrio hídrico. Esta banda sufre perturbaciones en caso de ocurrir excesos de lluvia antes de la obtención de la escena por el satélite. Es sensible a la cantidad de agua en las plantas usadas en el análisis de las mismas, tanto en época de sequía como cuando es saludable. |
| 6 Infrarrojo termal | 10,4 a 12,5 | 60 | Infrarrojo termal: Presenta sensibilidad a los fenómenos relativos a los contrastes térmicos, sirviendo para detectar propiedades termales de rocas, suelos, vegetación y agua. Puede discriminar vegetación que se encuentra enferma, intensidad de calor, aplicaciones de insecticidas y localización de contaminación termal, geotermal y volcánica. |
| 7 Infrarrojo medio | 2,08 a 2,35 | 30 | Infrarrojo medio: Presenta sensibilidad a la morfología del terreno, permitiendo obtener información sobre Geomorfología, Geología, y Suelos. Esta banda sirve para identificar minerales con iones hidrófilos. Potencialmente favorable a la discriminación de productos de alteración hidrotermal. También es importante para la discriminación de tipos de rocas y suelos, así como el contenido de la humedad entre suelo y vegetación. |
| 8 pancromático | 0,52 a 0,90 | 15 | Permite ver toda la gama visible y una parte del infrarrojo. De utilidad para fotointerpretación por la resolución espacial que posee. |

Resumiendo tenemos que 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 03: 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 | 0,52 0,60 | 0,63 0,69 | 0,76 0,90 | 1,55 1,75 | 10,4 12,5 | 2,08 2,35 | |
| ETM+ | 0,45 0,52 | 0,53 0,61 | 0,63 0,61 | 0,78 0,90 | 1,55 1,75 | 10,4 12,5 | 2,09 2,35 | 0,52 0,90 |

Después de haber realizado la búsqueda y adquisición de imágenes se seleccionaron un grupo de estas que por sus características se consideraron las más adecuadas para su uso en la interpretación visual y para la elaboración del mosaico de imágenes.

El grupo de imágenes seleccionadas tienen un rango de fecha de captura entre agosto del 2004 y agosto del 2006 y todas corresponden al satélite Landsat 5 con el sensor TM.

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 04: Lista de imágenes de satélite utilizada en el mosaico del Departamento de Madre de Dios

| Satélite | Sensor | Imagen (Path_Row) | Fecha captura de la imagen | Nomenclatura de la imagen | Fuente |
|----------|--------|-------------------|----------------------------|---------------------------|--------|
| Landsat | TM5 | p002r068 | 25/05/2006 | p002r068_5t_20060525 | INRENA |
| Landsat | TM5 | p002r069 | 13/08/2006 | p002r069_5t_20060813 | INRENA |
| Landsat | TM5 | p003r068 | 04/08/2006 | p003r068_5t_20060804 | INRENA |
| Landsat | TM5 | p003r069 | 16/05/2006 | p003r069_5t_20060516 | INRENA |
| Landsat | TM5 | p004r067 | 23/07/2005 | p004r067_5t_20050723 | INRENA |
| Landsat | TM5 | p004r068 | 05/08/2004 | p004r068_5t_20040805 | INRENA |
| Landsat | TM5 | p004r069 | 26/07/2006 | p004r069_5t_20060726 | INRENA |

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.

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 | Global Rain Forest Mapping Project |

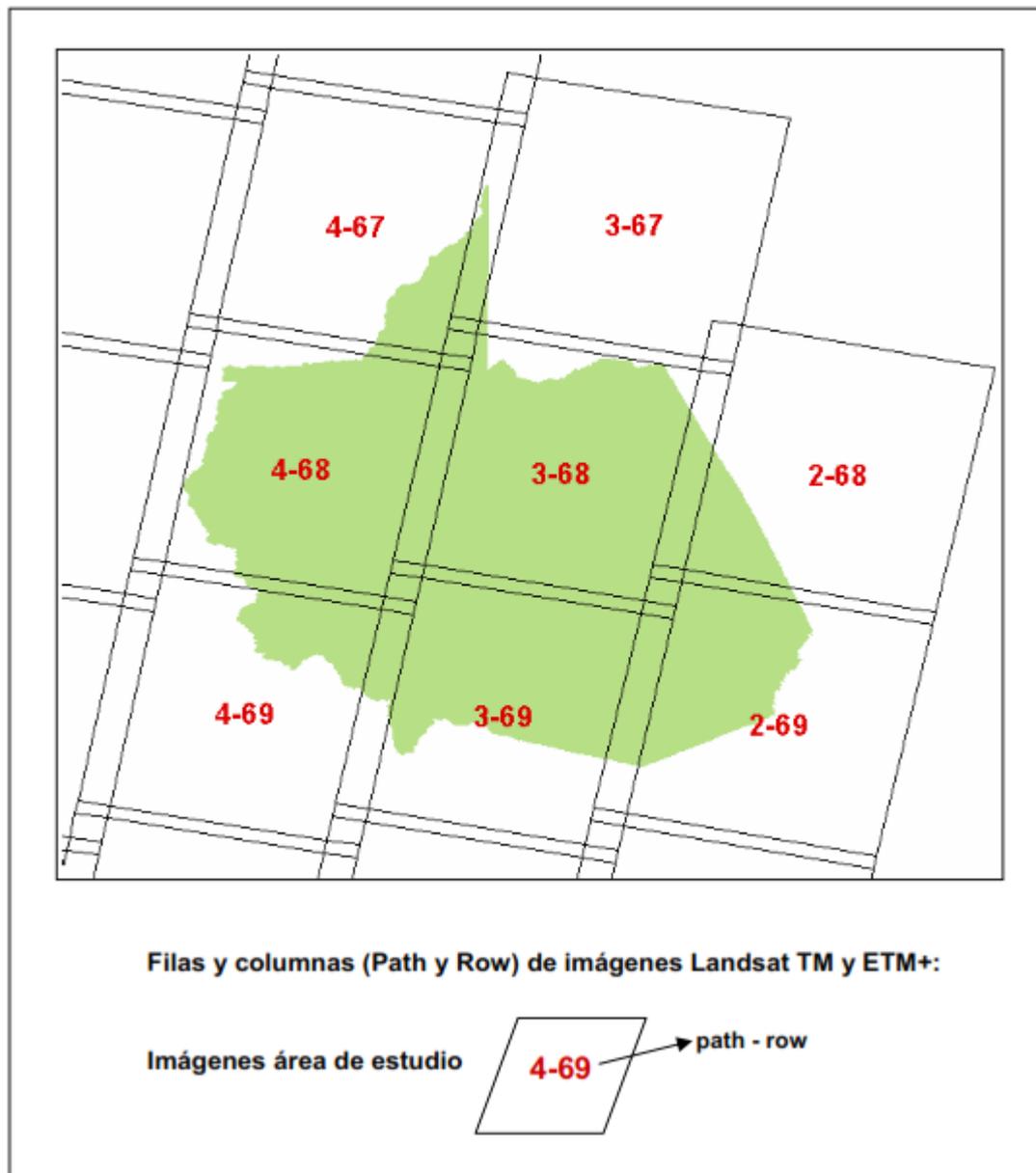


Figura 02: Índice de imágenes Landsat TM y ETM+ usadas en la interpretación visual y en la elaboración del mosaico

2.1.3 Otros materiales temáticos:

Se utilizó, además, las hojas del Mapa Planimétrico de escala 1:250 000.

Estas hojas se usaron con la finalidad de verificar algunos rasgos ausentes en la Carta Nacional debido a la presencia de cobertura de nubes.

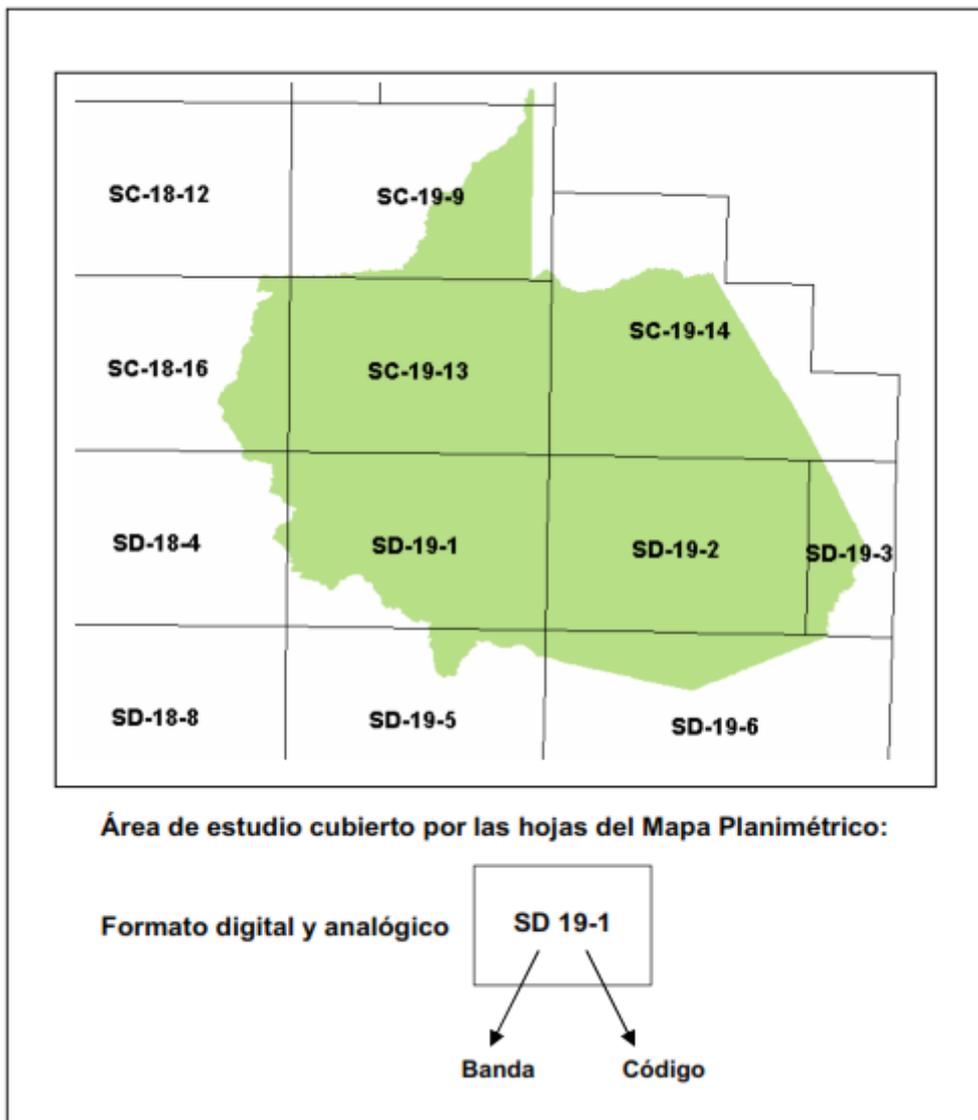


Figura 03: Índice gráfico del Mapa Planimétrico utilizada en el proyecto

Cuadro 07: Índice del mapa planimétrico utilizado en el proyecto

| Nº | Mapa Planimétrico 1:250 000 | | Formato | | Proyección | |
|----|-----------------------------|--------------------|-----------|---------|------------|--------|
| | Código | Nombre | Analógico | Digital | WGS84 | PSAD56 |
| 1 | SC19-09 | Balta | X | | | X |
| 2 | SC18-16 | Shepahua | X | | | X |
| 3 | SC19-13 | Río de las Piedras | X | | | X |
| 4 | SC19-14 | Iñapari | X | | | X |
| 5 | S018-04 | Quillabamba | X | | | X |
| 6 | S019-01 | Manu | X | | | X |
| 7 | S019-02 | Puerto Maldonado | X | | | X |
| 8 | S019-03 | Palma Real | X | | | X |
| 9 | S019-05 | Cuzco | X | | | X |
| 10 | S019-06 | Río Inambari | 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:

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
 - ✓ ArcViewGIS v3.3
 - ✓ ArcInfo 3.5.1
 - ✓ Map Source v.6.02
 - ✓ Office 2003
- 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 con la finalidad de evitar confusiones en el manejo de los mismos.

La interface que utilizan los programas ERDAS IMAGINE y ArcViewGIS para genera las composiciones (mapas) tienen como base unos archivos *.map y *.apr respectivamente. Estos archivos tienen 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.

Cuadro 07: Estructura de la carpeta matriz: ZEE_MADREDEDIOS

| 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 |
| TEXT | 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 involucradas:

- **Aplicaciones en Teledetección**
- **Aplicaciones 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 DEL MODELAMIENTO SIG-ZEE

En el proceso de generar mapas que sirven como insumos de análisis de la ZEE, se requiere llevar una secuencia. 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 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. En la evaluación de las imágenes se tuvo en cuenta los tipos de satélites y sensores desde el punto de vista sus características espaciales, espectrales, radiométricas, entre otras, de importancia y útiles para el proyecto.

Siguiendo estas condiciones se buscó, recopiló y evaluó imágenes de las plataformas satelitales siguientes:

- LANDSAT
- CBERS
- SPOT
- TERRA

El resultado de este proceso se puede resumir en cuatro grandes aspectos, los cuales se aplicaron a cada una de las plataformas o tipos de satélite que se indica anteriormente:

- 1) Modo de realizar la búsqueda de imágenes de satélite: Internet y base de datos IIAP.
- 2) Solicitud de datos a los proveedores (vía mail y teléfono) de data satelital (imágenes de satélite).
- 3) Evaluación de la data adquirida (quicklooks). Presentación gráfica de los datos.
- 4) Resultados de la búsqueda, solicitud, evaluación y adquisición de las imágenes.

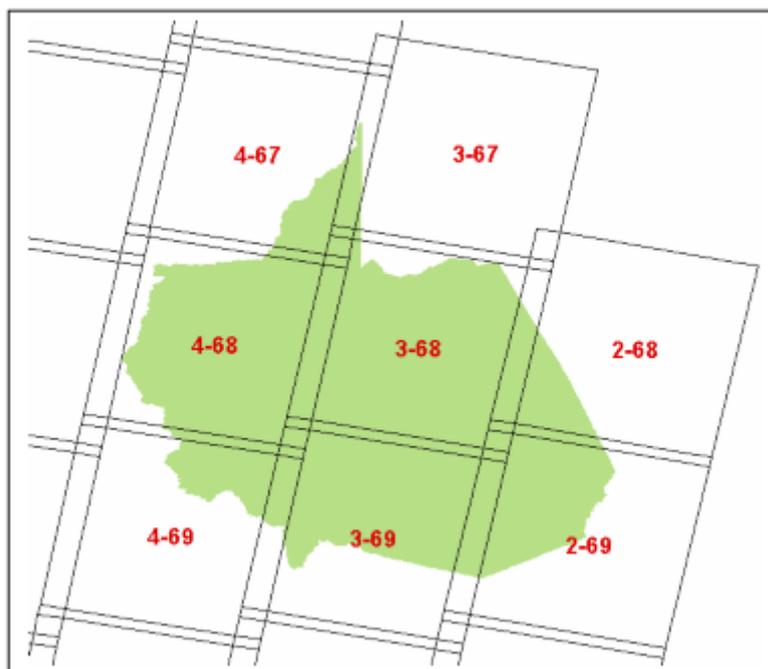
LANDSAT:

Figura 04: Distribución órbita I punto escenas Landsat TM y ETM+

- **Modo de realizar la búsqueda de imágenes de satélite: Internet y base de datos IIAP:** Para el caso de imágenes de satélite Landsat no fue necesario la búsqueda a través de Internet debido a que en el IIAP dispone de una colección de este tipo de imágenes, que han sido utilizadas en los proyectos que la institución lideró. Se hizo la compilación de lo disponible y el cuadro siguiente muestra el resultado.

Cuadro 08: Lista de imágenes Landsat MSS, TM y ETM+. Fuente: UIGT - IIAP. Proyecto BIODAMAZ, otros. (Fecha de recopilación: 2007)

| Path Row | Fecha de captura de datos | Bandas espectrales | Satélite Sensor | Formato | Fuente de adquisición |
|-----------|---------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| 002-068 | 1985/06/1 | 1,2,3,4 | Landsat MSS | Generic Binary | GLCF |
| 002-068 | 1985/06/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | | |
| 002-068ac | 1985/06/1 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 002-068 | 1992/07/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 4 TM | TIF | GLCF |
| 002-068 | 1996/07/1 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | TIF | GLCF |
| 002-068c | 1997/11/0 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | TIF | INPE |
| 002-068 | 2000/11/2 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | TIF | GLCF |
| 002-068 | 2005/07/0 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 002-069 | 1986/10/2 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | | |
| 002-069ac | 1986/10/2 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |

| Path Row | Fecha de captura de datos | Bandas espectrales | Satélite Sensor | Formato | Fuente de adquisición |
|----------|---------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| 002-069 | 1991/07/2 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 4 TM | Generic Binary | GLCF |
| 002-069 | 1996/08/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | Generic Binary | GLCF |
| 002-069a | 1997/11/0 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | TIF | INPE |
| 002-069c | 1997/11/0 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | TIF | INPE |
| 002-069 | 1999/08/0 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | TIF | GLCF |
| 002-069 | 2000/04/3 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | HDF | GLCF |
| 002-069 | 2001/08/2 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | TIF | GLCF |
| 002-069 | 2005/07/0 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 003-067 | 1986/07/2 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | TIF | GLCF |
| 003-067 | 1992/06/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | | |
| 003-067 | 1992/06/1 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 003-067 | 1996/06/0 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 003-067 | 2000/05/2 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | TIF | GLCF |
| 003-068 | 1986/07/2 | 1,2,3,4 | Landsat MSS | Generic Binary | |
| 003-068 | 1986/10/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | | |
| 003-068 | 1986/10/1 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 003-068 | 1991/10/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | Generic Binary | GLCF |
| 003-068 | 1996/06/2 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | Generic Binary | GLCF |
| 003-068 | 1997/08/2 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 003-068 | 1998/07/1 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | TIF | INPE |
| 003-068 | 2000/07/2 | 3,4,5 | Landsat 7 | TIF | GLCF |
| 003-068 | 2001/07/2 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | HDF | GLCF |
| 003-068 | 2005/08/0 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 003-069 | 1986/07/1 | 1,2,3,4 | Landsat MSS | Generic Binary | |
| 003-069 | 1986/07/1 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | BIODAMAZ |
| 003-069 | 1986/07/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | | |
| 003-069 | 1997/08/2 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | BIODAMAZ |
| 003-069 | 1997/08/2 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | TIF | INPE |
| 003-069 | 1997/08/2 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | | |
| 003-069 | 2000/05/2 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | TIF | GLCF |
| 003-069 | 2004/08/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 ET | ERDAS IMAGINE | |
| 004-067 | 1986/07/0 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | TIF | GLCF |
| 004-067 | 1989/10/0 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 4 TM | ERDAS IMAGINE | EROS DATA |
| 004-067 | 2000/07/0 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | TIF | GLCF |
| 004-068 | 1986/08/0 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | | |
| 004-068 | 1990/09/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | | |
| 004-068 | 1998/09/2 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | TIF | INPE |
| 004-068 | 2000/12/2 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | TIF | GLCF |
| 004-068 | 2002/01/1 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | | GLCF |
| 004-069 | 1993/08/0 | 1,2,3,4,5,7 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | TRFIC |
| 004-069 | 1998/06/1 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | TIF | INPE |
| 004-069 | 1998/06/1 | 3,4,5 | Landsat 5 TM | ERDAS IMAGINE | |
| 004-069 | 2000/10/0 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | HDF | GLCF |
| 004-069 | 2002/08/0 | 1,2,3,4,5,6,7,8 | Landsat 7 | TIF | USGS |

Se hizo la consulta al Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) los que inmediatamente nos contestaron indicándonos la disponibilidad de imágenes recientemente adquiridas al (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales) INPE.

Cuadro 09: Lista de imágenes Landsat TM. Fuente: INRENA-INPE. (Fecha de recopilación: 2008)

| Path Row | Fecha de captura de datos | Bandas espectrales | Satélite Sensor | Formato | Fuente de adquisición |
|----------|---------------------------|--------------------|-----------------|---------|-----------------------|
| 002-068 | 2006/05/2 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | IMG | INRENA - INPE |
| 002-069 | 2006/08/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | IMG | INRENA - INPE |
| 003-068 | 2006/08/0 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | IMG | INRENA - INPE |
| 003-069 | 2006/05/1 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | IMG | INRENA - INPE |
| 004-067 | 2005/07/2 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | IMG | INRENA - INPE |
| 004-068 | 2004/08/0 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | IMG | INRENA - INPE |
| 004-069 | 2006/07/2 | 1,2,3,4,5,6,7 | Landsat 5 TM | IMG | INRENA - INPE |

- Solicitud de datos a los proveedores (vía mail y teléfono) de data satelital (imágenes de satélite):** Como se indicó líneas arriba la disponibilidad de imágenes Landsat en el IIAP e INRENA, fue requisito fundamental para no hacer la búsqueda y solicitud vía Internet. Cabe indicar además que para la fecha de búsqueda (Agosto, 2007 y Enero, 2008) la disponibilidad de imágenes Landsat (5 y 7) estaban restringidas, debido a la existencia de algunos problemas técnicos en los sensores.

El satélite Landsat 7 presentaba problemas en el mecanismo llamado "Corrector de escaneo en línea" (Scan Line Corrector Mechanism) el cual viene fallando desde Mayo del 2003.

En cuanto al satélite Landsat 5, éste vio disminuida su capacidad de registro de datos gradualmente por presentar fallas en el instrumento conocido como "Mecanismo de celdas solares" (back solar-array drive) hacia finales de Noviembre de 2005, lo que imposibilitó abastecer de energía necesaria para cargar las baterías y poder realizar su función con normalidad.
- Evaluación de la data adquirida (quicklooks). Presentación gráfica de los datos:** Las imágenes Landsat se adquirieron en formato para ERDAS IMAGE (*.img); es decir, no se tuvo que hacer evaluación de quicklooks. Cabe añadir que estas imágenes, inclusive, ya contaban con cierto grado de corrección, algunas ya estaban georreferenciadas en la zona UTM 18 Sur. Además algunas de éstas por su apariencia visual sirvieron para el análisis y la interpretación visual. La disponibilidad de bandas espectrales en las imágenes fue un factor limitante para no escoger todas las escenas. Es necesario tener, al menos, tres bandas (3,4,5), porque esto posibilita la combinación de las mismas para la interpretación en pantalla.
- Resultados de la búsqueda, solicitud, evaluación y adquisición de las imágenes:** Después de haber realizado las operaciones de búsqueda, solicitud y evaluación se encontró que en este grupo de imágenes de archivo disponibles en el IIAP, no existen imágenes muy recientes; es decir con fechas desde el 2005 hasta la actualidad. Por lo que se procedió a hacer algunas averiguaciones con los proveedores (distribuidores nacionales) y webmaster (Internet) los que manifestaron que esto se debe a algunos inconvenientes en la toma de datos de los sensores. Esta información para esa fecha fue, inclusive para ellos, un tanto incierta ya que estaba sujeto a programas de costos elevados para la reparación de los mismos. Pero, momentáneamente se sugirió la adquisición de otros tipos de imágenes, es decir, de otras plataformas satelitales. Las sugerencias de usar imágenes TERRA, CBERS, SPOT fueron tomadas en cuenta, procediéndose a la búsqueda, solicitud (quicklooks), evaluación de las mismas.

CBERS:

La órbita I punto de imágenes (full escenas) CBERS para el Departamento de Madre de Dios, son diferentes a las de la plataforma Landsat.

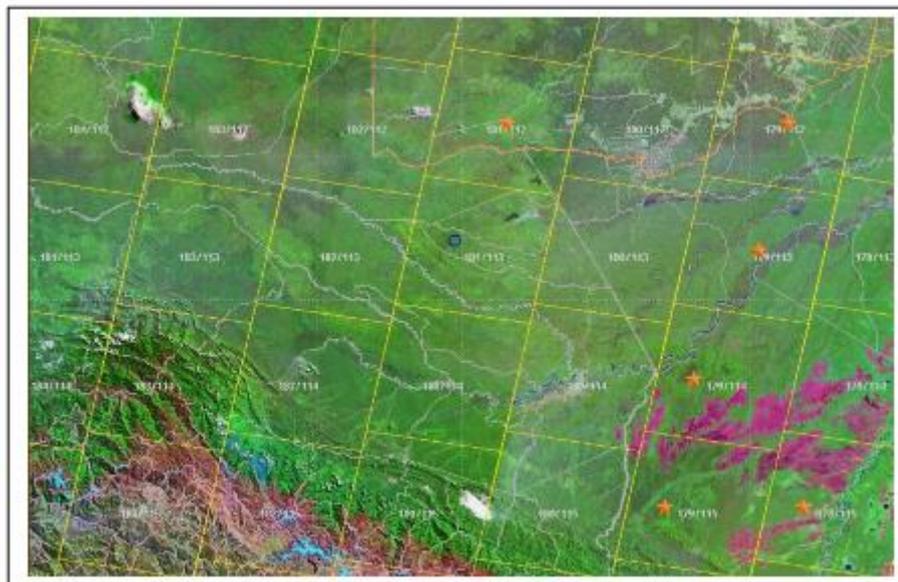


Figura 05: Distribución órbita I punto escenas CBERS

Las escenas CBERS que cubren el Departamento de Madre de Dios suman un total de 16 full escenas y algunas áreas pequeñas de escenas.

- **Modo de realizar la búsqueda de imágenes de satélite por Internet y base de datos IIAP:** Este tipo de imágenes no son, frecuentemente, usadas en el IIAP y su disponibilidad está sujeta a ciertas consideraciones, es decir, para proyectos específicos. Estas imágenes son de disponibilidad gratuita y están disponibles en Internet. Se accedió a un portal de Internet facilitado por el Instituto Nacional de Investigación Especial (INPE) de Brasil. Este portal facilita un acceso a imágenes de catálogo gratis a través de un link que nos lleva a un servidor donde se selecciona de una base de datos la imagen que deseamos adquirir. El proceso y requerimientos para acceder a este tipo de imágenes es muy sencillo y se muestra en **Anexo 01**.

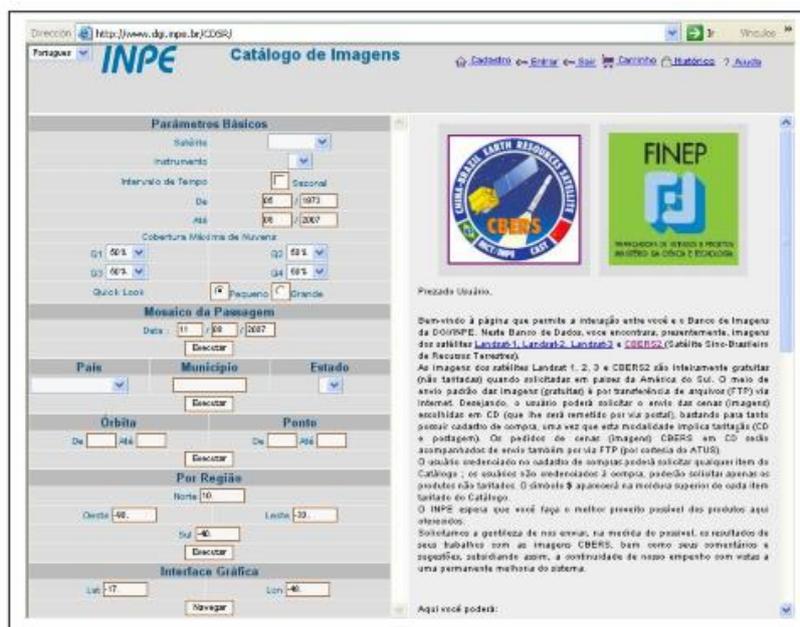


Figura 06: Portal de acceso para la búsqueda y adquisición de imágenes CBERS.

- **Solicitud de datos a los proveedores (vía mail y teléfono) de data satelital (imágenes de satélite):** Con las indicaciones y recomendaciones sugeridas por el servicio del INPE, se navegó en el sitio y observo las imágenes que por características de mejor apariencia visual fueran las más adecuadas para el proyecto **Anexo 01**.

Se tuvo en cuenta de registrar el tipo de Plataforma (CB2), la órbita/punto del satélite, fecha de captura de la imagen, el tipo de sensor (CCD Camera - High Resolution Camera), el porcentaje de nubes para cada cuadrante, algunas observaciones adicionales y por supuesto, la condición si se solicita la imagen para ser adquirida (posibilidad); es decir, para adicionar al carrito solicitando el pedido. Para la selección de las imágenes se tuvo en cuenta la fecha, es decir, que no tengan una antigüedad e más de 10 años y el porcentaje de nubes no exceda el 40% para el cuadrante donde está incluido el área de estudio. Se seleccionaron 36 imágenes de las cuales solamente 15 fueron las seleccionadas para la solicitud. Después de hacer el pedido al sistema web del INPE, inmediatamente (al día siguiente) se tuvo la respuesta y nos facilitaron los quicklooks de las imágenes para su chequeo a través de la visualización.

- **Evaluación de la data adquirida (quicklooks). Presentación gráfica de los datos:** Con las imágenes facilitadas por el INPE, se procedió a hacer la conversión de las mismas en el formato de ERDAS IMAGE, ya que éstas fueran provistas en formato TIFF. Para que las imágenes sean utilizadas en el análisis del territorio se hace necesario que las imágenes tengan una buena apariencia visual la cual se manifiesta por la radiometría de la misma. Para esto las condiciones de las bandas espectrales tienen que ser las más adecuadas.
- **Resultados de la búsqueda, solicitud, evaluación y adquisición de las imágenes:** La evaluación de las imágenes se hizo en el software ERDAS IMAGE donde, en primer lugar se convirtieron éstas al formato *.img y luego se unieron las bandas espectrales teniendo como resultado imágenes multispectrales. Las observaciones más importantes de mencionar se resumen en los siguientes aspectos:

- ✓ Todas las imágenes presentan tres franjas muy marcadas con características de coloración que difiere una de otra.
- ✓ La banda espectral 5, en todas las imágenes está desplazada con respecto a las bandas 1,2,3 y 4 que están en la zona geográfica 19 Sur. Se asume que existe un error o la utilización de otro sistema de proyección en el proceso de georreferenciación.
- ✓ Solamente las escenas 182_115_20040721 y 183_114_20040813 son las que no tienen el problema franjas en las imágenes pero si el desplazamiento de la banda 5 respecto a las otras bandas. Pero el inconveniente de estas imágenes es la presencia de mucho porcentaje de nubes y su ubicación dista mucho de la zona de mayor interés en el estudio de ZEE dentro del Departamento.

Haciendo averiguaciones (atus@dgi.inpe.br) y viendo la posibilidad de arreglar estas imágenes nos informaron que este es un error técnico generado en el sensor del satélite producto de un desajuste en la calibración del mismo y que por el momento estaban trabajando para la reparación del mismo y mejorar el servicio al cliente.

Con toda esta información recopilada y viendo las dificultades que presentan las imágenes CBERS, considero que no es propicia la compra de este tipo de imágenes ya que dificultaría el trabajo de interpretación visual y por ende la respectiva caracterización de las unidades en observación.

SPOT:

La órbita I punto de imágenes (full escenas) SPOT para el Departamento de Madre de Dios, son diferentes a las de la plataforma Landsat y CBERS. No tienen disponible un sitio en la Internet donde se pueda hacer la búsqueda visual.

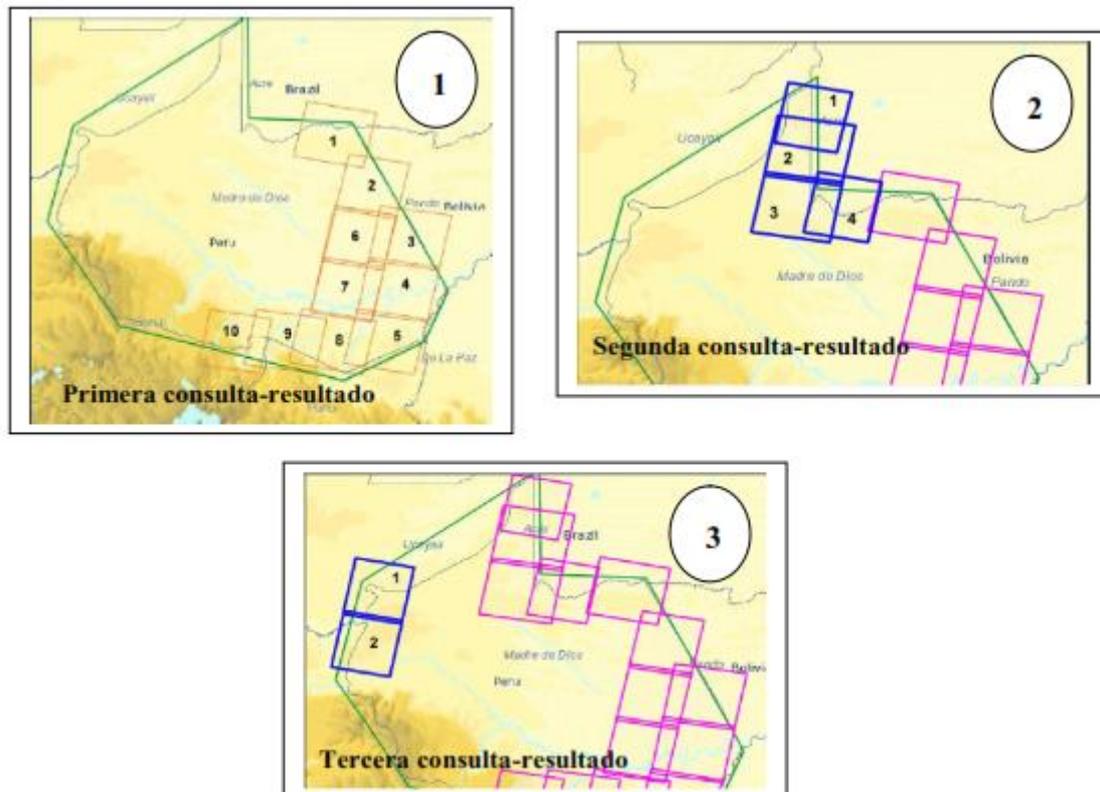


Figura 07: Se muestra la distribución de la órbita/punto de las escenas SPOT

Las escenas Spot que cubren el Departamento de Madre de Dios fueron facilitadas por el proveedor Ekodes S.A.

- **Modo de realizar la búsqueda de imágenes de satélite por Internet y base de datos IIAP:** SPOT es un tipo de imagen que no se ha usado con frecuencia en el IIAP, por consiguiente no fue necesario hacer la búsqueda en los archivos del Instituto ya que solamente se cuenta con unas cuantas y no específicamente de la zona de estudio. En tal sentido, la búsqueda fue solamente a través del proveedor en Perú que es la empresa cuyos datos se detallan a continuación:

Ekodes consultores S.A.
Dirección: Malecón Balta 870 - Piso 1 Lima 18
Teléfonos: (51 - 1) 447 9130
Fax: (51 - 1) 447 9163
E-mail para consultas en general: ekodes@ekodes.com
E-mail para consultas sobre imágenes de satélite: spot-clientes@ekodes.com

<http://www.ekodes.com>

- **Solicitud de datos a los proveedores (vía mail y teléfono) de data satelital (imágenes de satélite):** Solamente en el caso de las imágenes SPOT se tiene que hacer a través del proveedor, no existiendo manera alguna de hacer los pedidos o visualización de las imágenes a través de un sitio como es el caso de Landsat, CBERS, entre otros. El pedido se realizó a través del envío de las coordenadas (Geográficas) de la zona de estudio, es decir, del departamento de Madre de Dios. Éste pedido fue contestado con un mail y tres diapositivas indicando la distribución de las escenas de los satélites SPOT 5 y/o SPOT 4.
- **Evaluación de la data adquirida (quicklooks). Presentación gráfica de los datos:** Fue una evaluación muy simple ya que no se tuvo las vistas de las imágenes para observar el porcentaje de nubes, condición de la imagen, entre otros aspectos que si son observables en un quicklook. Solamente se contó con alguna data donde nos indican las características de las escenas; como son, la resolución espacial de las imágenes (20 metros), la fecha de cada escena y el precio de cada una de ellas.

Todas las escenas correspondieron a SPOT 4 y tenían disponibles las bandas espectrales propias de este sensor (04 bandas).

- **Resultados de la búsqueda, solicitud, evaluación y adquisición de las imágenes:** La disponibilidad de imágenes Spot esta limitada y sujeta al distribuidor en Perú (Ekodes Consultores S.A.). Este hecho tiene la limitante de no poder hacer una búsqueda personalizada.

Solamente nos facilitaron cuadros indicando la zona disponible en sus archivos y que corresponden a 16 imágenes (escenas) que cubren, principalmente el área del eje de la carretera ñapari, Puerto Maldonado, Río ñambari (10 escenas); parte de la provincia de Tahuamanu en la parte norte del Departamento (4 escenas) y hacia el Nor-Oeste del Departamento Madre de Dios, limitando con los departamentos de Ucayali y Cusco (2 escenas).

Evaluados los datos se puede decir que las imágenes, en términos generales, tienen buena apariencia visual, adecuada para el trabajo. Son las 663_372, 663_376, 658_372 y 658_373 las que tienen presencia de nubes en las áreas de interés para la interpretación. La escena 661_370 no esta completa.

El inconveniente principal para la adquisición de estas imágenes es el costo relativamente muy alto y la no disponibilidad de las mismas de todo el Departamento. En tal sentido, se ha descartado su adquisición de este tipo de imágenes, en esta oportunidad.

TERRA:

La órbita I punto de imágenes (full escenas) TERRA para el Departamento de Madre de Dios, al igual que el caso del satélite SPOT, éste no tienen disponible un sitio en la Internet donde se pueda hacer la búsqueda visual.

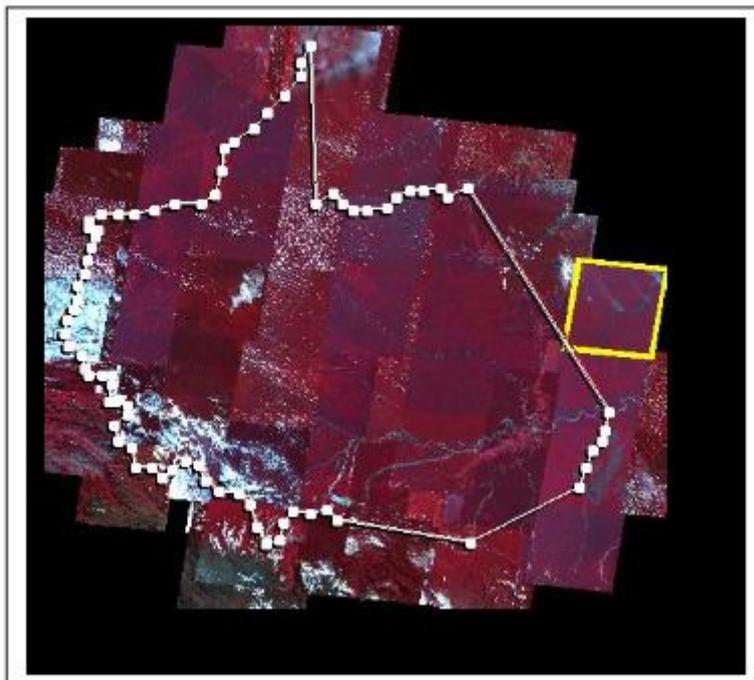


Figura 08: Se muestra la distribución de la órbita/punto de las escenas TERRA

- **Modo de realizar la búsqueda de imágenes de satélite por Internet y base de datos IIAP:** La búsqueda de vistas previas de este tipo de imagen se puede hacer a través de dos medios; la Internet ver **Anexo 03**. Principalmente con el distribuidor de las mismas en el territorio nacional. El proveedor nacional se indica en el cuadro siguiente:

BMP Geomática S.A.

Av. José Gálvez Barrenechea N° 645

San Borja, Lima 41 - Perú

Telef: 51 1 6128585 (422)

Fax: 51 1 6128585 (430)

<http://www.bmp.com.pe>

- **Solicitud de datos los proveedores (vía mail y teléfono) de data satelital (imágenes de satélite):** El resultado de la búsqueda de data satelital vía telefónica con la empresa BMP Geomatica S.A. se concretizó con la entrega de quicklooks de algunas de las imágenes disponibles.

Cuando mencionamos imágenes TERRA nos estamos refiriendo a la plataforma satelital. Y si mencionamos ASTER nos referimos a un tipo de sensor que está instalado en este satélite, sensor que captura las imágenes de nuestro interés. ASTER es el acrónimo de **Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer** que traducido significa: Sensor Avanzado de Emisión Térmica y de Reflexión Radiométrica.

- **Evaluación de la data adquirida (quicklooks). Presentación gráfica de los datos:** Se observó los quicklooks enviados por los proveedores y éstos tienen muchas características que son buenas y malas para el propósito de nuestro proyecto. Tal es así que la evaluación se tuvo que hacer sobre imágenes casi imperceptibles limitando, en cierta forma, un criterio más preciso y objetivo.

Se observaron 39 escenas que cubren el Departamento de Madre de Dios, no en su totalidad pero si por parte. Estas escenas ASTER, datan del año 2002 hasta Agosto de 2006. La ventaja de este tipo de imagen es que presenta 14 bandas espectrales que tienen 15, 30 y 90 metros de resolución espacial. Pero la desventaja es que son proporcionadas en formato crudo, es decir, sin ningún Sistema de proyección, esto quiere decir que se hace necesario ejecutar el modelo de georreferenciación a cada escena. El costo de cada escena es de 150 US\$, relativamente más barato que otros tipos de imágenes. Como requerimiento de los proveedores nos solicitaron un archivo *.shp (shape file) del área que cubre el límite del Departamento a solicitud de los proveedores para verificar bien en su base de datos. Las escenas indicando las fechas y número de ellas disponibles se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 10: Lista de imágenes TERRA (ASTER). Fuente: BMP Geomática S.A. (Fecha de recopilación: 2007)

| Nro de imágenes | Fecha de toma de la imagen | Cantidad disponible de escenas |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | 13-09-2006 | 3 |
| 2 | 28-08-2006 | 5 |
| 3 | 12-08-2006 | 3 |
| 4 | 18-07-2006 | 3 |
| 5 | 25-06-2006 | 3 |
| 6 | 07-04-2006 | 5 |
| 7 | 03-09-2005 | 4 |
| 8 | 21-01-2004 | 2 |
| 9 | 08-11-2003 | 2 |
| 10 | 23-10-2003 | 1 |
| 11 | 02-10-2002 | 3 |
| 12 | 20-05-2002 | 1 |
| 13 | 14-08-2001 | 4 |
| | TOTAL | 39 |

Resumen:

22 escenas del 2006
 04 escenas del 2005
 02 escenas del 2004
 03 escenas del 2003
 04 escenas del 2002
 04 escenas del 2001

39 escenas total

- **Conclusiones y/o recomendaciones de compra o adquisición de las imágenes:** Uno de los inconvenientes que se encontró en la evaluación de este tipo de imágenes es la no disponibilidad de la órbita punto de las escenas, aspecto que nos facilitaría mucho la identificación espacial de las mismas en el área de estudio.

A simple vista las escenas localizadas hacia la parte Sur - Oeste del Departamento son las que más incidencia de cobertura de nubes presenta. Algunas de la parte central del departamento también.

Otras actividades en este proceso:

Además de la búsqueda hecha a diferentes fuentes (Internet, proveedores nacionales) se cuenta con imágenes disponibles que fueron obtenidas para algunos proyectos particulares como por ejemplo el proyecto de ZEE y OT de la Provincia de Tahuamanu.

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.

Para iniciar el proceso se tuvo que acondicionar las imágenes de tal manera que la aplicación de procesamiento sea el más correcto y adecuado dependiendo de la imagen:

- Finalmente después de la búsqueda, evaluación y adquisición de las imágenes se adquirieron éstas al INPE a través de INRENA. Este distribuidor nos facilitó las imágenes en formato GeoTIFF. Ver **cuadro 04**.
- Este formato tuvo que ser exportado 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 baja y una transición de selva alta) las condiciones meteorológicas no siempre son las más óptimas y casi siempre las nubes son una constante.
- Por sus características espectrales las imágenes contienen una cantidad de bandas o canales las cuales van de siete bandas para los sensores TM y ocho bandas para los ETM+. Las bandas 6L y 6H que pertenecen a los canales térmicos no fueron utilizados para la exportación en este ejercicio.
- 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 - 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 revisadas y corregidas 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 |

El proceso de georreferenciación 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) 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 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.

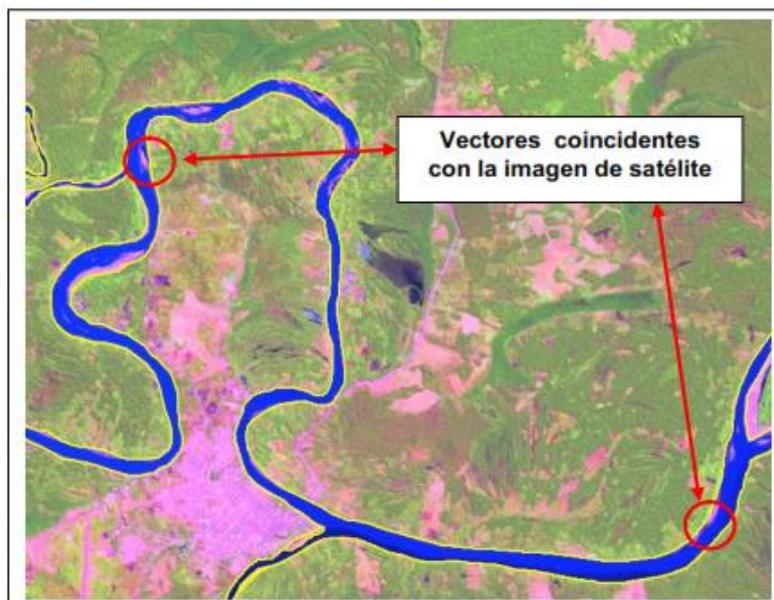


Figura 09: Verificación de la corrección geométrica utilizando la cartografía base sobre la imagen corregida.

- 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.
- En algunos casos la coincidencia antes mencionada no puede ser alcanzada, inclusive después de varios procesos y esto se debe 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 georreferenciada. 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 el proceso de corrección geométrica también se utilizó 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>
- El programa Erdas Imagine en la opción de modelo Polinomial de orden 1, es la herramienta que se usó para el proceso de corrección. Este modelo sirve mucho para zonas de topografía relativamente plana y no muy rugosa. 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 píxeles. Además se usó un promedio de 15 a 20 puntos de control terrestres (GCPs) visibles y comparables en ambas imágenes.

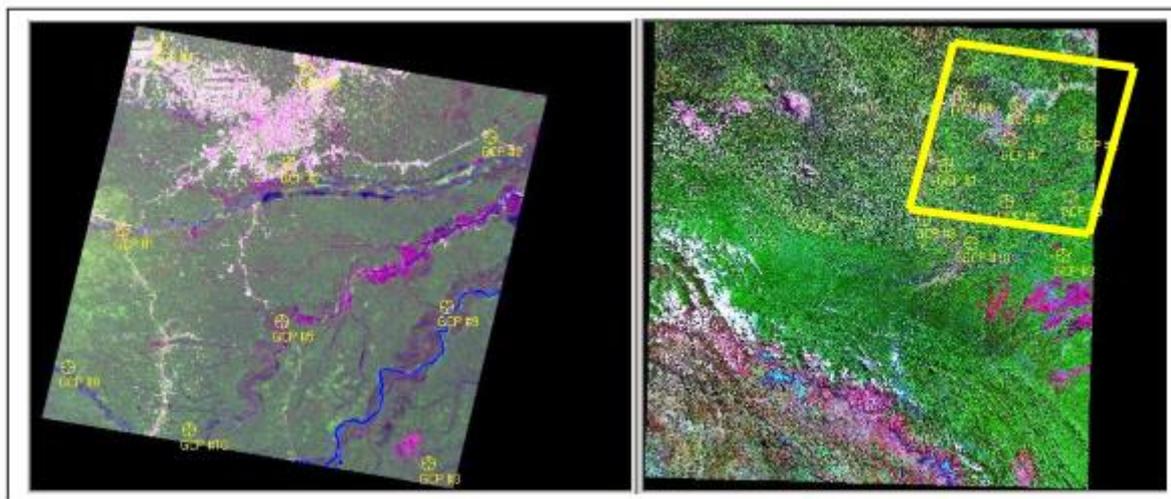


Figura 10: Imagen p002r068_5t_20060525 y GeoCover de la NASA

- Como parte del procesamiento digital de las imágenes se tuvo que aplicar un mejoramiento radiométrico a las imágenes (escenas individuales) para mejorar la apariencia visual de las mismas con respecto a sus vecinas más próximas, de tal manera que al momento de aplicar un mosaico la secuencia entre éstas sea la más óptima y no se generen desigualdades.

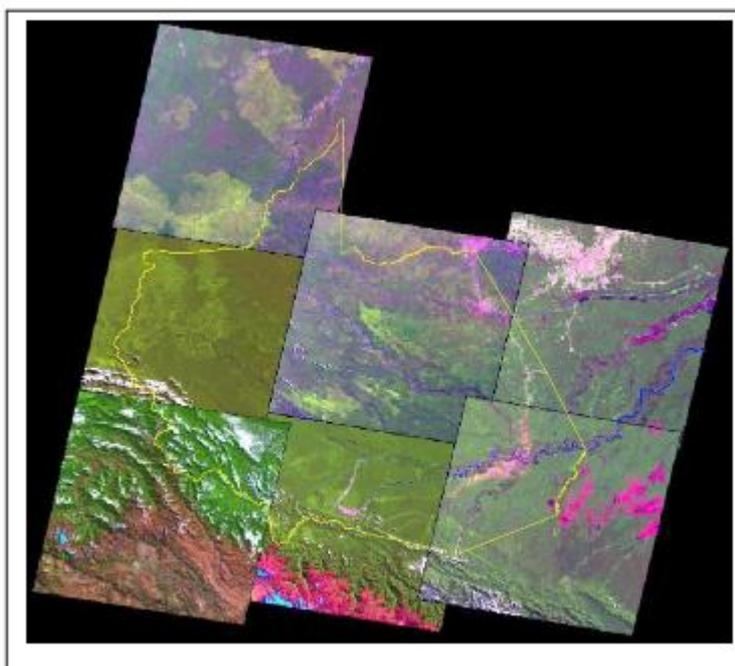


Figura 11: Diferencia radiométrica entre imágenes originales (antes de mejoramiento por igualación del histograma).

- 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.
- Para aplicar el mejoramiento radiométrico de las imágenes individuales se tuvo que seguir la secuencia siguiente: (1) La imagen que sirvió como base fue la escena 2-69 la que a su vez sirvió como fuente de corrección para las escenas 2-68, 3-69 y la 4-69. La imagen 2-68 corregida sirvió para corregir las escenas 3-68, 4-68 y la 4-67. se escoge la mejor imagen debido su apariencia y contraste, en consecuencia una mejor visualización en pantalla. Las otras imágenes fueron consideradas como imágenes esclavo. En la figura 12 las flechas indican la secuencia en el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) desde la imagen patrón hacia la imagen destino.

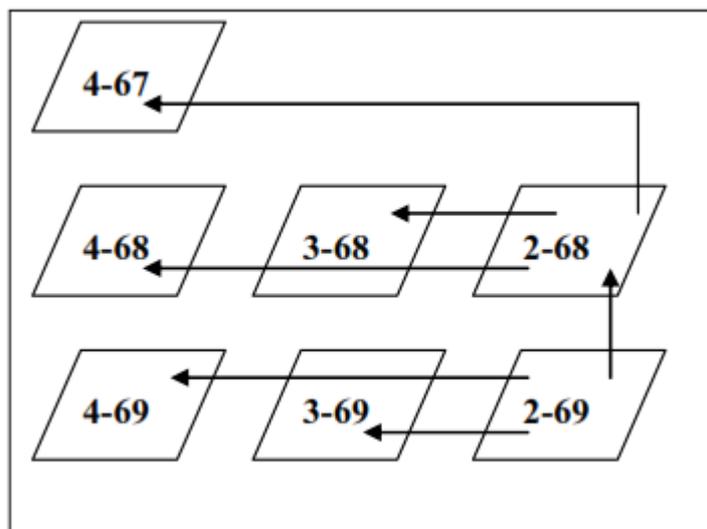


Figura 12: Secuencia del proceso de mejoramiento radiométrico de las imágenes.

- Los valores digitales de las imágenes cambiaron mostrando una relativa homogeneidad entre escenas, especialmente en las zonas de traslape.

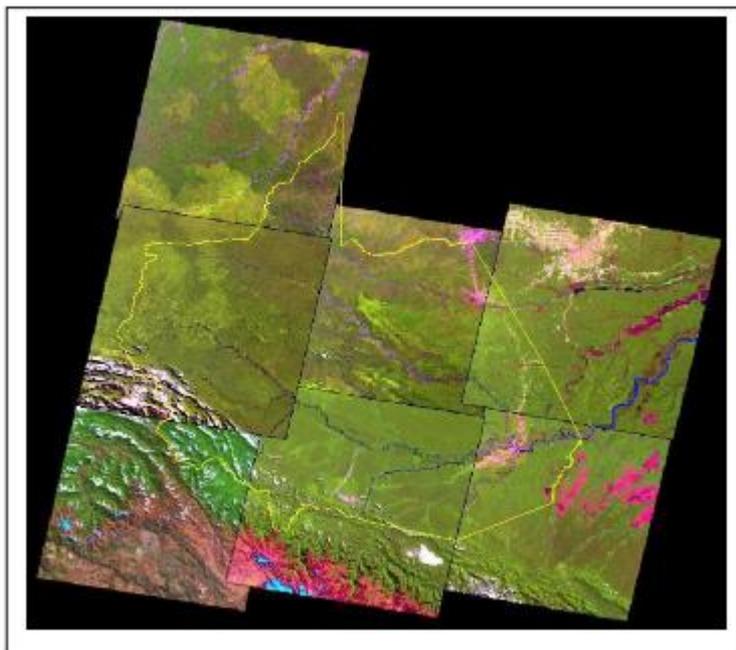


Figura 12: Imágenes después de haber aplicado el mejoramiento radiométrico.

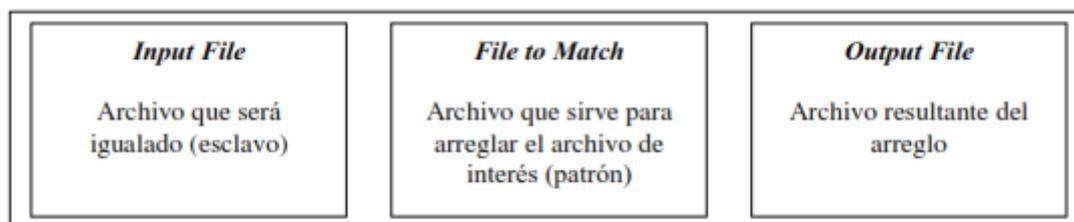


Figura 13: Esquema gráfico empleado en el mejoramiento radiométrico

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 cubirla.

- 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. En este caso en particular se emplearon todas las bandas espectrales de cada una de las imágenes.
- 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 11: Lista de imágenes utilizadas para generar el mosaico.

| Orden de Ubicación (empalme) | Satélite | Sensor | Imagen (Path_Row) | Fecha captura de la imagen | Nomenclatura de la imagen | Fuente |
|------------------------------|----------|--------|-------------------|----------------------------|---------------------------|--------|
| 1ro | Landsat | TM5 | p002r069 | 13/08/2006 | p002r069_5t_20060813 | INRENA |
| 2do | Landsat | TM5 | p002r068 | 25/05/2006 | p002r068_5t_20060525 | INRENA |
| 3ro | Landsat | TM5 | p004r069 | 26/07/2006 | p004r069_5t_20060726 | INRENA |
| 4to | Landsat | TM5 | p004r067 | 23/07/2005 | p004r067_5t_20050723 | INRENA |
| 5to | Landsat | TM5 | p003r069 | 16/05/2006 | p003r069_5t_20060516 | INRENA |
| 6to | Landsat | TM5 | p003r068 | 04/08/2006 | p003r068_5t_20060804 | INRENA |
| 7mo | Landsat | TM5 | p004r068 | 05/08/2004 | p004r068_5t_20040805 | INRENA |

- Concluida la preparación de las imágenes individuales y ubicado el orden de empalme 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 AO/ (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 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.

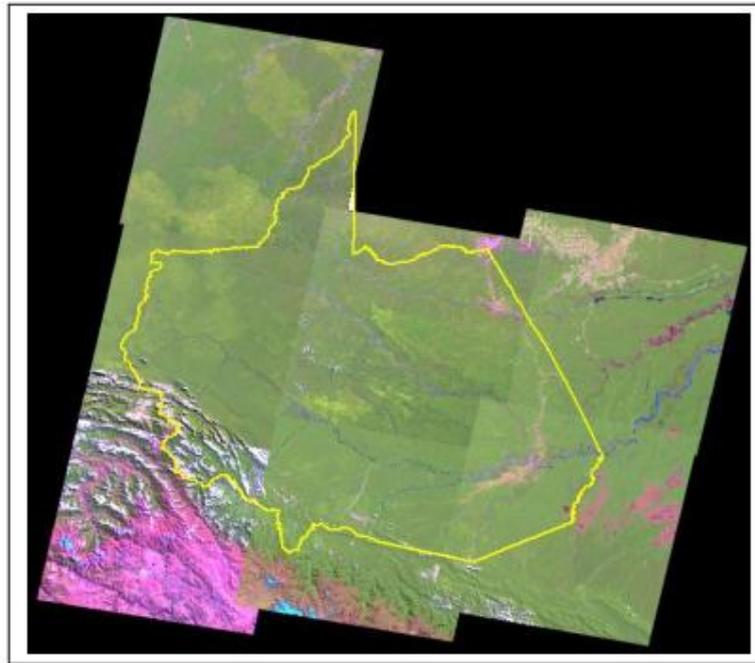


Figura 13: Mosaico final.

- 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.

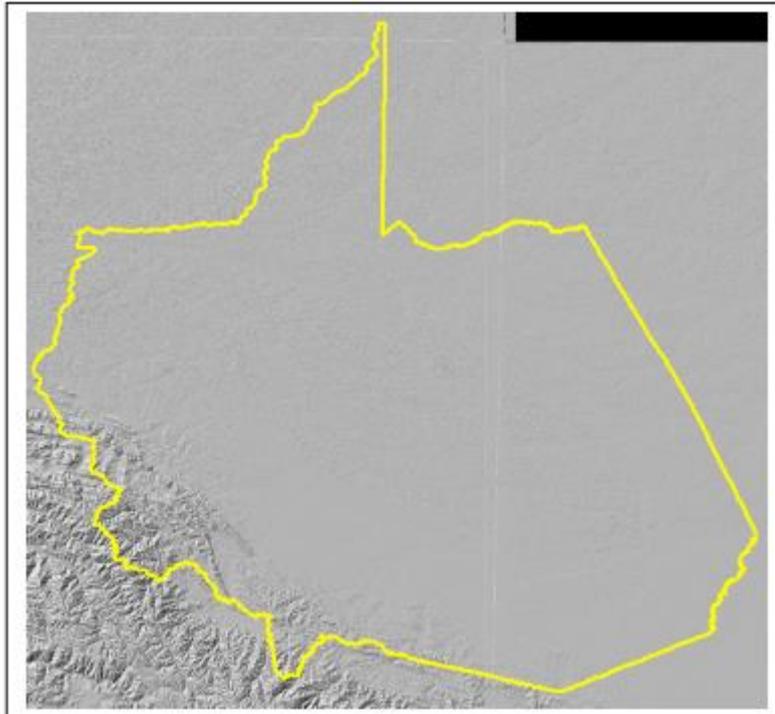


Figura 14: Mosaico de RADAR Jers-1 SAR zona 116 Sudamérica.

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

Un Modelo Digital de Elevación - MDE ó DEM (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 georeferenciada 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.

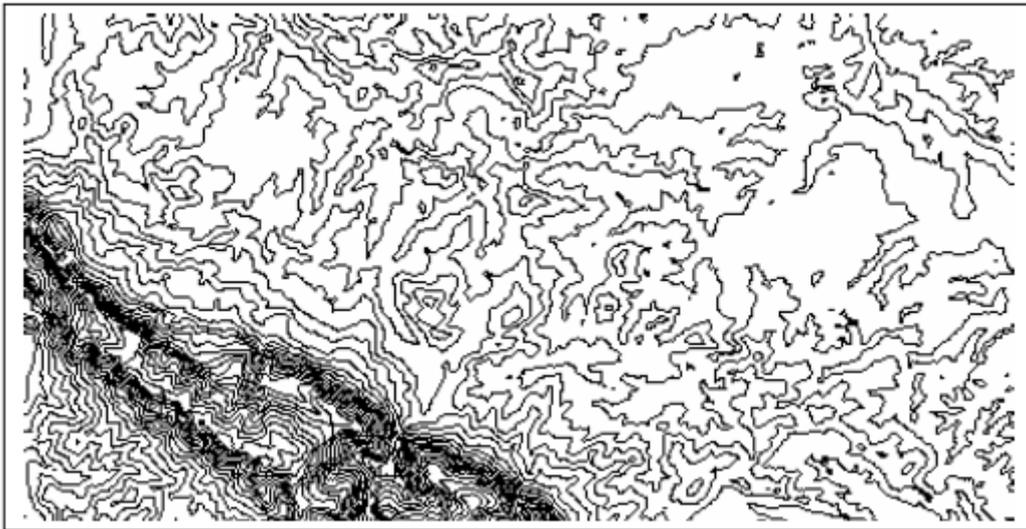
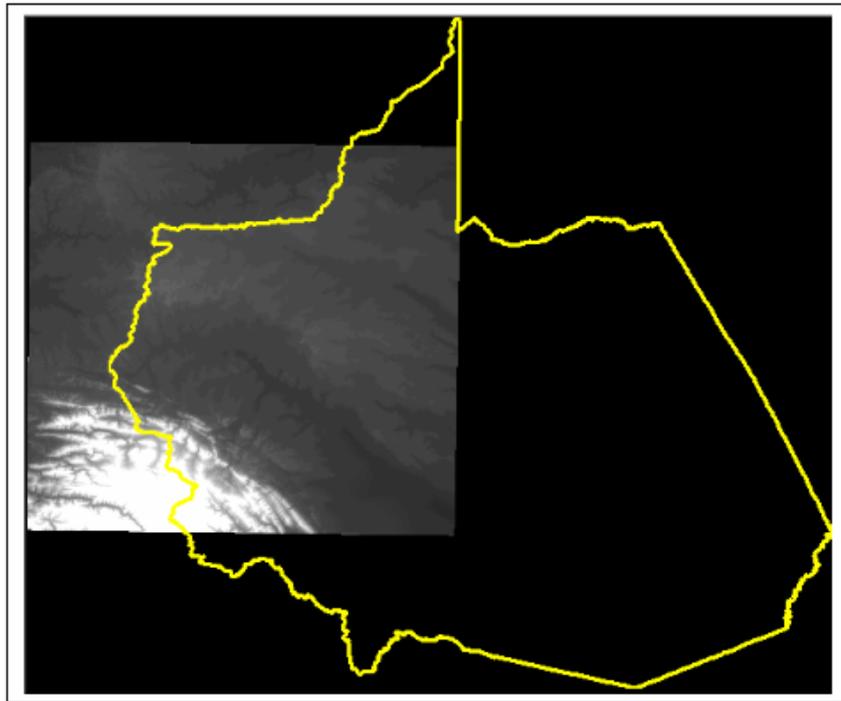


Figura 15: Curvas (50 metros) de nivel en formato digital de una sección del Departamento de Madre de Dios.

- Las elevaciones de las curvas de nivel de la Carta Nacional es el insumo para generar el DEM.

| Row | Use | X | Y | Z |
|-----|-----|------------|-------------|---------|
| 1 | X | 967429.813 | 8623864.000 | 250.000 |
| 2 | X | 967453.813 | 8623951.000 | 250.000 |
| 3 | X | 967467.813 | 8623879.000 | 250.000 |
| 4 | X | 967476.375 | 8623863.000 | 250.000 |
| 5 | X | 967451.438 | 8623845.000 | 250.000 |
| 6 | X | 967437.250 | 8623850.000 | 250.000 |
| 7 | X | 967429.813 | 8623864.000 | 250.000 |
| 8 | X | 968657.438 | 8621047.000 | 250.000 |
| 9 | X | 968655.563 | 8621041.000 | 250.000 |
| 10 | X | 968650.688 | 8621032.000 | 250.000 |
| 11 | X | 968638.375 | 8621029.000 | 250.000 |
| 12 | X | 968640.313 | 8621041.000 | 250.000 |
| 13 | X | 968652.375 | 8621106.000 | 250.000 |
| 14 | X | 968657.438 | 8621047.000 | 250.000 |

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



- 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.

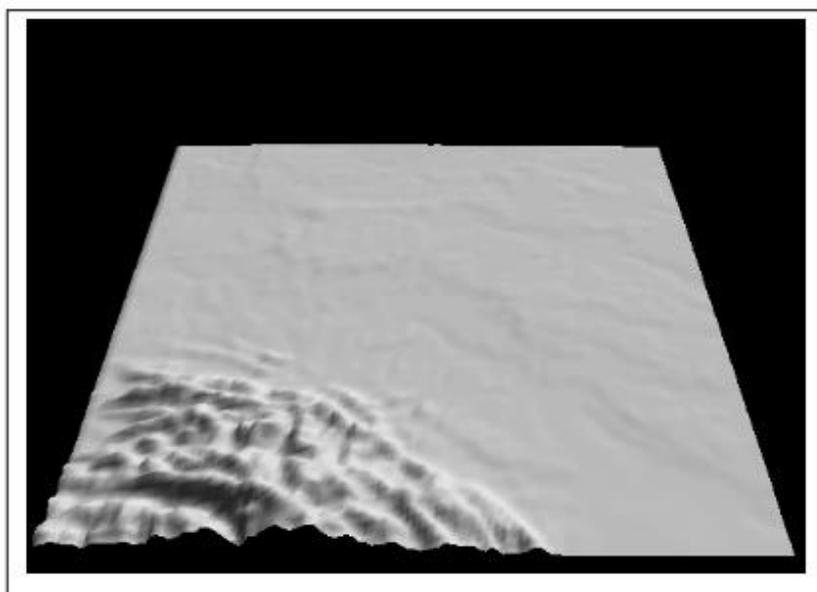


Figura 19: Modelo Digital de Elevación en el VirtualGIS Viewer, vista 3D.

- 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.

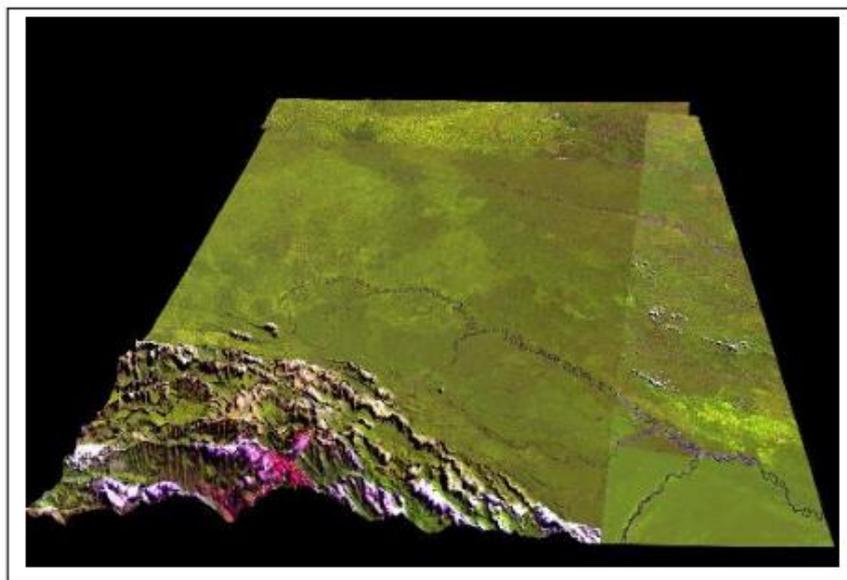


Figura 20: Mosaico de Imágenes sobre el MDE, vista 3D.

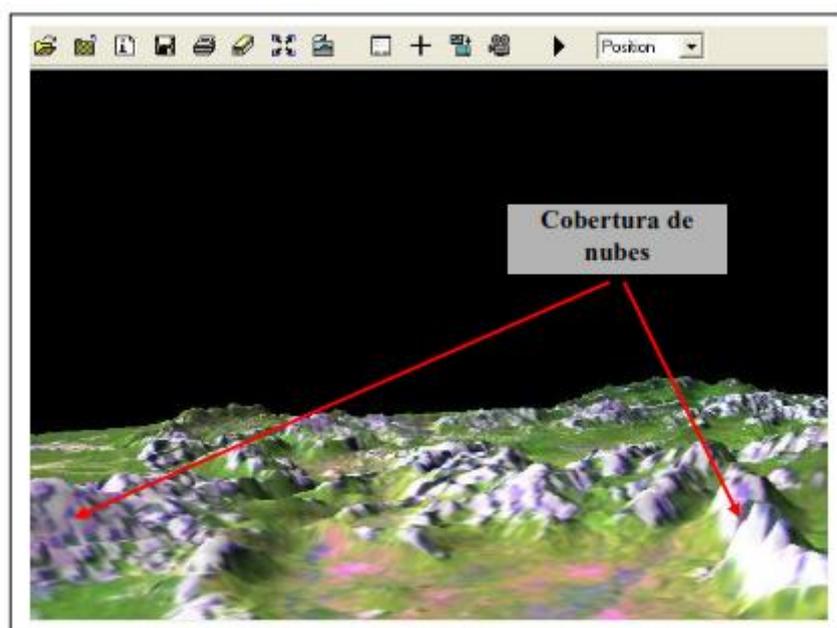


Figura 21: Animación de sobre vuelo en 3D.

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.

| Especialista | Tema |
|--|--|
| Ing. Roger Escobedo | Fisiografía. Suelos. Capacidad de Uso Mayor de las Tierras. Aptitud Productiva |
| Ing. Francisco Reátegui Ing. Percy Martínez | Forestal. Aptitud Productiva |
| Ing. Walter Castro Geo. Isabel Quintana | Geología. Geomorfología. Vulnerabilidad |
| Ing. Juan Ramírez | Uso Actual |
| Blgo. Filomeno Encarnación Blgo. Ricardo Zárate | Vegetación. Valor Bio-ecológico |
| Blgo. José Maco | Hidrografía. Clima. Cuencas Hidrográficas |
| Econ. Luis Limachi | Socioeconomía |

- 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.

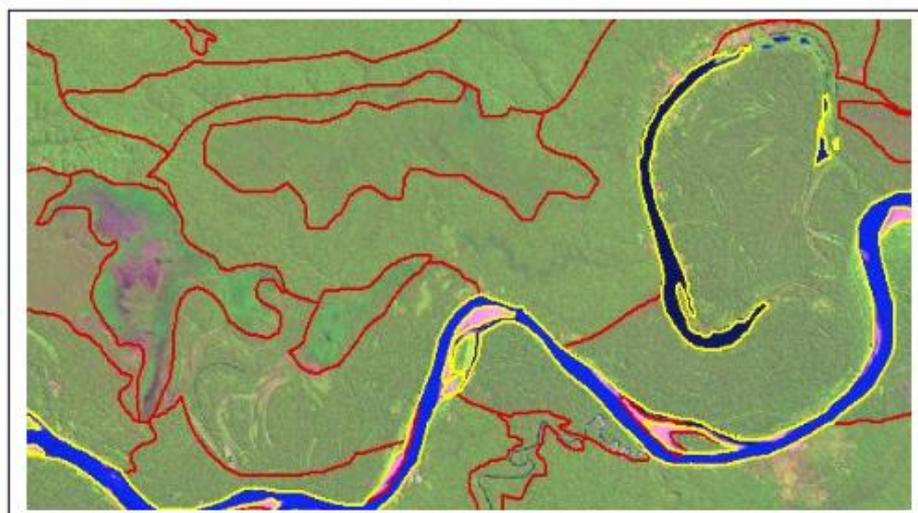


Figura 22: Tema vector líneas de geología digitalizadas teniendo en cuenta la hidrografía como base.

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.

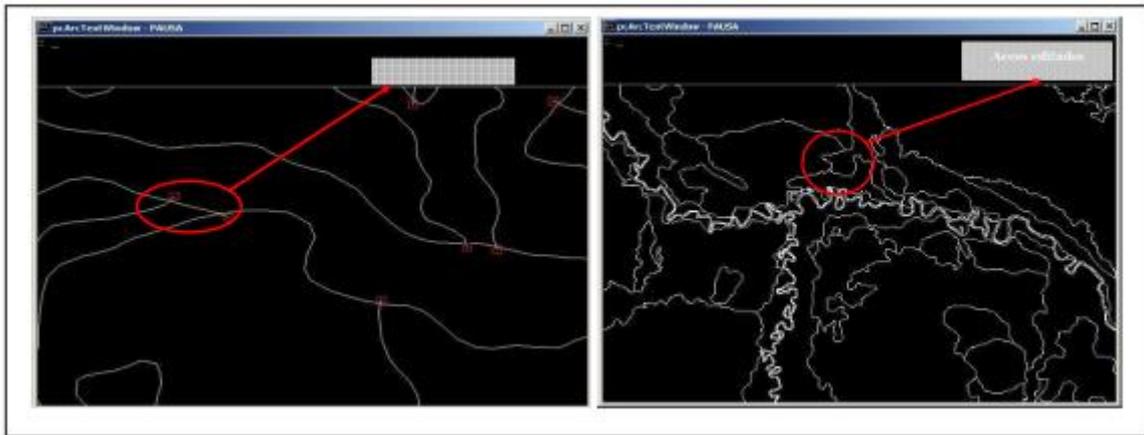


Figura 23: Cobertura de arcos sin editar y editada.

- 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 of Físio | | | | | |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------|
| FisioCode | Des. fisio | Subpaisaje | Paisaje | Gran paisa | Hectares |
| 27 | Colinas bajas moderadamente | Colinas bajas | Colinoso del Tercario | Colinoso | 123628.401 |
| 4 | Terrazas Bajas con drenaje bu | Terrazas bajas | Aluvial 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 bu | Terrazas bajas | Aluvial reciente | Llanura aluvial | 1395.696 |
| 27 | Colinas bajas moderadamente | Colinas bajas | Colinoso del Tercario | Colinoso | 56745.244 |
| 4 | Terrazas Bajas con drenaje bu | Terrazas bajas | Aluvial reciente | Llanura aluvial | 144.968 |
| 4 | Terrazas Bajas con drenaje bu | Terrazas bajas | Aluvial reciente | Llanura aluvial | 398.154 |
| 4 | Terrazas Bajas con drenaje bu | Terrazas bajas | Aluvial reciente | Llanura aluvial | 37.484 |
| 28 | Colinas bajas fuertemente disel | Colinas bajas | Colinoso del Tercario | Colinoso | 187471.649 |
| 4 | Terrazas Bajas con drenaje bu | Terrazas bajas | Aluvial 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 bu | Terrazas bajas | Aluvial reciente | Llanura aluvial | 174.859 |

Campo de codificación (indicated by a red box around the FisioCode column)

Campos de descripción de los códigos (indicated by a red box around the Des. fisio, Subpaisaje, Paisaje, and Gran paisa columns)

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 fue creado y viene siendo mejorado constantemente 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.

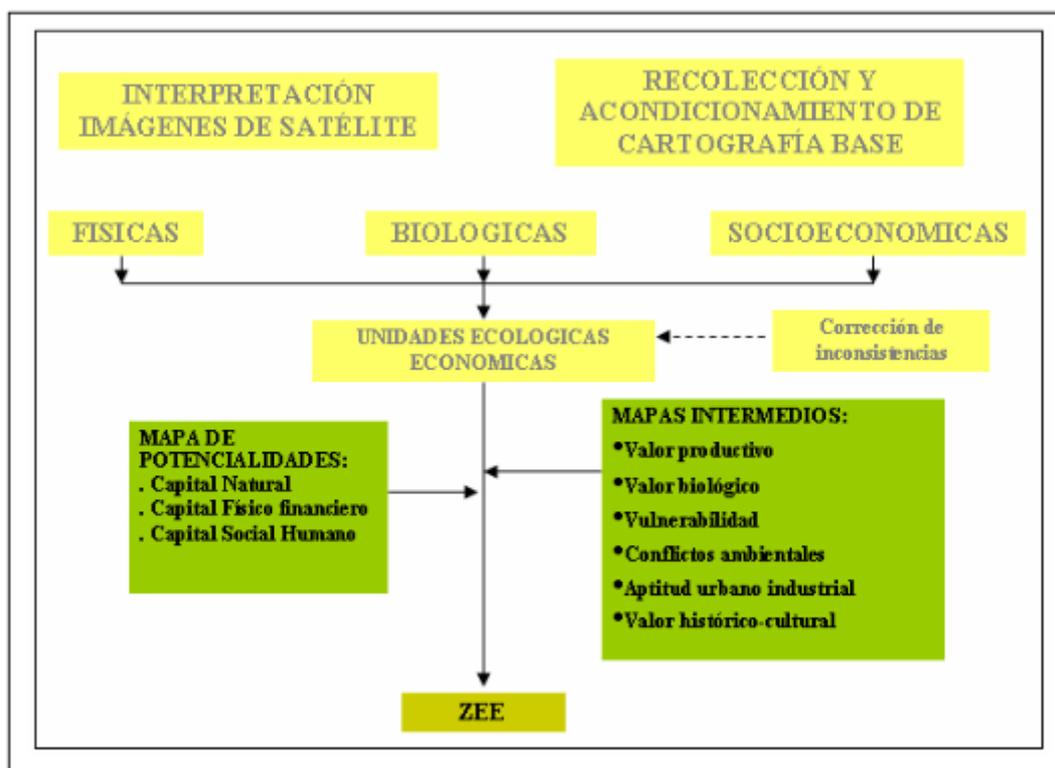


Figura 25: Esquema de la metodología ZEE.

- 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.

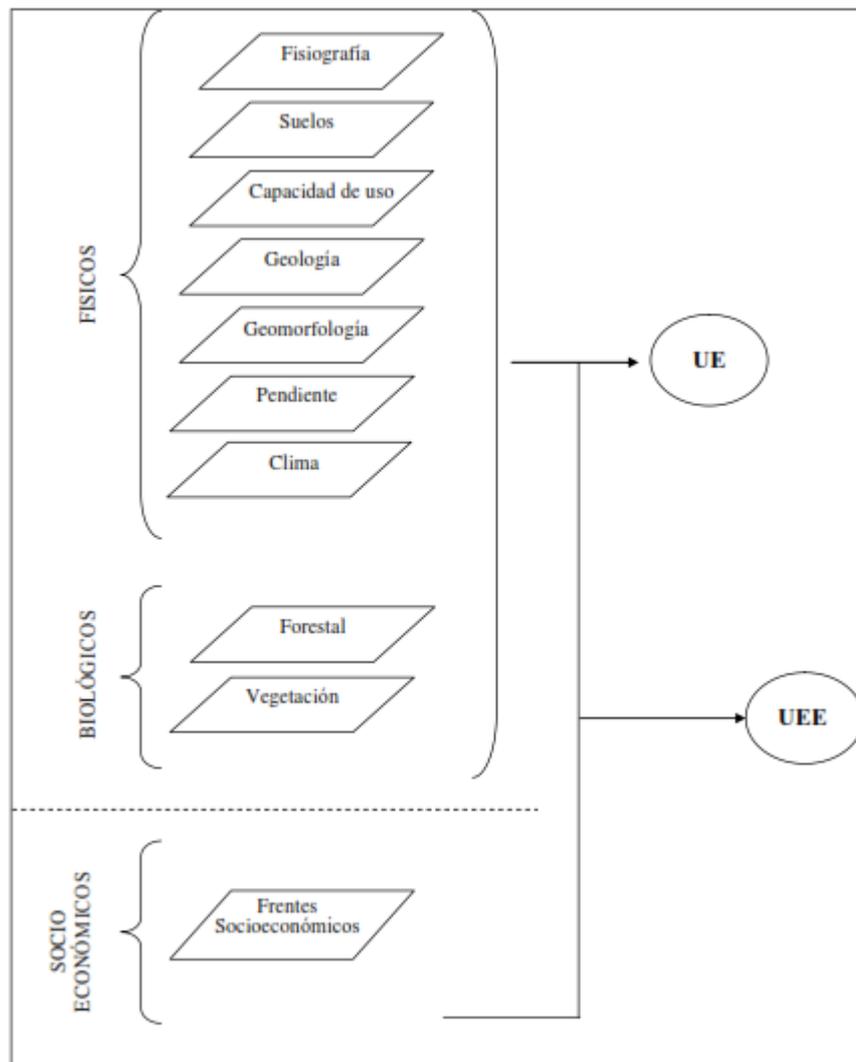


Figura 26: Esquema de coberturas temáticas (físico, biológico y socioeconómico) e intermedias (Unidades Ecológica UE y Unidades Ecológica Económicas UEE).

- 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).

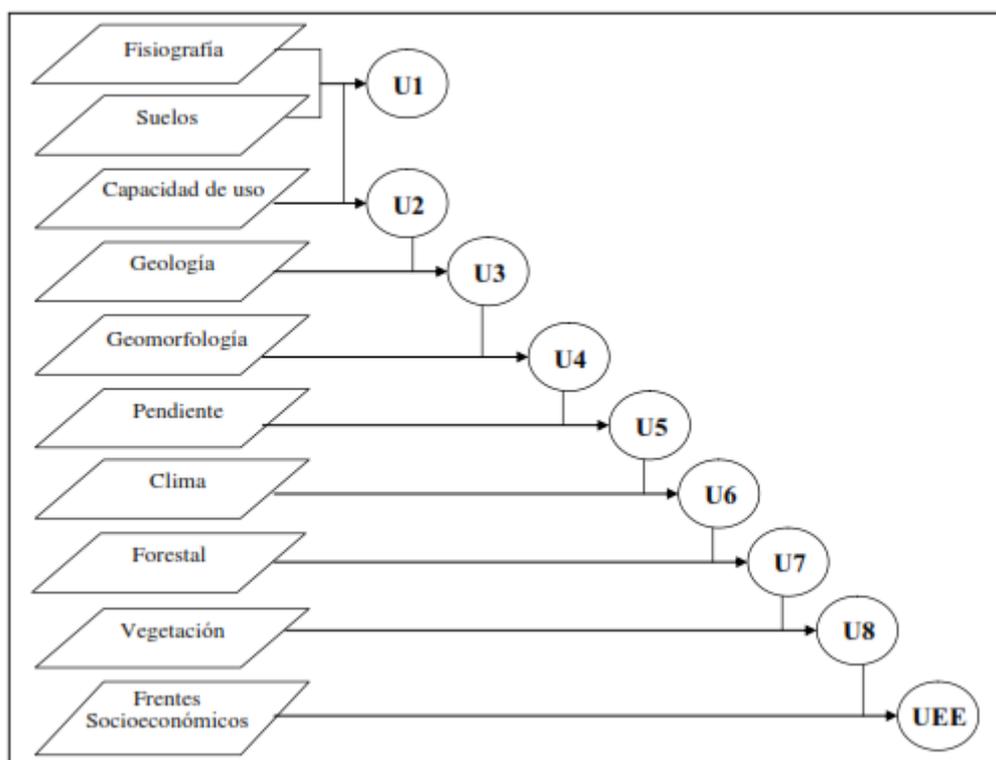


Figura 27: Esquema de unión de mapas temáticos para obtener las UEE.

- 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.

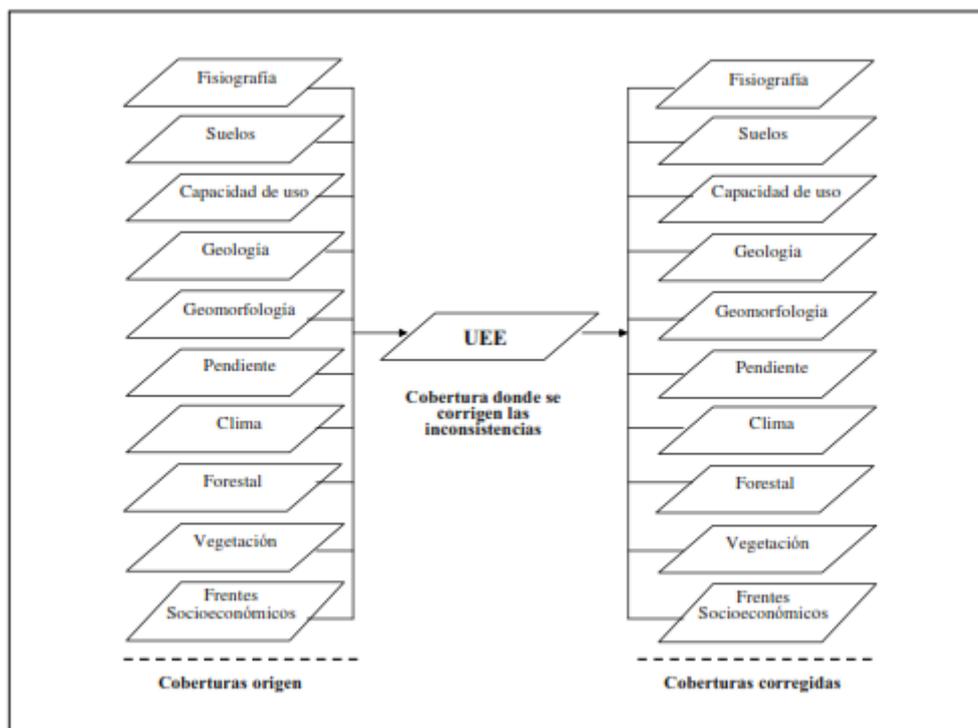


Figura 28: Esquema del arreglo de inconsistencias.

- 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.

| N° | tema | campo de codificación | campo descripción de la codificación | contenido | tipo de mapa |
|----|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|-----------------|
| 1 | Fisiografía | fisiocode | Des_fisio | Descripción del tema fisiografía | mapa temático |
| | | | Subpaisaje | Descripción del subpaisaje de fisiografía | mapa temático |
| | | | Paisaje | Descripción del paisaje de fisiografía | mapa temático |
| | | | Gran_paisa | Descripción del gran paisaje de fisiografía | mapa temático |
| 2 | geología | geolcode | Des_geol | Descripción del tema geología | mapa temático |
| 3 | geomorfología | geomcode | Des_geom | Descripción del tema geomorfología | mapa temático |
| 4 | suelo | suelocode | Tipo_suelo | Descripción del tipo de suelo | mapa temático |
| 5 | capacidad de uso | capucode | Des_capuso | Descripción del tema capacidad de uso | mapa temático |
| | | | Simb_capu | Simbología del tema capacidad de uso | mapa temático |
| 6 | clima | climacode | Des_clima | Descripción del tema clima | mapa temático |
| 7 | pendiente | pendecode | Des_pende | Descripción del tema pendiente | mapa temático |
| 8 | cuenca hidrográfica | cuencacode | Orden1 | Orden 1 de la cuenca | mapa temático |
| | | | Orden2 | Orden 2 de la cuenca | mapa temático |
| | | | Orden3 | Orden 3 de la cuenca | mapa temático |
| 9 | ecología | ecocode | Des_ecol | Descripción del tema ecología | mapa temático |
| 10 | forestal | forescode | Des_fores | Descripción de tema forestal | mapa temático |
| | | | Simb_fores | Simbología del tema forestal | mapa temático |
| | | | Tipobosque | Descripción del tipo de bosque | mapa temático |
| 11 | potencial forestal | potforcode | Des_potfor | Descripción del potencial forestal | mapa temático |
| 12 | vegetación | vegecode | Des_vege | Descripción del tema vegetación | mapa temático |
| | | | Simb_vege | Simbología del tema vegetación | mapa temático |
| 13 | fauna | faunacode | Des_fauna | Descripción del tema fauna | mapa temático |
| 14 | uso actual | usocode | Des_uso | Descripción del tema uso actual | mapa temático |
| 15 | aptitud productiva | apticode | Des_apti | Descripción del tema aptitud productiva | mapa intermedio |
| 16 | conflictos de uso | confucode | Des_confu | Descripción del tema conflictos de uso | mapa intermedio |
| 17 | vocación urbano industrial | vocurcode | Des_vocur | Descripción del tema de vocación urbano industrial | mapa intermedio |
| 18 | valor bioecológico | valecode | Des_valeco | Descripción del tema valor bioecológico | mapa intermedio |
| 19 | potencial minero | minocode | Pot_min | Descripción del potencial minero aurífero | mapa intermedio |
| 20 | potencial hidrocarburos | hidroccode | Pot_hidro | Descripción del potencial hidrocarburo | mapa intermedio |
| 21 | valor cultural | cultcode | Des_cult | Descripción del tema valor cultural | mapa intermedio |
| | | | Valor_cult | Valor del tema valor cultural | mapa intermedio |

- Las coberturas temáticas son generadas por los especialistas de cada tema, mientras que las coberturas auxiliares se generar, 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.

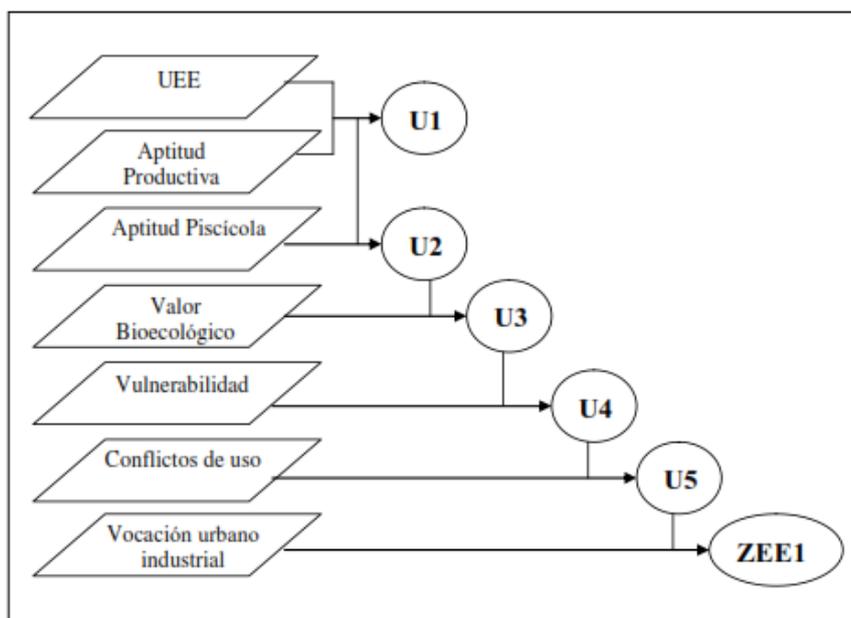


Figura 29: Esquema de unión de la cobertura UEE con intermedios para obtener la versión ZEE1.

- 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.

| GRANDES ZONAS | ZONAS | ZEE |
|---|--|---|
| <p>LEYENDA NIVEL 1</p> <p>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"> • Zonas productivas • Zonas de protección y conservación ecológica, etc. | <p>LEYENDA NIVEL 2</p> <p>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"> • Zonas de producción agropecuaria; • Zonas de producción forestal, etc. | <p>LEYENDA NIVEL 3</p> <p>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"> • Zonas para cultivos en limpio; • Zonas para cultivos permanentes con limitaciones de drenaje, etc. |

Fuente: Módulos de Práctica para el curso de Ordenamiento Ambiental v 3.0

- 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.

| CAMPOS DE LA COBERTURA UEE E INTERMEDIOS RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO DE LA ZEE | VARIABLES RELEVANTES | GRANDES ZONAS | ZONAS (SUB TITULOS) | 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 "... NOMBRE ...". (Ej. Zonas de protección de agujales del alto Mayo). | Seleccionar todas los polígonos de "muy alto valor biológico 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) |
| 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 |

Fuente: Módulos de Práctica para el curso de Ordenamiento Ambiental v 3.0

- 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.

| Zee_código | Zee | Zee_zonas | Zee_grande |
|------------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| 24 | Parque Nacional Aike Purús | Zonas de protección y conservación | Zonas de protección y conservación |
| 19 | Zonas para pesca de subsistencia | Zonas de protección y conservación | Zonas de protección y conservación |
| 19 | Zonas para pesca de subsistencia | Zonas de protección y conservación | Zonas de protección y conservación |
| 19 | Zonas para pesca de subsistencia | Zonas de protección y conservación | Zonas de protección y conservación |
| 1 | Zonas para cultivo en limpio con calidad agrológica media, limitaciones por suelo, inu | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas |
| 32 | Reserva del Estado para pueblos indígenas en aislamiento voluntario | Zonas de tratamiento especial | Zonas de tratamiento especial |
| 31 | Zonas de recuperación de tierras para cultivos permanentes asociados, con forestal | Zonas de recuperación | Zonas de recuperación |
| 1 | Zonas para cultivo en limpio con calidad agrológica media, limitaciones por suelo, inu | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas |
| 14 | Zonas para pastos y producción forestal, asociados con cultivo permanente con límite | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas |
| 14 | Zonas para pastos y producción forestal, asociados con cultivo permanente con límite | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas |
| 14 | Zonas para pastos y producción forestal, asociados con cultivo permanente con límite | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas |
| 1 | Zonas para cultivo en limpio con calidad agrológica media, limitaciones por suelo, inu | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas |
| 14 | Zonas para pastos y producción forestal, asociados con cultivo permanente con límite | Zonas para uso agropecuario | Zonas productivas |

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.

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 1:500,000 y el tamaño de papel (formato) 55x35 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.

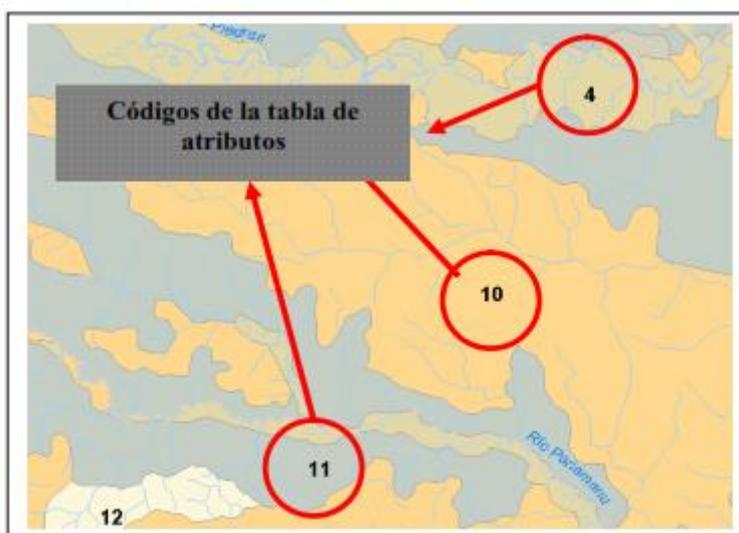


Figura 31: Etiquetas asignadas a las unidades a todos los mapas.

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

| LEYENDA | | | | | |
|------------------------|--------------------------------|---------|--|------------|-------|
| MORFOESTRUCTURAS | PROVINCIA | SIMBOLO | UNIDADES DE RELIEVE | SUPERFICIE | |
| | | | | ha. | % |
| Llanuras Madre de Dios | Relieve Depresionados | 1 | Cubeta fluvial-lacustre | 34 300 | 0,40 |
| | | 2 | Cubeta lacustre-palustre | 123 828 | 1,45 |
| | | 3 | Valecitos colonados | 15 628 | 0,18 |
| | Llanuras Fluviales Holocénicas | 4 | Llanura fluvial | 898 369 | 8,20 |
| | | 5 | braz | 27 836 | 0,33 |
| | | 6 | Barriz o diques semilunares | 120 239 | 1,42 |
| | | 7 | Barriz laterales | 7037 | 0,08 |
| | Planicies Pleistocénicas | 8 | Llanura fluvial no inundable (Holocénica) | 290 390 | 3,41 |
| | | 9 | Planicie erosiva depresionada | 119 281 | 1,39 |
| | | 10 | Planicies erosivas pleistocénicas | 2 237 661 | 26,27 |
| | | 11 | Cóllinas erosionales de la llanura Madre de Dios | 3 411 146 | 40,04 |

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 campo se trabajó con los especialistas para homogenizar la data en la colecta de campo de los lugares de muestreo.
- Haciendo uso de una unidad GPS (Navegador) se levantaron puntos de control en coordenadas UTM. El levantamiento de coordenadas se hizo en las zonas de muestreo y a lo largo de la carretera principal (Interoceánica Sur) teniendo en cuenta que la colecta de datos se hiciera sobre áreas que presentan alguna diferencia visible y contrastante en las imágenes elaboradas en gabinete.
- De igual manera con el módulo Track de la unidad GPS se registró el trazo de la carretera principal y algunas carreteras secundarias para contrastar con la data facilitada por el Ministerio de competencia (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).
- Se recomendó tomar como referencia los centros poblados y cruce de puentes con la unidad GPS estabilizada y que 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.

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 en el trabajo post campo. 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.

3.4. Metadata espacial

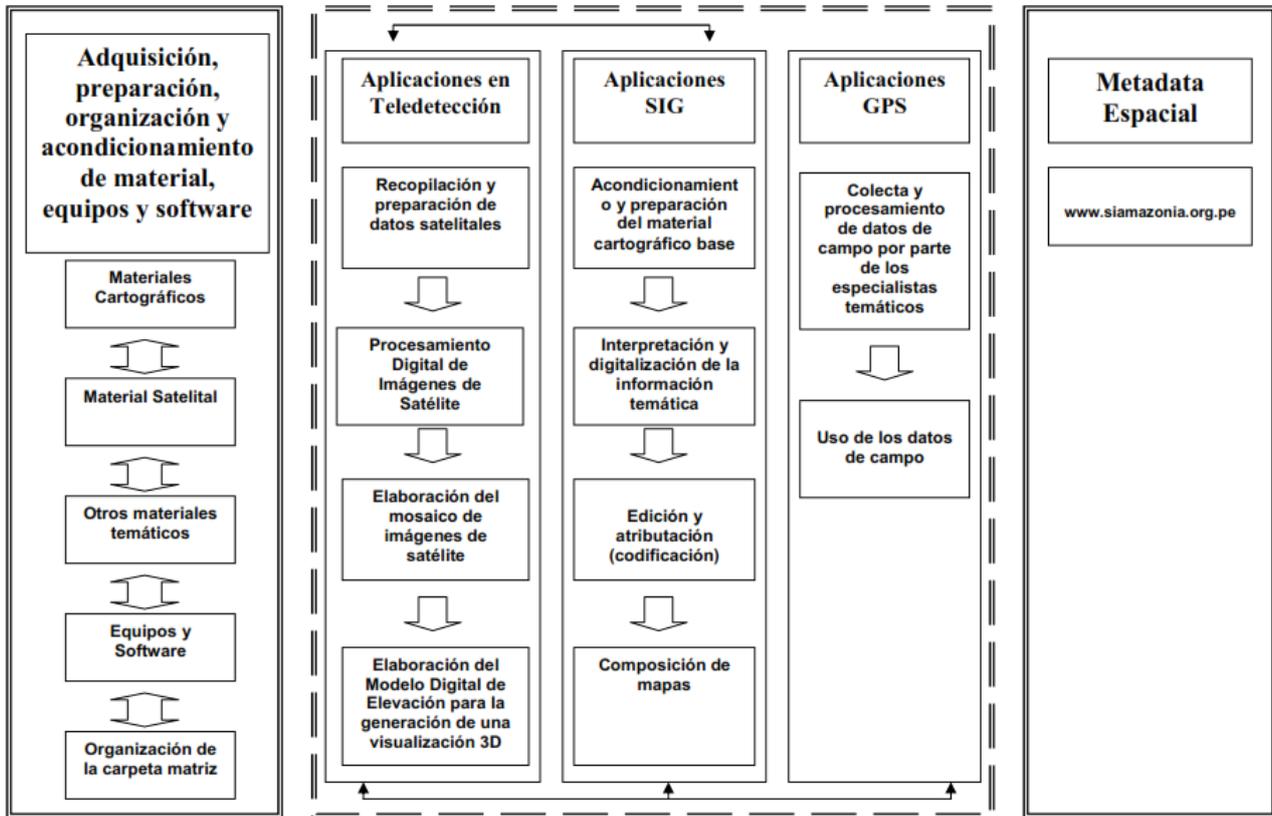
Información acerca de los datos que son utilizados o generados en un SIG. Describen el contenido, la calidad, la condición y otras características de los datos espaciales.

- 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 Madre de Dios, así como de las coberturas temáticas, intermedias y final de ZEE.
- El GME está localizado en 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 33: Portal de SIAMAZONIA y la ubicación de la GME a través del link para visualizar mapas.

Cuadro 13: Esquema de la Metodología empleada en el procesamiento digital de imágenes y el modelamiento SIG-ZEE



IV. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

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 (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>

ANEXOS

ANEXO 01:

Estos fragmentos de texto fueron extraídos de una comunicación con los encargados de facilitar la data satelital en el INPE. Es por eso que el texto está en el idioma original, que es el portugués:

No painel ao lado você pode definir parâmetros básicos e específicos para procurar imagens no Catálogo.

Como parâmetros básicos há:

- Satélite - escolha um determinado satélite ou deixe em branco para procurar imagens de qualquer satélite.
- Instrumento - caso você tenha escolhido um satélite, poderá escolher um determinado instrumento deste satélite ou deixar em branco para procurar imagens de todos os instrumentos deste satélite.
- Intervalo de Tempo - você pode escolher um intervalo de tempo corrido, por exemplo de 03/1998 até 05/2003, ou então um intervalo Sazonal, que para o mesmo período (de 03/1998 até 05/2003) significa que somente imagens obtidas de março a maio dos anos de 1998 ate 2003 serão selecionadas.
- Cobertura Máxima de Nuvens - por quadrante da imagem, você pode definir o máximo de cobertura de nuvens desejado para a sua pesquisa. Se deixados em branco, qualquer valor de cobertura é aceitável.

Os quadrantes são definidos assim:

| | |
|----|----|
| Q1 | Q2 |
| Q3 | Q4 |

Estes são os parâmetros básicos. Você tem quatro formas de consulta que podem ser usadas de acordo com sua necessidade. Lembre-se de que para todas as formas de consulta os parâmetros básicos serão levados em conta.

Modalidades de busca:

- Por Município - se você sabe o nome do município de seu interesse, entre com o nome completo ou parte dele no campo Município e o Estado se desejar restringir sua pesquisa e clique em Executar. Os municípios que atendem sua consulta aparecerão neste quadro. Clique em um nome de município e você será levado a interface gráfica do item anterior. A sede do município será marcada com um círculo vermelho. As imagens disponíveis são indicadas por um "X", que representa o centro de cada cena.
- Por Órbita/Ponto - todo satélite tem um sistema de referência baseado em órbitas e pontos, que variam de família para família de satélites. Por exemplo a cidade de Brasília está contida na órbita 157, ponto 118 para a família de satélites CBERS. Se você sabe exatamente a órbita e o ponto de seu interesse, entre com os valores nos campos De e clique em Executar. Se você quiser pesquisar uma faixa de valores para órbitas e pontos, entre com o valor menor no campo De e o maior no campo Até e clique em Executar
- Por Região - se você tem uma região de interesse, definida em coordenadas geográficas, ou seja em latitudes e longitudes, entre com a latitude Norte no campo Norte, a latitude Sul no campo Sul, a longitude Oeste no campo Oeste e a longitude Leste no campo Leste e clique em Executar.
- Interface Gráfica - se você quiser dar uma navegada geográfica, entre com as coordenadas do seu ponto central em latitude e longitude nos campos Lat e Lon e clique em Executar. Você terá uma interface gráfica com imagens no fundo e o mapa estadual do Brasil com o nome de algumas cidades para sua orientação. Clicando nos botões de direção nas margens da interface você pode deslocar a área mostrada.

Sítios de interes:

Veja detalhes das [câmeras a bordo do CBERS2](#) e informações sobre as imagens para download.

Veja detalhes das [câmeras a bordo dos satélites LANDSAT 1, 2 e 3](#) e outras informações.

Veja detalhes das [câmeras a bordo dos satélites LANDSAT 5 e 7](#) e outras informações.

Ao fazer o download ou aquisição de qualquer imagem CBERS, você torna-se automaticamente sujeito aos termos contidos na [Licença de Uso das Imagens CBERS](#).

Para aquisição das imagens em CD-ROM, ao custo da tabela do INPE, dirija-se à <http://www.dgi.inpe.br>

Para comentários ou sugestões entre em [contato](#) conosco.

Para dúvidas, sobre o uso de imagens ou outras solicitações entre em contato com atus@dgi.inpe.br

Para informações gerais sobre o Programa CBERS, dirija-se à <http://www.cbbers.inpe.br>

**ANEXO 02:
IMÁGENES CBERS DISPONIBLES EN EL INPE - 10 AÑOS DE ANTIGÜEDAD (1997 - 2007)**

Las franjas de colores verde y amarillo son para distinguir las escenas de las imágenes.

| Nro. | Satélite | Imagen: Orbita/Punto | Fecha | Sensor | Cobertura de nubes (%) | | | | Observaciones | Adquisición | Carrito |
|------|----------|----------------------|------------|--------|------------------------|----|----|----|--|-----------------|---------|
| | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | | | |
| 1 | CB2 | 183/112 | 06/09/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Neblina en casi toda la imagen | No recomendable | |
| 2 | CB2 | 183/112 | 12/08/2005 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia en toda la imagen | Recomendable | Pedida |
| 3 | CB2 | 183/112 | 13/08/2004 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia en toda la imagen | ????? | |
| 4 | CB2 | 183/113 | 06/09/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Neblina en casi toda la imagen | Recomendable | Pedida |
| 5 | CB2 | 183/113 | 13/08/2004 | CCD | 0 | 0 | 10 | 0 | Nubes esparcidas | No recomendable | |
| 6 | CB2 | 183/114 | 17/07/2005 | CCD | 30 | 30 | 30 | 30 | Nubes esparcidas en las partes del area de estudio | No recomendable | |
| 7 | CB2 | 183/114 | 13/08/2004 | CCD | 40 | 30 | 10 | 40 | Nubes esparcidas | Recomendable | Pedida |
| 8 | CB2 | 182/111 | 06/09/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Niebla | No recomendable | |
| 9 | CB2 | 182/111 | 14/06/2006 | CCD | 20 | 10 | 0 | 10 | Niebla en los cuadrantes 12 y 4 no asi en el area de estudio | ???? | |
| 10 | CB2 | 182/111 | 19/07/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia en toda la imagen | Recomendable | Pedida |

| Nro. | Satélite | Imagen: Orbita/Punto | Fecha | Sensor | Cobertura de nubes (%) | | | | Observaciones | Adquisición | Carrito |
|------|----------|----------------------|------------|--------|------------------------|----|----|----|--|-----------------|---------|
| | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | | | |
| 11 | CB2 | 182/112 | 14/08/2006 | CCD | 0 | 10 | 10 | 0 | Niebla en casi toda la imagen | No recomendable | |
| 12 | CB2 | 182/112 | 19/07/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia en toda la imagen | Recomendable | Pedida |
| 13 | CB2 | 182/112 | 03/05/2005 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Nubes esparcidas | No recomendable | |
| 14 | CB2 | 182/113 | 09/09/2006 | CCD | 10 | 10 | 10 | 10 | Niebla y nubes esparcidas | No recomendable | |
| 15 | CB2 | 182/113 | 19/07/2006 | CCD | 0 | 0 | 10 | 0 | Imagen clara pero con acumulación de nubes q3 | Recomendable | Pedida |
| 16 | CB2 | 182/114 | 09/09/2006 | CCD | 10 | 10 | 40 | 10 | Neblina y nubes dispersan | Recomendable | Pedida |
| 17 | CB2 | 182/114 | 19/07/2006 | CCD | 0 | 0 | 40 | 40 | Imagen clara pero con acumulación de nubes q3 y q4 | No recomendable | |
| 18 | CB2 | 182/115 | 03/05/2005 | CCD | 40 | 50 | 40 | 10 | Nubes esparcidas en las partes del area de estudio | No recomendable | |
| 19 | CB2 | 182/115 | 21/07/2004 | CCD | 20 | 50 | 10 | 10 | Nubes esparcidas | Recomendable | Pedida |
| 20 | CB2 | 181/112 | 22/07/2006 | CCD | 10 | 10 | 10 | 0 | Niebla y nubes esparcidas pero bueno para el área de estudio | No recomendable | |

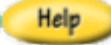
| Nro. | Satélite | Imagen: Orbita/Punto | Fecha | Sensor | Cobertura de nubes (%) | | | | Observaciones | Adquisición | Carrito |
|------|----------|----------------------|------------|--------|------------------------|----|----|----|--|-----------------|---------|
| | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | | | |
| 21 | CB2 | 181/112 | 26/06/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia en toda la imagen | Recomendable | Pedida |
| 22 | CB2 | 181/113 | 12/09/2006 | CCD | 20 | 30 | 10 | 20 | Nubes dispersas | No recomendable | |
| 23 | CB2 | 181/113 | 04/11/2005 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia | Recomendable | Pedida |
| 24 | CB2 | 181/114 | 12/09/2006 | CCD | 0 | 10 | 0 | 10 | Limpia en casi toda la imagen a excepción del q4 | Recomendable | Pedida |
| 25 | CB2 | 181/114 | 22/07/2006 | CCD | 10 | 0 | 10 | 10 | Nubes aisladas y acumuladas en zonas del área de estudio | No recomendable | |
| 26 | CB2 | 181/114 | 04/11/2005 | CCD | 20 | 10 | 20 | 30 | Nubes aisladas en casi toda la imagen | No recomendable | |
| 27 | CB2 | 181/115 | 22/07/2006 | CCD | 0 | 40 | 20 | 40 | Nubes esparcidas en la zona de estudio | Recomendable | Pedida |
| 28 | CB2 | 181/115 | 04/11/2005 | CCD | 20 | 30 | 40 | 50 | Nubes esparcidas en casi toda la imagen | No recomendable | |
| 29 | CB2 | 180/113 | 15/09/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 20 | Nubes en el q4 que no afectan el estudio | Recomendable | |
| 30 | CB2 | 180/113 | 20/08/2006 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia toda la imagen | Recomendable | Pedida |
| 31 | CB2 | 180/113 | 21/08/2005 | CCD | 0 | 0 | 0 | 0 | Limpia toda la imagen | Recomendable | |

ANEXO 03:

Modo de descargar imágenes:

<http://imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/cqi-bin/dprSearchMapByMenu.pl>

User Registration Result

Your input information of Login Name, User Address, Shipping Address and Billing Address is as follows below.
Thank you for your registration to ASTER GDS.

Login Name

Your official login name decided as bellow, Please note LoginName and Password previously input in the form.

| User Address | | | | | |
|-------------------|------------------------------|----------------|---------------|-----------|--------|
| First Name | Lizardo | Middle Initial | | Last Name | Fachin |
| Organization Name | IIAP | | | | |
| Address | Av. Abelardo Quinones km 2.5 | | | | |
| City | Iquitos | Postal Code | 784 | | |
| State | Loreto | Phone | (51)65-263641 | | |
| Country | Peru | Fax | (51)65-265527 | | |
| E-mail | lfachin@iiap.org.pe | | | | |

| Shipping Address | | | | | |
|-------------------|------------------------------|----------------|---------------|-----------|--------|
| First Name | Lizardo | Middle Initial | | Last Name | Fachin |
| Organization Name | IIAP | | | | |
| Address | Av. Abelardo Quinones Km 2.5 | | | | |
| City | Iquitos | Postal Code | 784 | | |
| State | Loreto | Phone | (51)65-263641 | | |
| Country | Peru | Fax | (51)65-265527 | | |
| E-mail | lfachin@iiap.org.pe | | | | |

D. Billing Address

| | | | | | |
|-------------------|------------------------------|----------------|---------------|-----------|--------|
| First Name | Lizardo | Middle Initial | | Last Name | Fachin |
| Organization Name | IIAP | | | | |
| Address | Av. Abelardo Quinones km 2.5 | | | | |
| City | Iquitos | Postal Code | 784 | | |
| State | Loreto | Phone | (51)65-263641 | | |
| Country | Peru | Fax | (51)65-265527 | | |
| E-mail | lfachin@iiap.org.pe | | | | |

Distribution of information Email: ON



Con estos datos, como requisito, se ingresó al portal donde se llenan los datos de acceso. No se pudo de ninguna forma ingresar a este portal así que se optó por la comunicación telefónica con el proveedor de este tipo de imágenes en el Perú como se indica anteriormente.

ASTER GDS IMS



For Windows XP (SP2) User

Information

- ASTER GDS is operating normally.



News Flash

- A new function for DPR Search is released; an outline representing the actual scene boundary of the corresponding ortho product can be



ASTER GDS

User Certification

If you want to use such services exclusively available for the registered user as listed below, you must make yourself certified here. Please enter your Login Name and Password.

- Modify User Profile : Confirm User Profile, Modify User Profile, Change Password
- DPR : DPR Submit/Cancel, DPR Online, DPR Link After Submission
- DAR : Requester's xAR Search, DAR Submit, DAR Modify, xAR-DPR Link, DAR Budget

Login Name :

Password :

ANEXO 04:**MAPAS****MAPAS TEMÁTICOS**

- 1. MAPA BASE HIDROGRÁFICO Y DE CENTROS POBLADOS**
- 2. MAPA DE GEOLOGÍA**
- 3. MAPA DE GEOMORFOLOGÍA**
- 4. MAPA DE FISIOGRAFÍA**
- 5. MAPA DE SUELOS**
- 6. MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR**
- 7. MAPA DE CLIMA**
- 8. MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**
- 9. MAPA DE VEGETACIÓN**
- 10. MAPA FORESTAL**
- 11. MAPA DE SOCIOECONOMÍA**
- 12. MAPA DE FRENTES SOCIOECONÓMICOS**
- 13. MAPA DE USO ACTUAL**

MAPAS INTERMEDIOS

- 14. MAPA DE APTITUD PRODUCTIVA**
- 15. MAPA DE APTITUD PISCÍCOLA**
- 16. MAPA DE VALOR BIOECOLÓGICO**
- 17. MAPA DE VALOR HISTÓRICO CULTURAL**
- 18. MAPA DE RIESGO 01**
- 18. MAPA DE RIESGO 02**
- 18. MAPA DE RIESGO 03**
- 19. MAPA DE CONFLICTOS DE USO**
- 20. MAPA DE VOCACIÓN URBANO INDUSTRIAL**

MAPA ZEE

- 21. MAPA DE ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA**

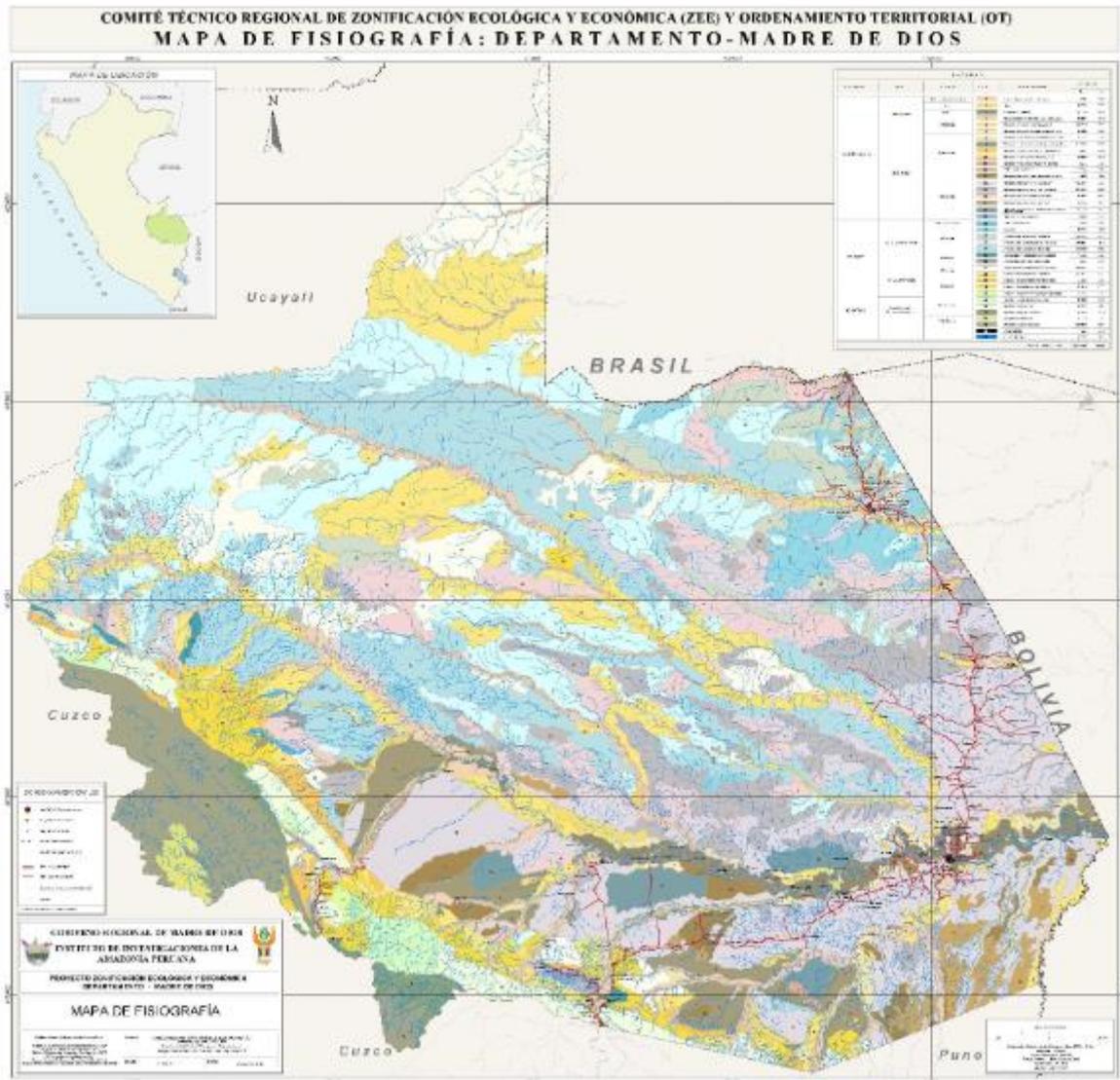
MAPA IMAGEN

- 22. MAPA IMAGEN MOSAICO LANDSAT TM5**

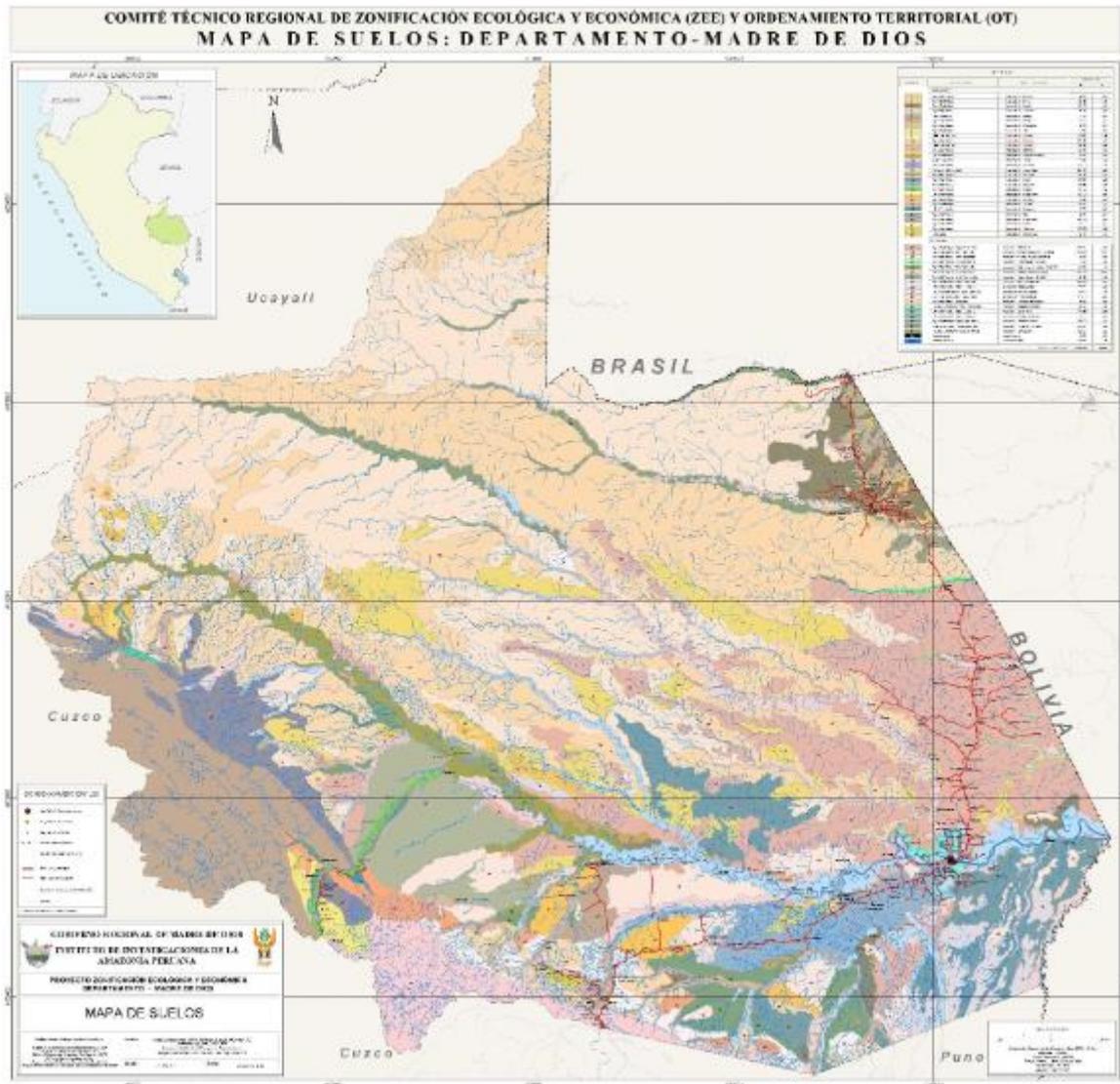
MAPA 01:

MAPA 01:

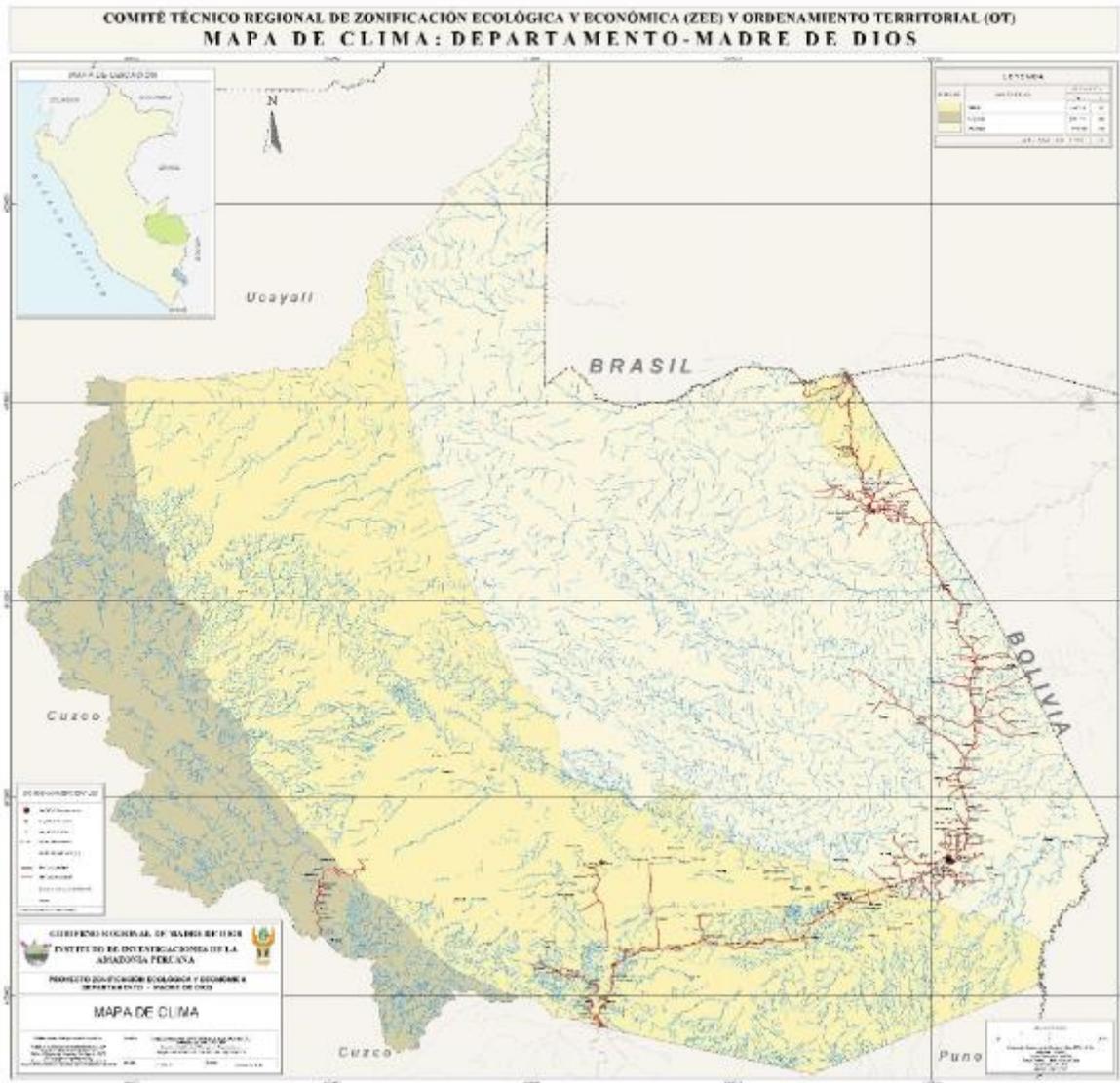
MAPA 04:



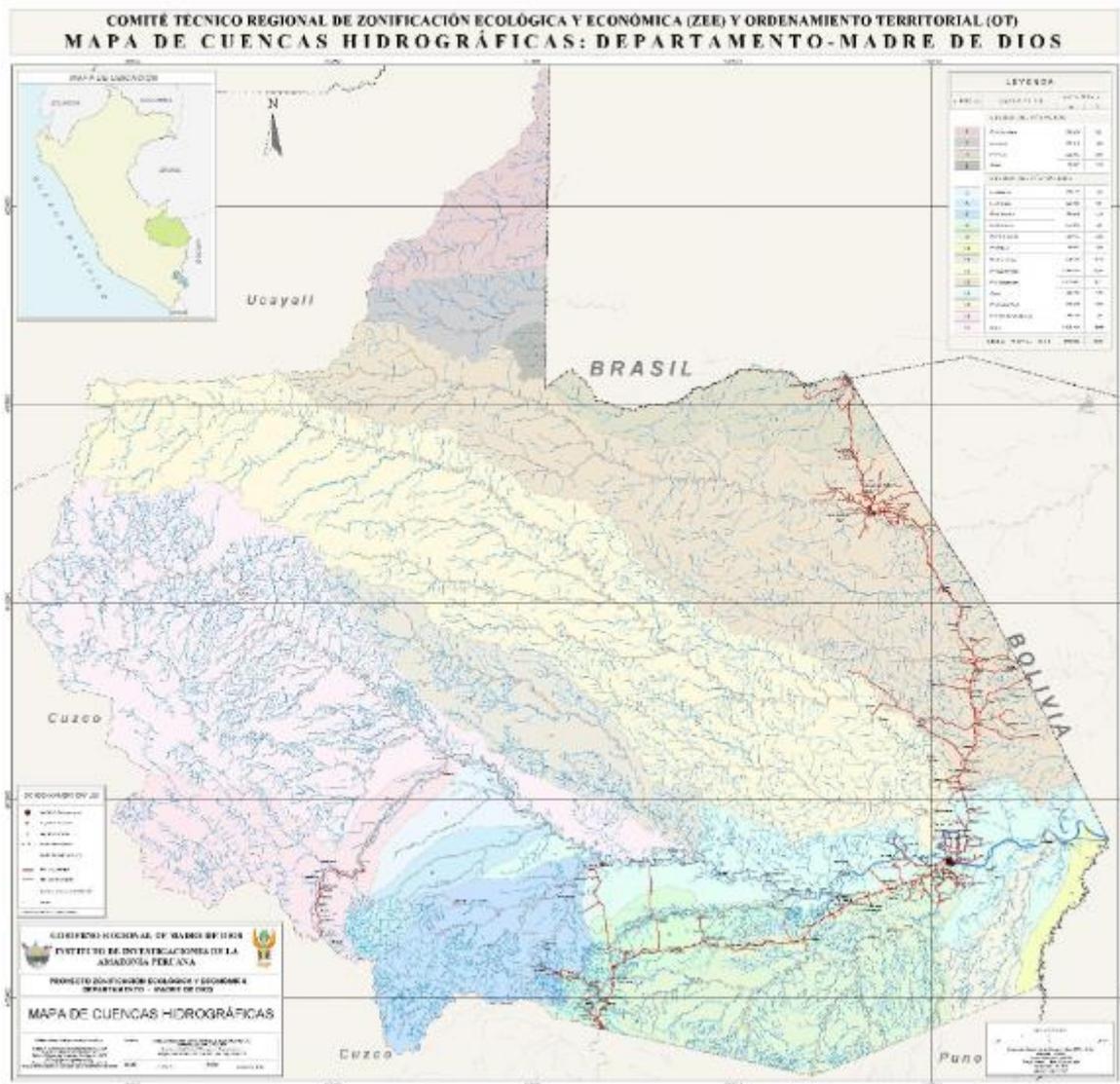
MAPA 05:



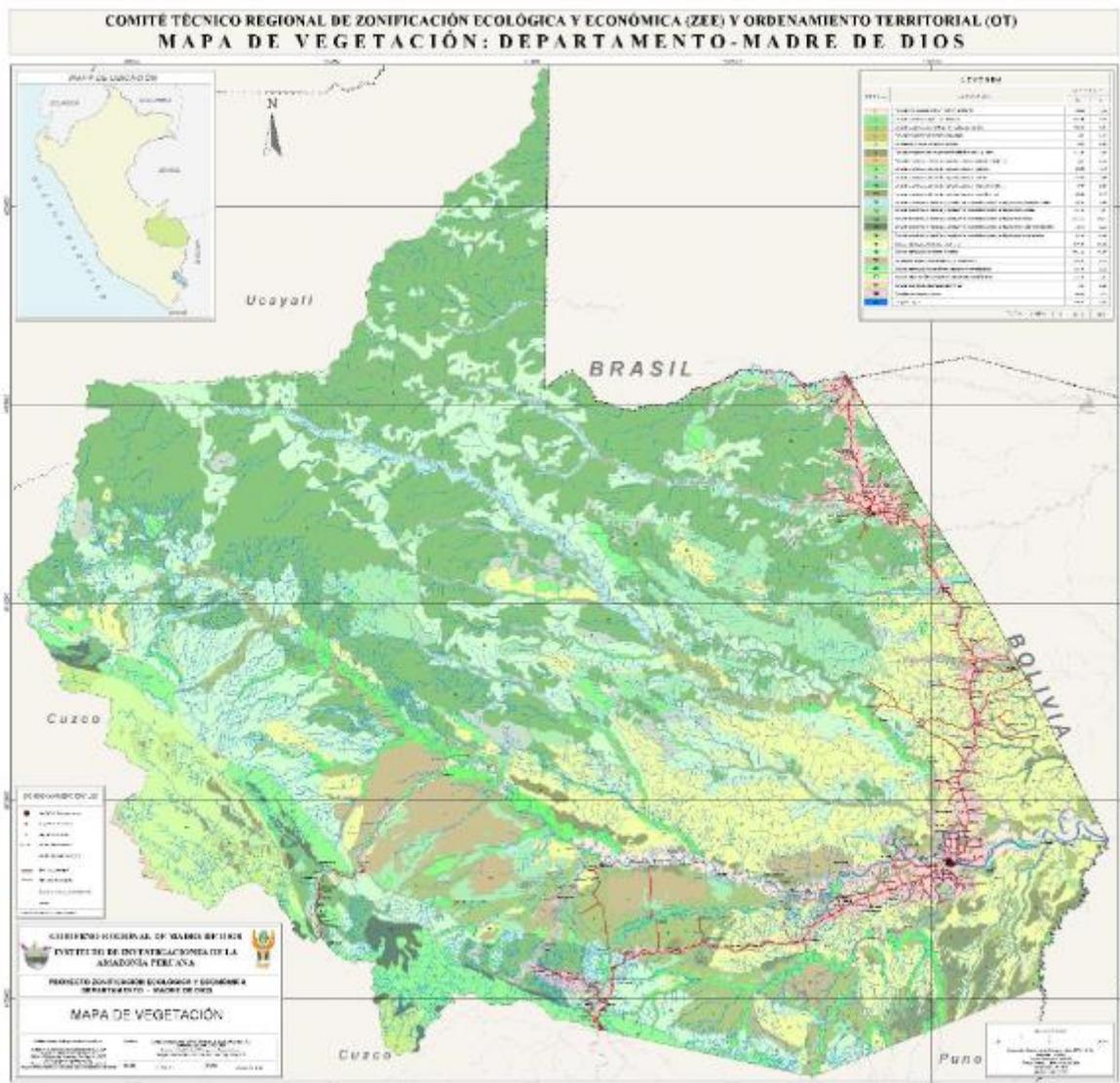
MAPA 07:



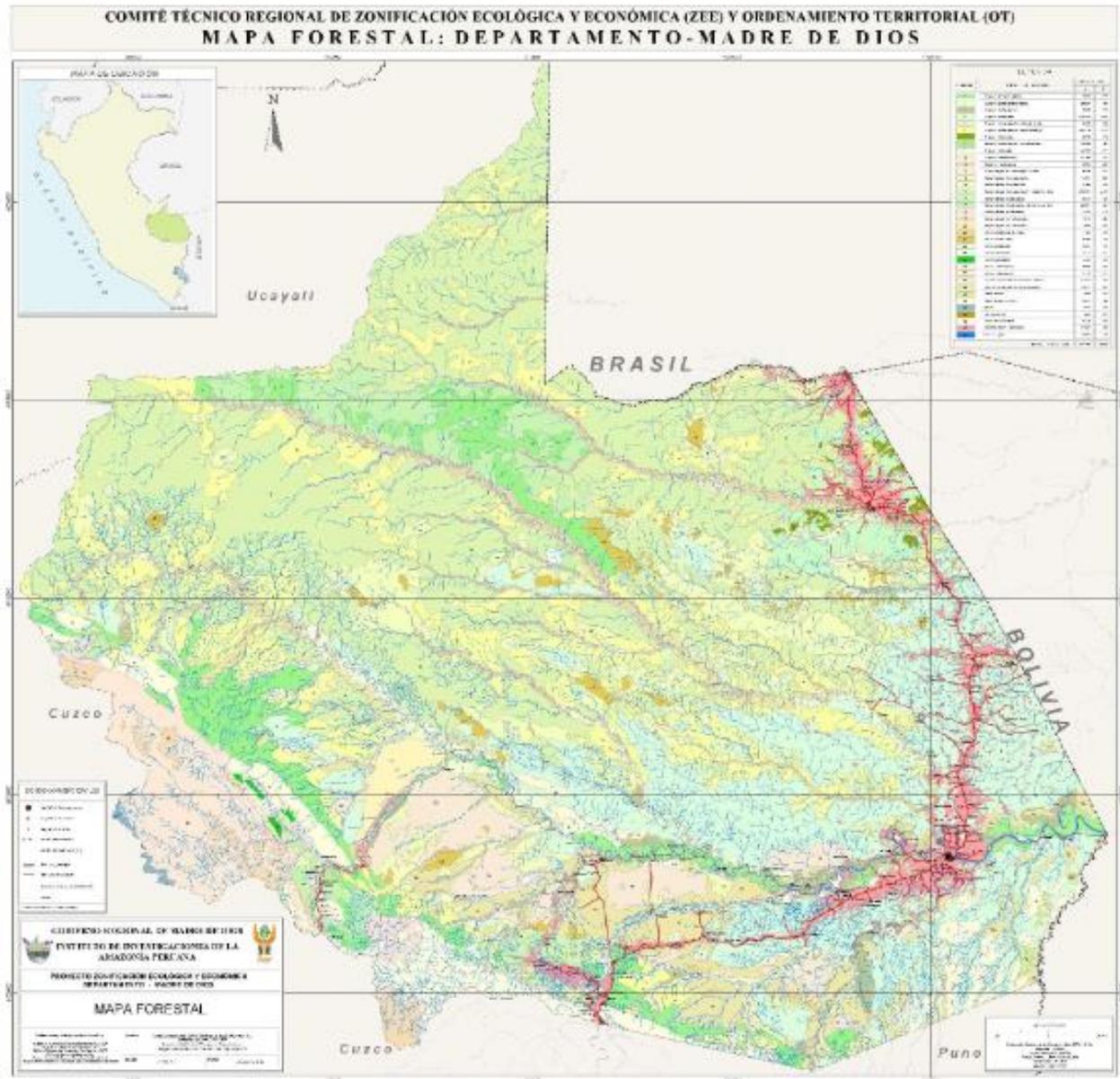
MAPA OB:



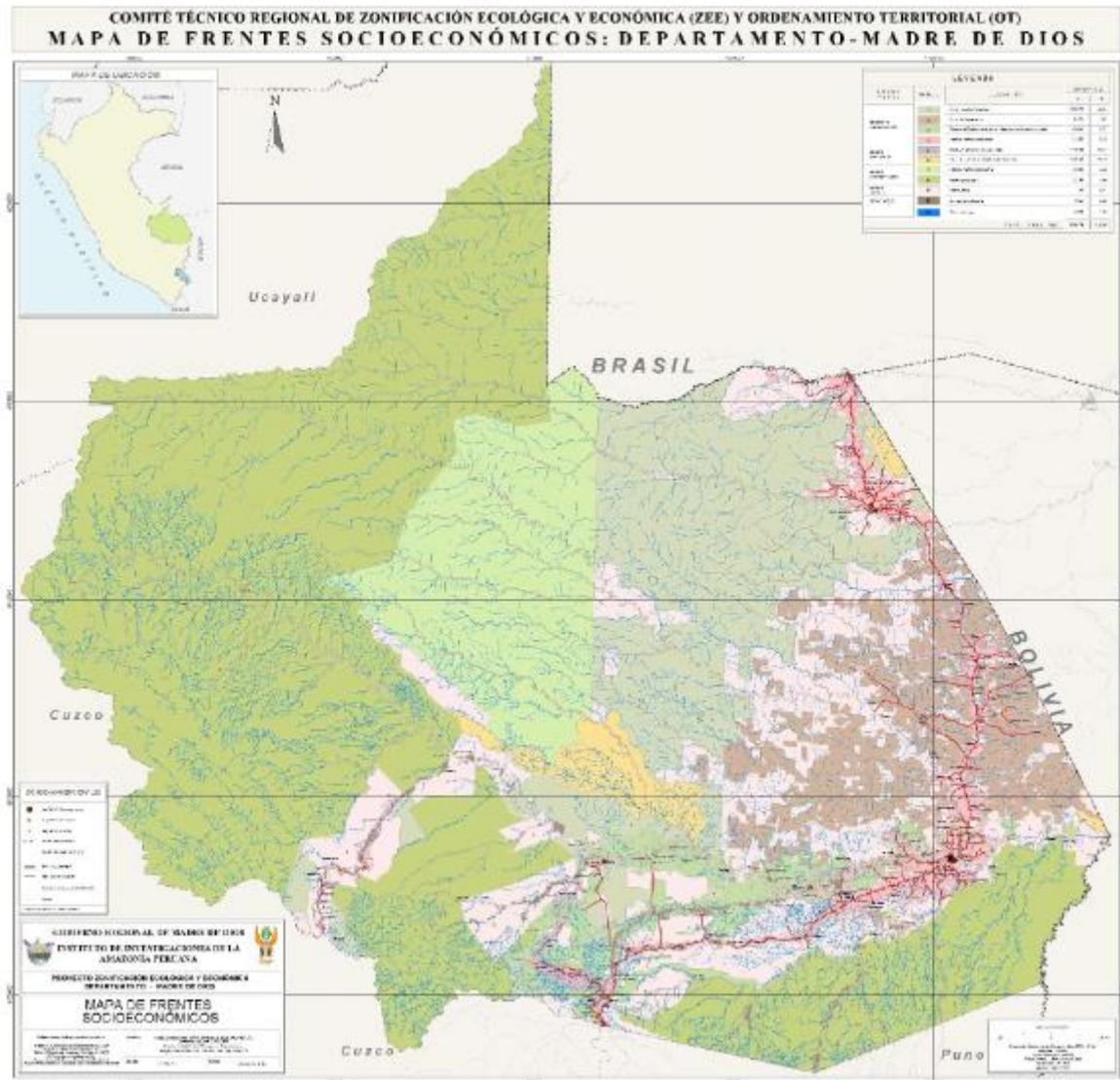
MAPA 09:



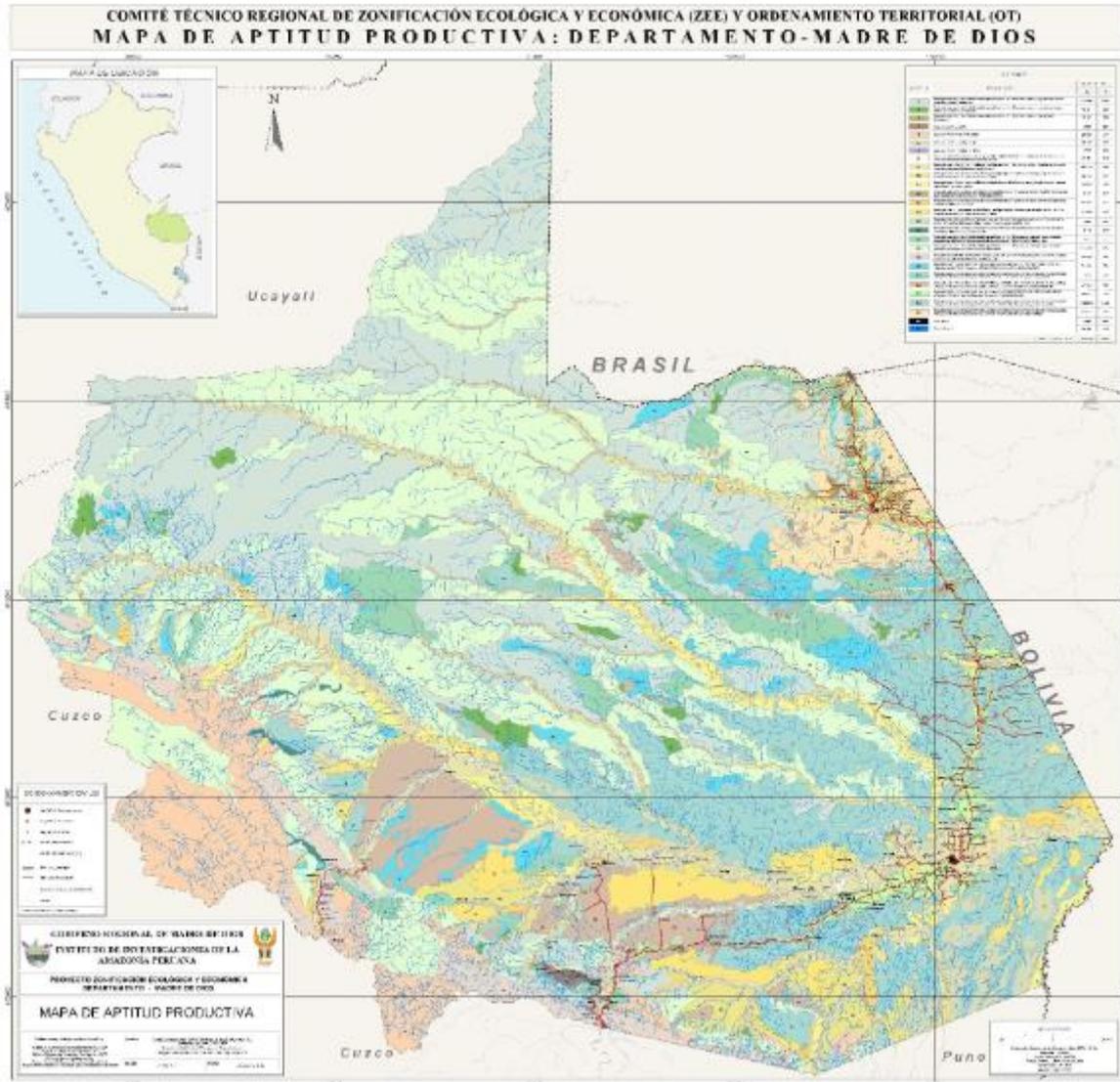
MAPA 10:



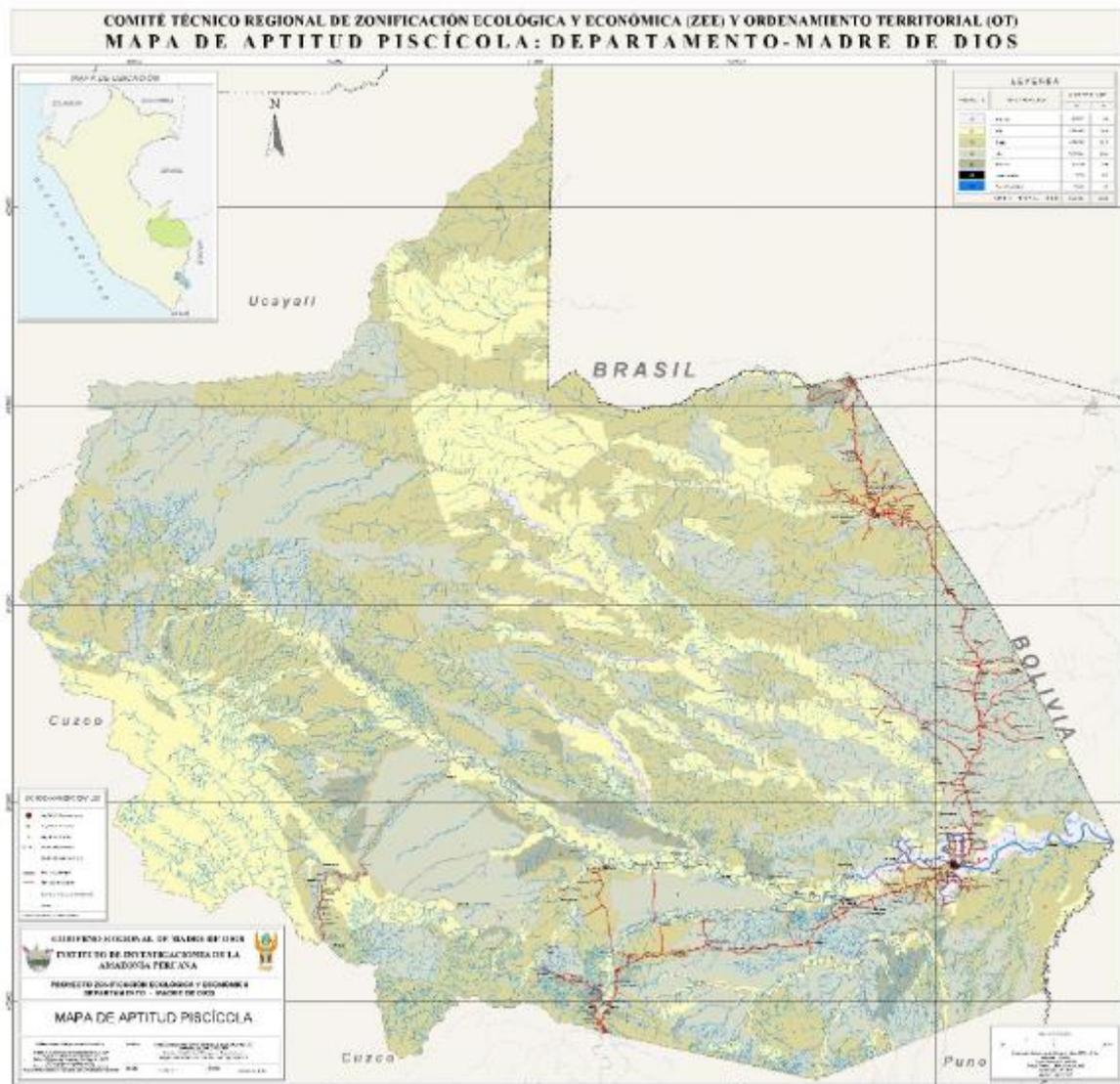
MAPA 12:



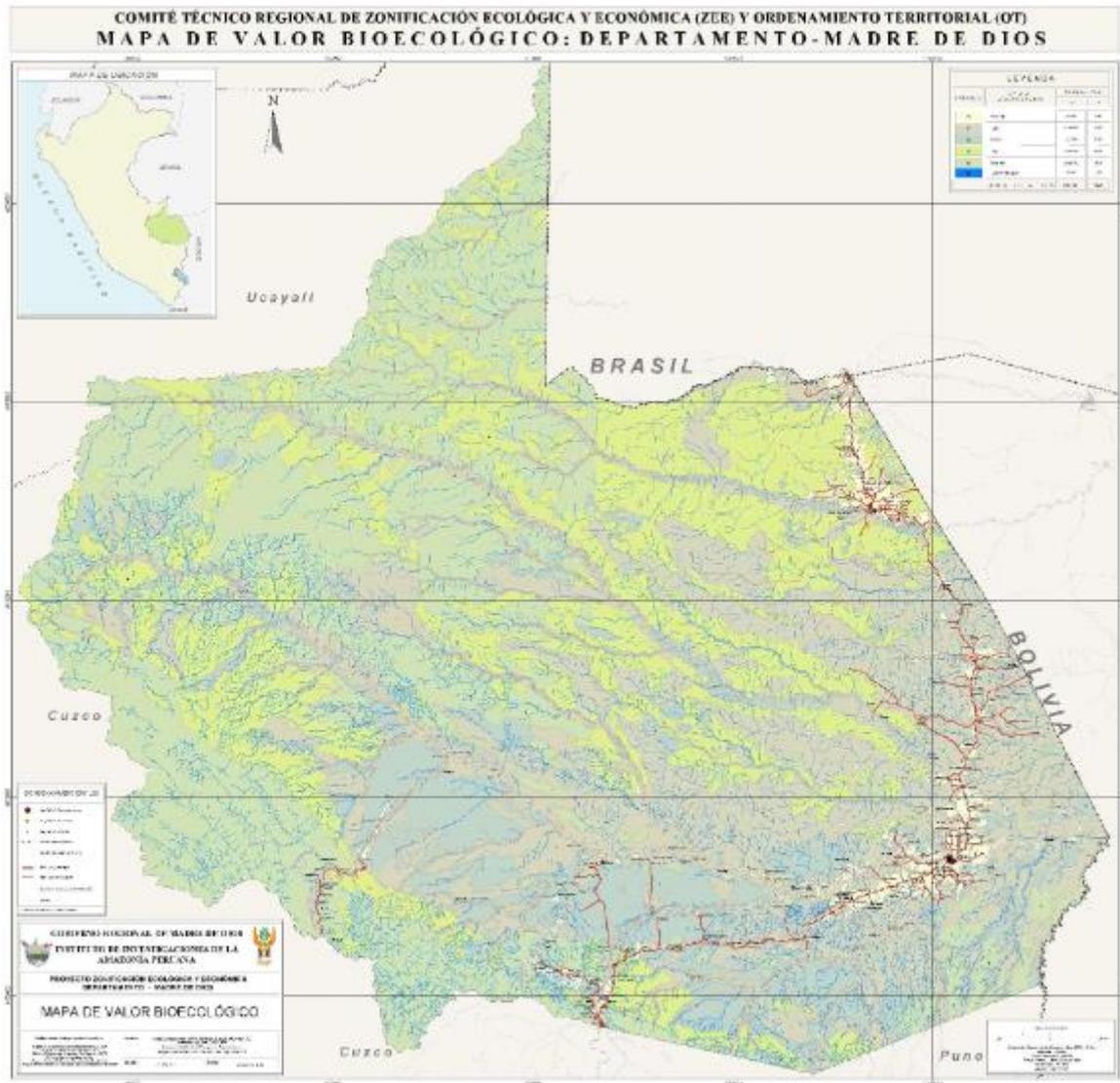
MAPA 14:



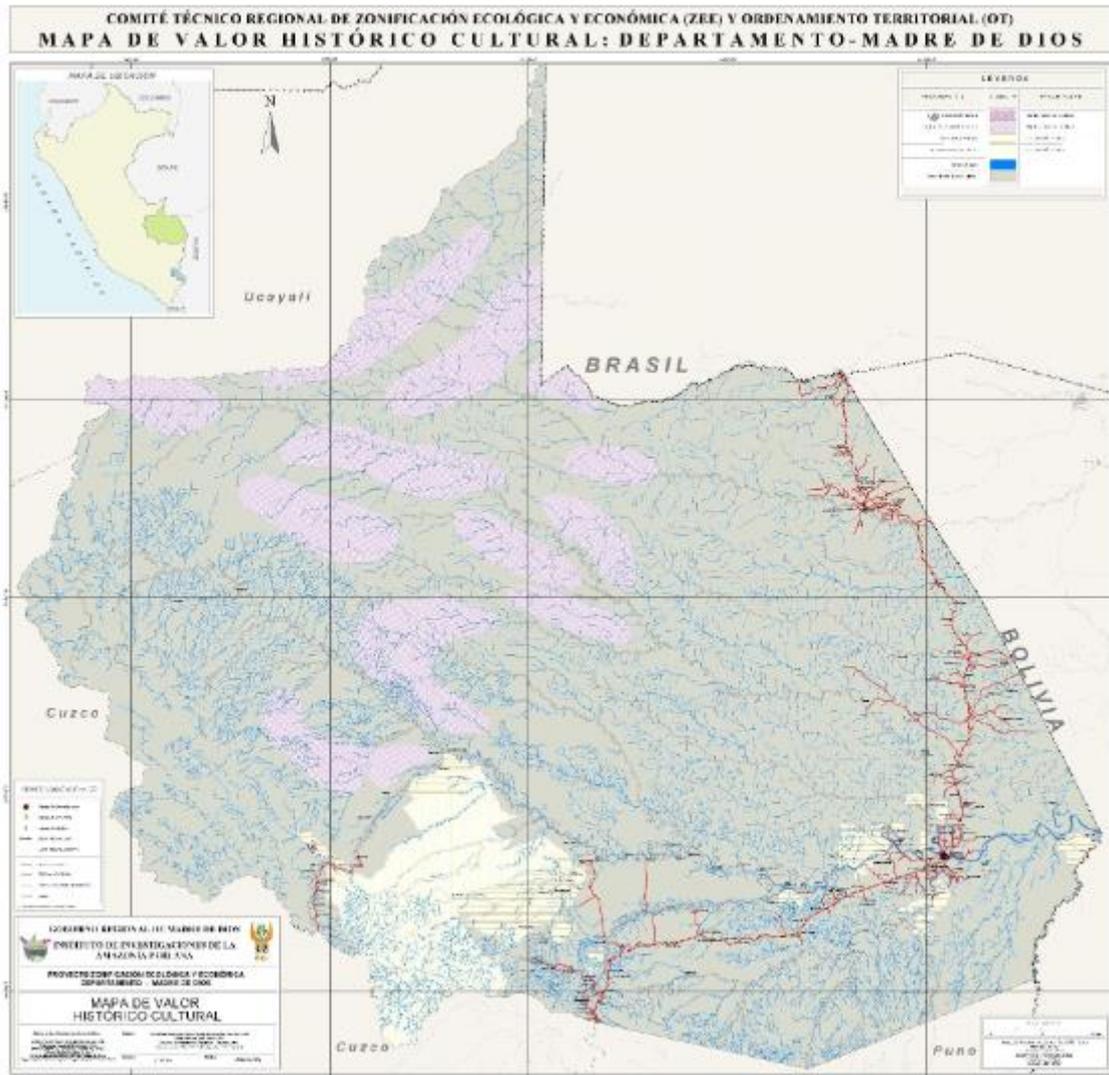
MAPA 15:



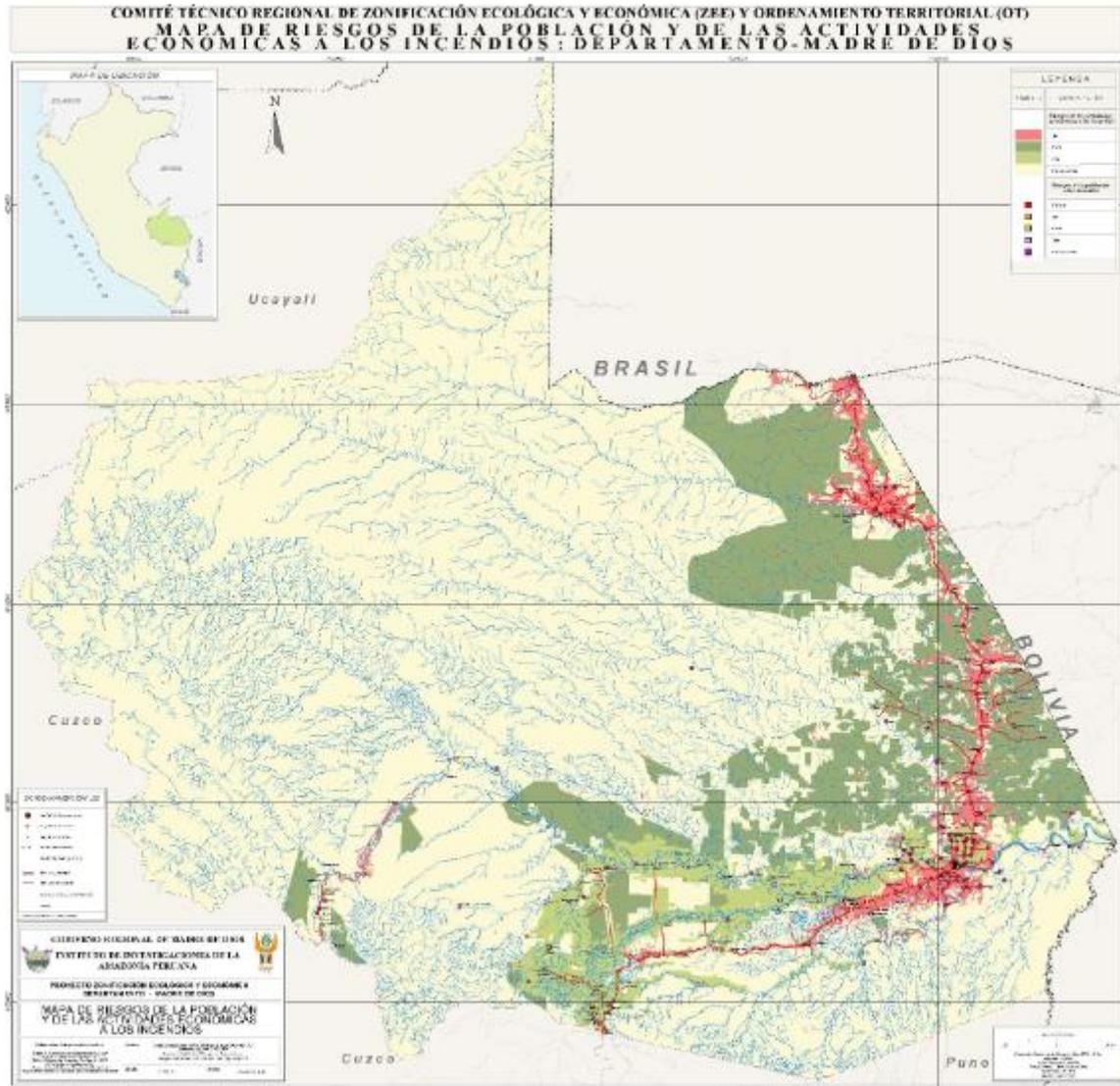
MAPA 16:



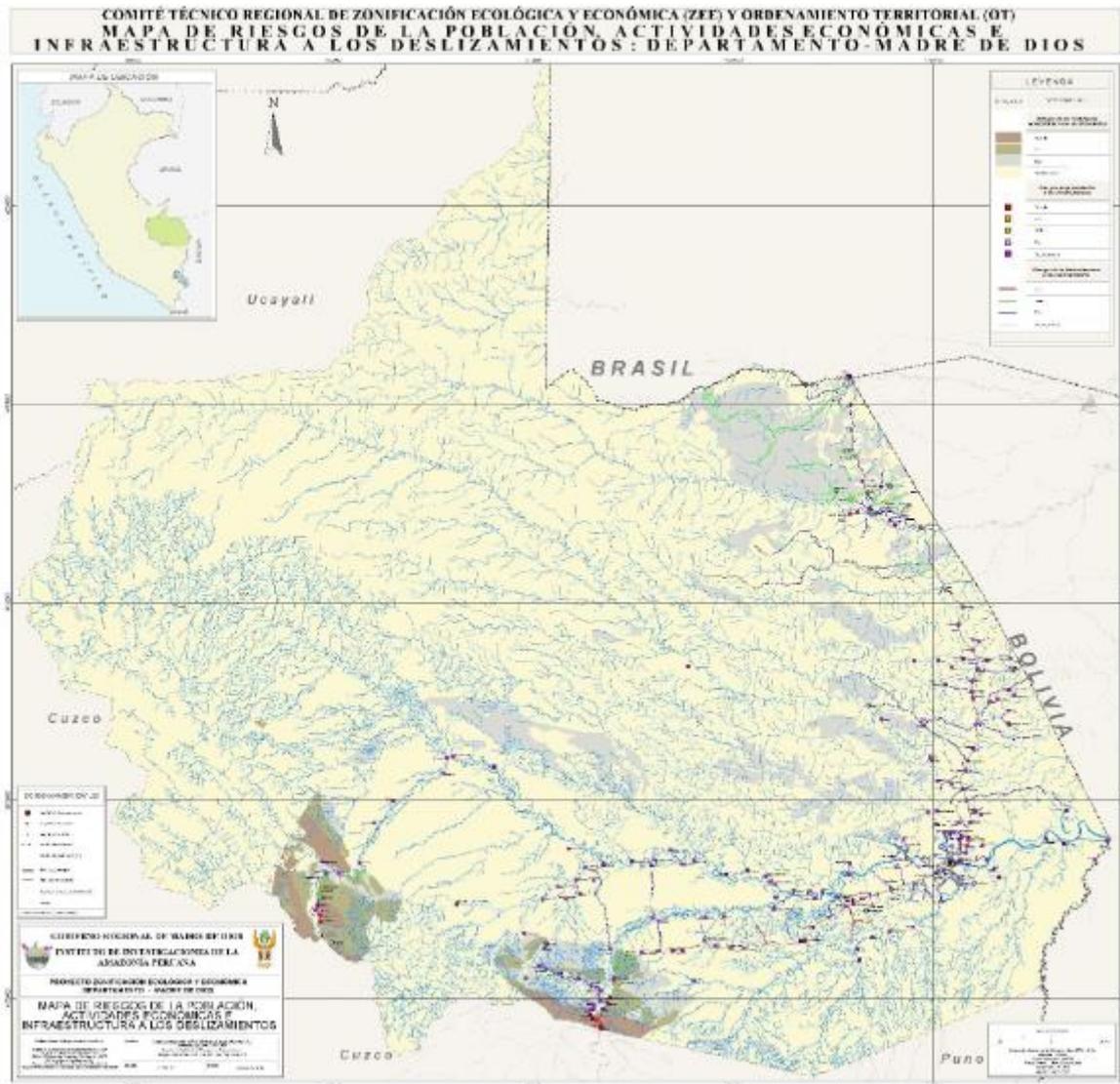
MAPA 17:



MAPA 18_01:



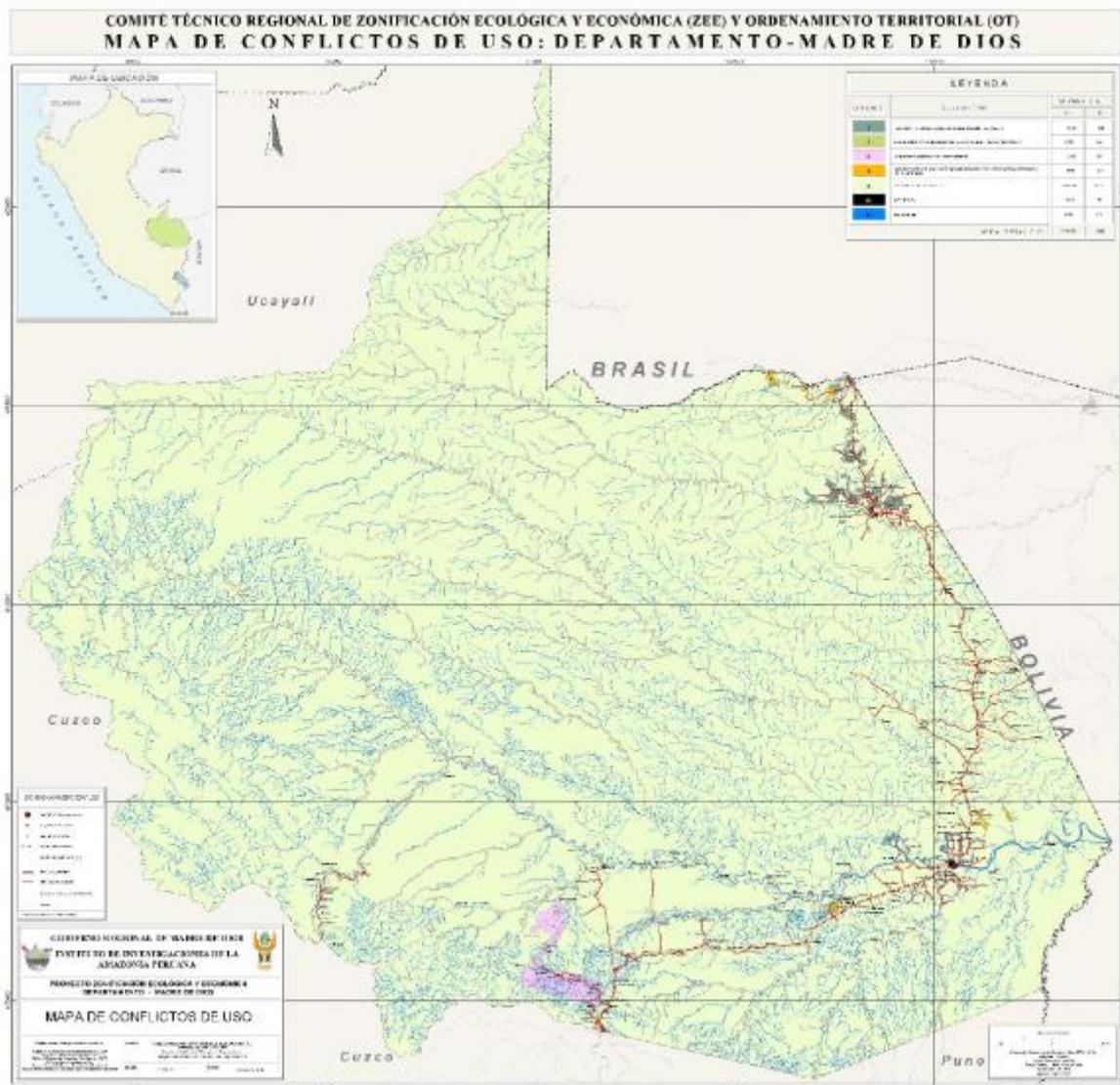
MAPA 18_02:



MAPA 18_03:



MAPA 19:



MAPA 22:

