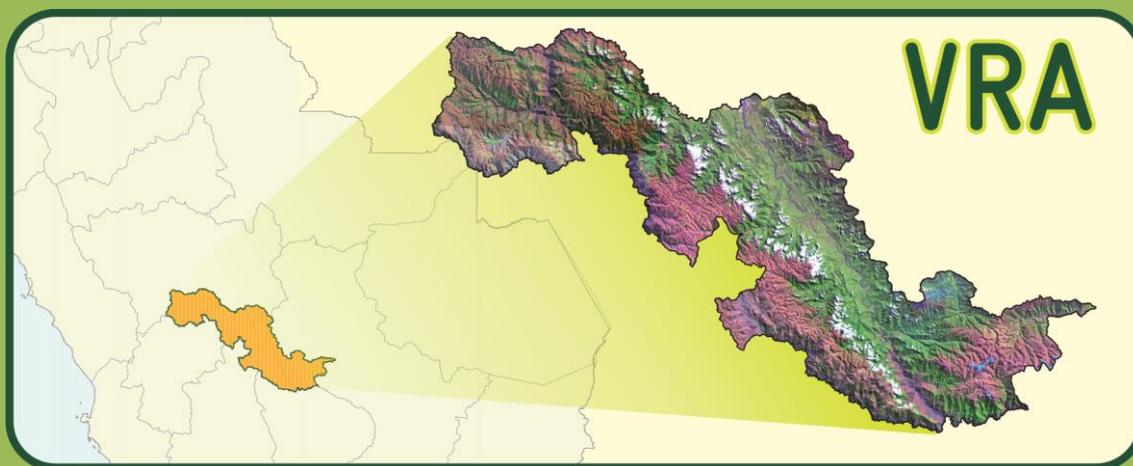


*Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del
Río Apurímac-VRA*

Informe temático

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE SATÉLITE Y MODELAMIENTO ZEE

Lizardo Fachín Malaverri



PERÚ Ministerio del Ambiente



Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac-VRA

Informe temático: **PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE SATÉLITE Y
MODELAMIENTO ZEE**
Lizardo Fachín Malaverri

© Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
Programa de Cambio Climático, Desarrollo Territorial y Ambiente - PROTERRA
Av. José Abelardo Quiñones Km. 2.5
Teléfonos: (+51) (65) 265515 / 265516 Fax: (+51) (65) 265527
www.iiap.org.pe/poa@iiap.org.pe
Iquitos-Perú, 2010

El presente estudio fue financiado con fondos del Plan de Impacto Rápido.

Cita sugerida:

Fachín, L. 2011. Procesamiento de imágenes de satélite y Modelamiento ZEE. Informe Temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos - Perú

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

Contenido

PRESENTACIÓN	4
RESUMEN	5
I. OBJETIVOS	6
1.1. Objetivo general	6
1.2. Objetivos específicos	6
II. MATERIALES Y MÉTODOS	6
2.1. Materiales.....	6
2.1.1. Material Cartográfico.....	6
2.1.2. Material Satelital	8
2.1.3. Equipos y Software	11
2.1.4. Organización de la carpeta matriz	12
2.2. Proceso Metodológico.....	13
III. ESQUEMA METODOLÓGICO	13
3.1. Procesamiento de imágenes de satélite	13
3.1.1. Búsqueda, recopilación y evaluación de datos satelitales.....	13
3.1.2. Mejoramiento de las imágenes	14
3.1.3. Elaboración del mosaico de imágenes de satélite.....	21
3.2. Modelamiento ZEE	23
3.2.1. Acondicionamiento y preparación del material cartográfico base.....	23
3.2.2. Interpretación y digitalización de la información temática	24
3.2.3. Edición y atribución (codificación y descripción).....	25
3.2.4. Composición de mapas.....	27
3.2.5. Modelamiento ZEE	29
IV. CONCLUSIONES	66
V. RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	70

PRESENTACIÓN

El presente estudio ha sido elaborado en el marco del Plan de Impacto Rápido (PIR), adoptado por el Ministerio de Economía y Finanzas, para apoyar las acciones de la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas - DEVIDA, así como de los gobiernos locales y regionales que tienen problemas sociales como son el terrorismo y narcotráfico.

El procesamiento de las imágenes de satélite como insumos para la interpretación y entendimiento del territorio por medio de la observación de las características biofísicas y socioeconómicas, significa hasta cierto punto, el inicio de la elaboración de los datos cartográficos facilitando la caracterización de los diferentes espacios del territorio desde muchas variables como son el físico, biológico y socioeconómico. Estas variables son analizadas y convertidas en mapas temáticos que a su vez son evaluados y analizados para identificar las Zonas Ecológicas y Económicas (ZEE).

Los datos de los mapas temáticos deben ser evaluados utilizando rangos de valor que van de 1,0 a 3,0. El resultado de esta evaluación se hace sobre las Unidades Ecológica Económicas (UEE) y son representados mediante submodelos. Seguidamente, éstos son analizados y mediante un proceso al que llamamos de “exclusión selectiva” se obtiene la propuesta de ZEE, todo este proceso será llamado “Modelamiento ZEE”.

Los temas del Procesamiento de Imágenes de Satélite y el Modelamiento ZEE se han constituido, en muchos procesos, en un inconveniente hasta el punto de ser considerado como una caja negra, debido a que no es muy bien entendido y representado. En esta oportunidad se presenta de manera secuencial y detallada el trato que se aplican a las imágenes antes de ser utilizadas en la interpretación temática, así mismo se describe el proceso metodológico para obtener los mapas en sus diferentes niveles de interpretación con la finalidad de llegar a la propuesta de ZEE; así mismo se genera una matriz de usos sostenible que pueden ser aplicados en el territorio del ámbito del Valle del Río Apurímac - VRA.

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado final de la metodología empleada en el proceso de Zonificación Ecológica y Económica del ámbito del Valle del Río Apurímac - ZEE-VRA, que comprende los departamentos de Ayacucho, Cusco y Huancavelica, utilizando los Sistemas de Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica.

El área en estudio cubre una superficie SIG aproximada de 1 568 202 hectáreas localizadas geográficamente en la cuenca formada por el río Apurímac principalmente, localizado entre los paralelos 12 ° 00' 59,88'' a 13 ° 28' 14,06'' de Latitud Sur y los meridianos 75 ° 08' 20,87'' a 72 ° 52' 14,82'' de Longitud Oeste. En este ámbito geográfico se encuentran diferentes pisos ecológicos de selva alta; con altitudes que van desde 500 a 4 300 m.s.n.m.

Políticamente el ámbito del estudio comprende los departamentos de Ayacucho hacia el Sur Oeste y comprende 02 provincias; La Mar; con 05 distritos (Ayna, Santa Rosa, San Miguel, Anco y Chungui) y la provincia de Huanta con 04 distritos (Ayahuanco, Llochegua, Sivia y Santillana). Hacia el Nor Oeste el departamento de Huancavelica que incluye la provincia de Tayacaja con sus 16 distritos (Acostambo, Daniel Hernandez, Pazos, San Marcos de Rocchac, Acraquia, Pampas, Quishuar, Surcubamba, Ahuaycha, Huachocolpa, Salcabamba, Tintay Puncu, Colcabamba, Huaribamba, Salcahuasi, Ñahuimpuquio) y hacia el Este el departamento de Cusco que incluye la provincia de la Convención con 03 distritos (Quimbiri, Pichari y Vilcabamba).

En la metodología se utiliza imágenes tomadas por satélites y procesadas para que sirvan como elementos de análisis del territorio que incluyen los aspectos biofísicos y socioeconómicos logrando con esto una serie de mapas de diferente temática.

Se exponen las etapas para la generación de datos gráficos espaciales. La metodología se dividió en dos grandes temas de acuerdo a las técnicas empleadas. En el tema relacionado a Sistemas de Teledetección, se aborda los procesos para la recopilación, procesamiento de imágenes de satélite (escenas Landsat TM) y la elaboración de un mosaico a partir de éstas. Este mosaico y las imágenes son utilizados por el Sistema de Información Geográfica - SIG, para hacer la interpretación temática así como el acondicionamiento, preparación, digitalización, edición, codificación y finalmente el Modelamiento ZEE que da como resultado la propuesta de ZEE.

I. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general:

- Acondicionar las imágenes de satélite para su aplicación en la observación, interpretación y análisis del territorio en el ámbito del VRA.
- Elaborar mapas temáticos, submodelos y la propuesta de ZEE.

1.2. Objetivos específicos:

- Preparar imágenes de satélite para la observación, interpretación y análisis del territorio en el ámbito del VRA, mediante el acondicionamiento (correcciones geométricas y radiométricas) y la construcción de un mosaico que permita a los intérpretes tener una visión en conjunto del área de estudio con la finalidad de identificar, delimitar, caracterizar y distribuir las unidades del paisaje de acuerdo al estudio temático.
- Elaborar mapas sobre temas biofísicos y socioeconómicos del área en estudio además de realizar el Modelamiento para obtener la ZEE, apoyado por los Sistemas de Información Geográfica.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

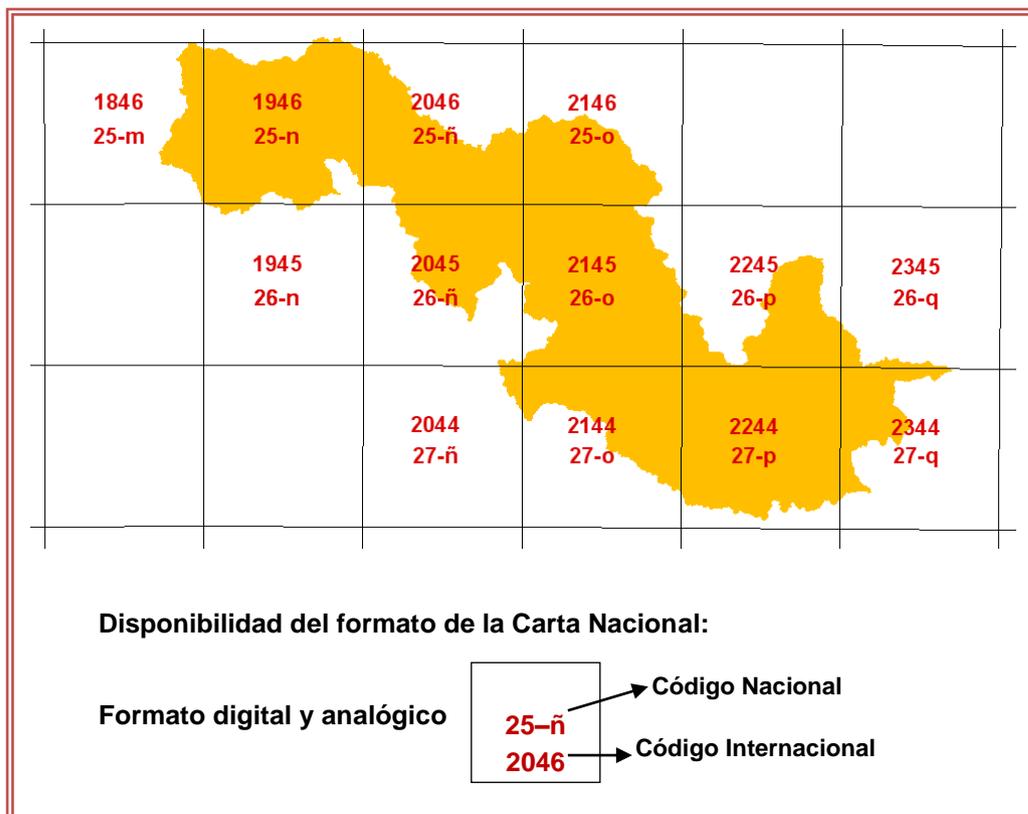
2.1. Materiales

2.1.1. Material Cartográfico

El material base cartográfico es utilizado para varios propósitos, uno de ellos y el más importante es la corrección geométrica de las imágenes. En este proceso se utilizó la cartografía nacional oficial o mapas topográficos del territorio nacional conocido como Carta Nacional elaborado por el Instituto Geográfico Nacional - IGN a escala 1:100 000. Esta cartografía es compilada con información satelital y aerofotográfica de fechas varias y que son constantemente actualizadas.

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

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



Cada hoja de la Carta Nacional presenta algunas características propias las cuales son presentadas en la Tabla N° 01.

Tabla N° 01. Características de las Carta Nacional.

Nro	Carta Nacional 1:100 000			Formato		Proyección
	Código Nacional	Código Internacional	Nombre	Análogo	Digital	WGS84
1	25-m	1846	Huancayo	x	x	x
2	25-n	1946	Pampas	x	x	x
3	25-ñ	2046	Canaire	x	x	x
4	25-o	2146	Llochegua	x	x	x
5	26-n	1945	Huancavelica	x	x	x
6	26-ñ	2045	Huanta	x	x	x
7	26-o	2145	San Francisco	x	x	x
8	26-p	2245	Chuanquiri	x	x	x
9	26-q	2345	Quillabamba	x	x	x
10	27-ñ	2044	Aaycuchupi	x	x	x
11	27-o	2144	San Miguel	x	x	x
12	27-p	2244	Pacaypata	x	x	x
13	27-q	2344	Machupicchu	x	x	x

Los datos digitales de la Carta Nacional es proporcionada, por lo general en formato vectorial *.dxf. Ésta tiene que ser importada a formato *shape* que es el formato compatible con el software utilizado. Cada carpeta que corresponde a una hoja de la Carta Nacional incluye los datos de los temas de curvas de nivel, ríos y quebradas (líneas), lagos e islas (polígonos), cotas y señales (puntos). Algunas hojas contienen datos de la toponimia (nombres de los ríos), los cuales fueron utilizados como referencia para la localización de algunos puntos de interés en la elaboración de los mapas para el trabajo de campo y en algunos casos para los mapas temáticos.

2.1.2. Material Satelital

Se usó imágenes del satélite Landsat de los sensores ETM y TM de las plataformas 7 y 5 respectivamente. Las imágenes son de fechas diferentes y sirvieron como elementos de interpretación visual para elaborar los mapas temáticos.

Se hicieron arreglos a las mismas con la finalidad de mejorar su exactitud geométrica y su apariencia visual. Los arreglos aplicados a cada una de ellas fue el de corrección geométrica o georreferenciación y mejoramiento radiométrico mediante la igualación del histograma.

Las imágenes Landsat TM están constituidas por bandas o canales espectrales (multiespectral); en total siete de ellas las que segmentan al espectro electromagnético. De estas bandas tres pertenecen a la porción del visible (bandas 1,2 y 3), tres a infrarrojo cercano (bandas 4,5 y 7) y uno al infrarrojo lejano o termal (banda 6). La banda 6 se subdivide en dos bandas (bandas 6L y 6H) las que a diferencia de las demás tienen una resolución espacial de 120 metros. Las bandas termales no se utilizaron en este proceso ya que no representan importancia para el tipo de trabajo que se realiza. Además el sensor ETM7 tiene la banda 8 que tiene una resolución espacial de 15 metros. Tampoco se utilizó en este estudio.

Tabla N° 02. Características de las bandas espectrales del sensor TM para Landsat.

Banda 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 esta 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 esta banda, apareciendo bien claras en las imágenes. Presenta sensibilidad a la morfología del terreno, 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.

Las imágenes necesarias para el estudio fueron 4, debido a que son éstas las que cubren el total del ámbito del territorio del VRA.

Tabla N° 03. Lista de imágenes Landsat utilizadas en el estudio.

Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Fecha captura de la imagen	Fuente
Landsat	TM7	005_068	12/08/2001	INPE
Landsat	TM5	005_069	06/07/2008	INPE
Landsat	TM5	006_068	30/06/2009	INPE
Landsat	TM5	006_069	25/05/1990	INPE

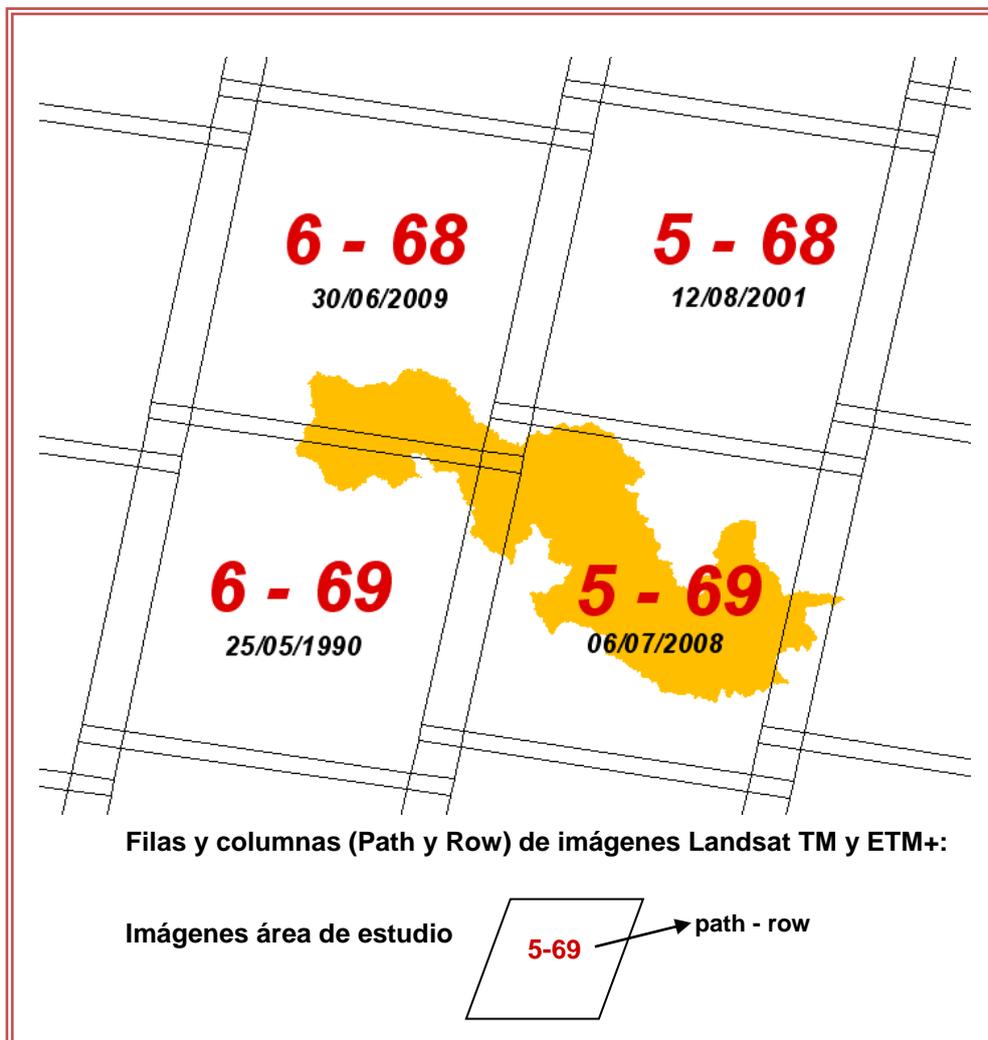
Asimismo, se consideró necesario utilizar imágenes de RADAR con la finalidad de hacer observaciones, evaluación y discriminación de la topografía o formas del relieve. En tal sentido se utilizó la imagen de JERS-1 SAR del año 1995. Esta imagen presenta una banda espectral (pancromática) con una resolución espacial de 100 metros.

Tabla N° 04. Características de la imagen de RADAR JERS-1 SAR.

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

Las imágenes Landsat, son distribuidas en escenas y con las bandas espectrales separadas. La nomenclatura o nombre que se le asigna a cada una de ellas corresponde a la órbita helio sincrónica que tienen éstos y al punto de referencia a la línea ecuatorial. El punto de intersección es denominado órbita/punto y está catalogado con números (Figura N° 02). Estas escenas cubren una superficie de territorio aproximada de 185x185 kilómetros. La manera más frecuente de designar a estas imágenes es indicando la órbita/punto, el satélite, el sensor y la fecha (año/mes/día). Ej. **p005r068_5t_20080706**; donde p005 es la órbita, r068 es el punto, 5t se refiere al sensor Landsat TM5 y la fecha de captura de la imagen que es el 06 de julio de 2008.

Figura N° 02. Índice de imágenes Landsat TM (escenas) usadas en la interpretación visual y en la elaboración del mosaico.



2.1.3. Equipos y Software

En el tema 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 los procesos de ZEE se necesita avanzar en este sentido, debido a que la generación de información tiene detrás grandes volúmenes de datos, los cuales son 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 utilizó software y equipos de última generación:

- *Software:*
 ERDAS IMAGINE v9.2 (Procesamiento digital de imágenes de satélite)
 ArcViewGIS v3.3 (Digitalización, acondicionamiento y codificación de vectores)
 ArcGIS 10 (Operaciones de acondicionamiento cartográfico)
 Map Source v.6.0 (Colecta de datos de campo con GPS)
 Office 2010 (Procesador de textos y tablas)
- *Equipos informáticos*
 01 PC Pentium IV
 Tablero digitalizador DrawingBoard III Calcom
 Plotter Hewlett Packard - DesignJet 1055CM
 GPS Garmin V y MAP 60

2.1.4. Organización de la carpeta matriz

En el proceso de generación de los datos, es decir, en el procesamiento digital de imágenes de satélite y la elaboración de cartografía temática; se generan muchos archivos, los cuales tienen que llevar un orden lógico y organizado en carpetas. Estas carpetas almacenan estos archivos de diferentes formatos y de diferentes medios o fuentes. Debido a este hecho se ha diseñado una estructura muy simple del árbol de directorios del proyecto.

La interface que utilizan los programas Erdas Imagine, ArcGIS y ArcViewGIS para generar las composiciones (mapas), utilizan archivos con extensiones *.map, *.mxd y *.apr respectivamente. Estos archivos tienen la particularidad de recuperar los datos (*.shp, *.img, *.jpg, *.tif, entre otros) que generan las composiciones directamente de la ruta donde éstos son almacenados. En consecuencia y debido a las características propias del trabajo, la creación de archivos es constante así como su almacenamiento, en tal sentido se creó una carpeta matriz la que a su vez contiene subcarpetas que contienen los archivos generados en el proyecto.

Tabla Nº 05. Estructura de la Carpeta Matriz: ZEE_VRA.

Carpetas	Contenido de las carpetas	Formato de archivos
APR	Composiciones de los mapas en ArcViewGIS	*.apr
MXD	Composición de los mapas en ArcGIS	*.mxd
AVL	Paleta de colores de las leyendas	*.avl
COVERS	Coberturas Arcos y Shapes	*.shp, arcos, *.dxf
DBF-TXT	Bases de datos y archivos de texto	*.dbf, *.xls, *.doc
IMG	Imágenes de satélite	*.img, *.tiff, *.fst
JPG	Fotografías	*.jpg, *.tiff, *.bmp
LOGOS	Logos institucionales	*.jpg, *.tiff

2.2. Proceso Metodológico

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

- Procesamiento de imágenes de satélite
- Modelamiento ZEE

Se tuvo en cuenta que durante el proceso metodológico existen ciertas 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 del proceso metodológico son presentadas de manera gráfica a través del uso de figuras y de manera textual a través de la descripción secuencial de los procesos, de manera que pueda ser entendible y replicable por el interesado y utilizado para otros trabajos similares.

III. ESQUEMA METODOLÓGICO

La organización en la secuencia de los procesos es una característica importante que se debe seguir desde un inicio ya que ésta permitirá al especialista SIG y los especialistas temáticos poder desarrollar una labor adecuada. Esta organización no solamente en las carpetas y archivo, sino también en las actividades es importante ya que algunos mapas son insumos de otros; tal es caso de que los submodelos (Mapas de evaluación de la Unidades Ecológicas Económicas - UEE) son construidos a partir de los mapas temáticos que tienen como atributos las variables físicas, biológicas y socioeconómicas).

Por consiguiente y con la finalidad de designar una expresión apropiada a todo este proceso técnico, se ha visto conveniente usar el término:

“**Modelamiento ZEE**”, que viene a ser la aplicación de herramientas geo informáticas en la construcción de la Zonificación Ecológica y Económica, con la finalidad de representar las potencialidades y limitaciones del territorio en estudio y sugerir alternativas de uso sostenible.

3.1. Procesamiento de imágenes de satélite

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 o proveedores, en el ámbito nacional así como a través de la Internet (Internacional). También se hizo la búsqueda en los archivos almacenados en el IIAP, de donde se seleccionó la imagen de RADAR, Jers 1 - SAR de 1995.

TIFF o GeoTIFF es el formato más común para descargar imágenes de los proveedores además que lo distribuyen de manera comprimida (WinZip). Este formato, debe ser exportado al formato *.img que es el formato matriz de Erdas Imagine.

Para evaluar las imágenes se tuvo en cuenta los tipos de satélites y sensores desde el punto de vista de sus características espaciales, espectrales, radiométricas, entre otras, de importancia y útiles para el proyecto (Meso Zonificación).

Siguiendo este contexto se buscó, evaluó y recopiló imágenes de la plataforma Landsat, por ser ésta la que mejor se ajusta a las necesidades del proyecto y además por estar disponibles en la Internet a precios relativamente asequibles (en algunos casos de manera gratuita). Las imágenes utilizadas en el proyecto fueron adquiridas al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) del Brasil en la dirección electrónica: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> Anexo N° 1.

La características de estas imágenes se ajustan al análisis visual aplicado en el estudio debido a que tienen una resolución espacial de 30x30; es decir, se puede trabajar hasta una escala de 1:80 000. (El estudio se trabajó a 1:100 000).

Además en la selección de las imágenes se consideró el bajo porcentaje de nubes que cubren la escena (imagen de 185 x 185 km²), siendo el 10% el más adecuado, pues de lo contrario la interpretación visual se vería limitada enormemente. Cabe indicar, que en esta zona geográfica de Amazonía peruana (ámbito de selva alta) las condiciones climáticas no siempre son las más óptimas y por lo general las nubes son una constante, imposibilitando la interpretación visual.

Otra característica evaluada en el uso de imágenes es la resolución espectral ya que ésta permitirá manipular las bandas de tal manera que se pueda hacer las mejores combinaciones con la finalidad de discriminar los elementos de la superficie que se desea interpretar.

3.1.2. Mejoramiento de las imágenes

Este proceso se concibe como aquellas operaciones que permiten mejoras en las imágenes de satélite con la finalidad de realzar su apariencia visual y su corrección geométrica para obtener datos útiles en el análisis y la generación de información temática. No siempre las imágenes adquiridas tienen la mejor presentación o aspecto visual para el trabajo de interpretación, es por ello necesario aplicar ciertas operaciones para corregirlas.

Las imágenes por lo general son suministradas, por los proveedores, en formatos crudos (raw image) o en algunos casos con ciertas correcciones básicas. Estas imágenes tienen que ser validadas y corregidas con la cartografía base del territorio nacional para ello se utiliza la cartografía de la Carta Nacional.

Al momento de descargar las imágenes de los servidores, las bandas espectrales vienen por separado y en un formato comprimido. Se debe descargar y luego descomprimir estos archivos individuales para luego ser unidos y tener la imagen multiespectral completa y funcional para la combinación de bandas.

Se utilizaron todas las bandas espectrales de cada imagen, es decir las bandas 1,2,3,4,5 y 7. Para la construcción del mosaico se utilizó solamente 3 bandas la que corresponde a los canales 543-RGB.

Esta selección se hizo considerando que las características espectrales de la banda 3 (0,63 a 0,69 micrones) puede ser absorbida por la clorofila, muy útil para la clasificación de la cobertura vegetal, esta banda pertenece al grupo de las visibles. La banda 4 (0,76 a 0,90 micrones), es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación, principalmente, de cuerpos de agua. Finalmente la banda 5 (1,55 a 1,75 micrones) puede discriminar el contenido de humedad de la vegetación y del suelo. Estas dos últimas bandas pertenecen al grupo de las infrarrojas cercanas (Tabla N° 02).

Se hicieron algunas pruebas en cuanto a combinación de bandas espectrales con la finalidad de observar la apariencia visual en ciertos rangos del espectro. Se hizo dos combinaciones como prueba para observar las características en cuanto a tonalidad y manifestación de colores. Las bandas se combinaron teniendo en cuenta los cañones o colores que presentan los programas Red, Green y Blue o RGB.

Las combinaciones tratadas fueron 453-RGB y 543-RGB. En estas combinaciones se puede tener una visión de pseudo color, lo que significa que los colores naturales de las características del paisaje no son los reales, pero éstos son completamente perceptibles y diferenciables al momento de discriminar para caracterizar los elementos del paisaje. Estas combinaciones de bandas son comúnmente usadas para estudios de vegetación aunque también son utilizados en la caracterización de geología, geomorfología, suelos, uso actual, entre otros.

La imagen de RADAR tiene solamente una banda espectral, es decir, que se considera a ésta una imagen pancromática (tonalidades que van del blanco al negro pasando por una tonalidad de grises). Esta imagen se utilizó para los estudios de geología, geomorfología y fisiografía (topografía y relieve).

Todas estas imágenes después de haber sido transformadas al formato adecuado (*.img) se prepararon para ser corregidas geométricamente (georreferenciadas) y mejoradas radiométricamente.

GEORREFERENCIACIÓN:

La georreferenciación de las imágenes de satélite constituye el proceso más importante en el procesamiento de imágenes. Las imágenes deben estar correctamente localizadas en un mismo espacio geográfico para que, al momento de hacer el empalme de las mismas, no exista desplazamiento una respecto a otra y el área de traslape tenga continuidad de imagen a imagen. Esto se aprecia fácilmente en la hidrografía, vías de comunicación (carreteras), cadena de montañas, entre otros aspectos que presentan características lineales.

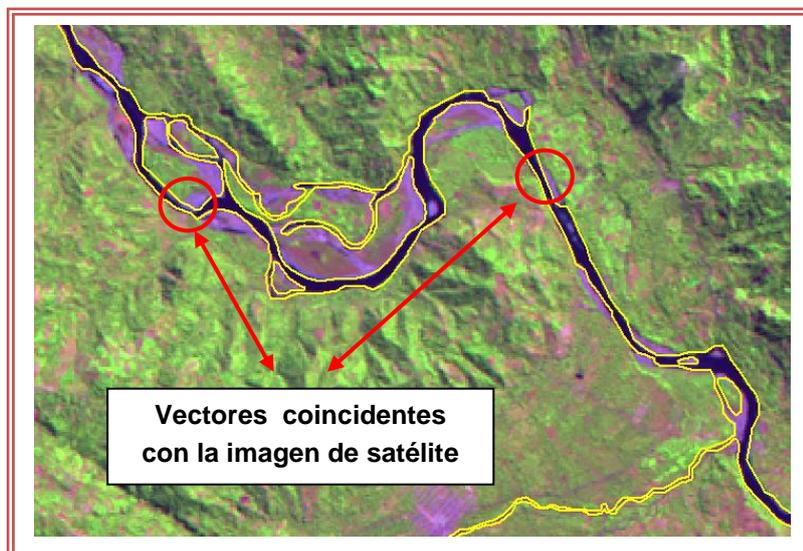
Existen cuatro procesos de georreferenciación; a) imagen a imagen, b) cartografía digital a imagen c) cartografía analógica a imagen y d) datos GPS a imagen. En el primer caso la corrección se hace con una imagen que cuenta con un sistema de proyección. En el segundo caso se utiliza la cartografía digital transfiriendo los Puntos de Control Terrestre (GCP) a la imagen sin proyección (imagen cruda). El tercer caso es similar al segundo excepto que en este caso se utiliza la cartografía de la Carta Nacional para localizar los GCP. Finalmente en el cuarto caso se utilizan datos colectados con los GPS para determinar los GCP que serán usados para la corrección de la imagen, por lo general este tipo de corrección se aplica a imágenes de alta resolución y que cubren un espacio relativamente pequeño.

En el IIAP se cuenta con la cartografía en formato digital motivo por el cual el segundo caso fue el utilizado para la corrección geométrica; es decir, las imágenes se corrigieron utilizando los mapas topográficos de la Carta Nacional en formato digital (vectores de la red hidrográfica en formato *shape*). Las imágenes de archivo sirvieron para la validación de la corrección.

Se tuvo en cuenta la ubicación de 10 a 20 GCP como mínimo y 40 como máximo, 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. Todo esto se hizo tratando de que los GCP se distribuyan homogéneamente en toda la imagen.

El tamaño de píxel (resolución espacial) de 30x30 metros y un RMS (Root Mean Square) o Error Medio Cuadrático de 0,1 a 0,2 píxel fue una constante que se tuvo presente en el proceso de georreferenciación. Es propicio mencionar que el error debe ser mínimo de lo contrario el desplazamiento de la imagen es evidente lo cual se observa al momento de hacer el empalme con otra imagen adyacente. Para hacer la verificación del resultado de la corrección se utilizó la cartografía de la Carta Nacional sobreponiéndola con la imagen corregida. Figura N° 02.

Figura N° 03. 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 fue la más adecuada, es así que se tuvo que hacer nuevamente la corrección hasta que la coincidencia de ambas (vector y raster) sea la más precisa. Este proceso puede tardar muchas horas y va a depender del criterio del especialista para determinar cuándo la imagen está correctamente corregida. Este no es el caso pero se puede presentar algunos inconvenientes cuando se trata de imágenes que están en zonas de transición entre selva alta y selva baja, pues la estructura del relieve (relativamente plano y rugoso) son factores que pueden interferir en la aplicación del modelo de corrección y por consiguiente en el resultado.

Puede que la coincidencia en el área de empalmen no se logre adecuadamente, esto se debe también a que la fuente empleada en la elaboración de la base cartográfica es producto de la interpretación de imágenes muy antiguas respecto a la que se está corrigiendo. En este caso se observa diferencias en la hidrografía (ríos polígonos) debido a que en esta parte de Amazonía la dinámica fluvial es muy cambiante, en este caso se tiene que considerar los vectores ríos líneas para hacer el acondicionamiento cartográfico.

Utilizando el software Erdas Imagine y mediante el modelo Polinomial de orden 1 y 2 se hizo la georreferenciación. El modelo de orden 1 sirve mucho para zonas de topografía relativamente plana y no muy rugosa para lo cual el de orden 2 es el más adecuado.

Las imágenes fueron corregidas teniendo en cuenta de no exceder un error medio cuadrático (RMS) mayor a 1,0 es decir que no se exceda un pixel. Además se usó un promedio de 15 a 20 GCP visibles y comparables en ambas imágenes. Tabla N° 06.

Tabla N° 06. Fuente de datos para la georreferenciación.

geo (wgs84_18S)	GCP	RMS
005068_7t_20010812.img	15	1,47
005069_5t_20080706.img	15	1,53
006068_5t_20090630.img	20	1,81
006069_5t_19900525.img	20	1,50

El sistema de proyección utilizado en el proceso de corrección geométrica es el que se muestra en la Tabla N° 07.

Tabla N° 07. Sistema de proyección usado en la georreferenciación de las imágenes de satélite.

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

MEJORAMIENTO RADIOMÉTRICO

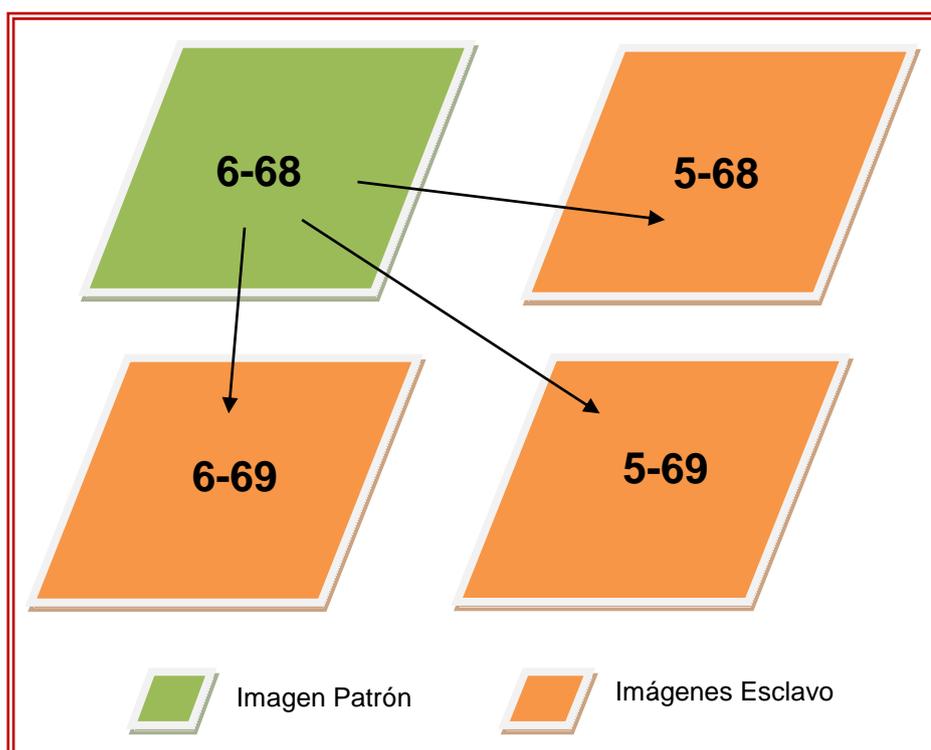
El mejoramiento radiométrico se hace sobre los valores digitales de las imágenes y estos permiten una mejor apariencia visual a la misma de tal manera que la interpretación pueda ser la más óptima.

Previo a la construcción del mosaico de imágenes éstas tuvieron que ser mejoradas en términos de apariencia visual (radiometría). Este proceso se aplicó a cada escena. Este mejoramiento permite que el mosaico tenga una apariencia casi homogénea y de continuidad de las imágenes en términos radiométricos (tonalidad y color). Se emplearon algunos algoritmos sugeridos por el software Erdas Imagine que consistió en la igualación del histograma (matching histogram).

El proceso de mejoramiento se hace teniendo en cuenta una imagen base o también conocida como imagen “patrón” con características visuales adecuadas (especialmente la radiometría). El algoritmo empleado permitió igualar los histogramas de dos imágenes mediante una operación matemática en la *lookuptable*, la cual sirvió como una función de igualamiento del histograma respecto a otro de referencia. Este procedimiento tuvo una secuencia y fue realizado a cada banda espectral de cada escena.

La secuencia de imagen patrón e imágenes esclavo para cada mosaico se indican a continuación mediante un esquema gráfico el cual tiene una secuencia lógica. Es decir, en el gráfico la imagen verde es la que originalmente se consideró con las características visuales (radiometría) más adecuada para tomarla como “patrón”. Se hizo la igualación del histograma con la figura verde. Con este resultado se procedió seguidamente a tomar las demás imágenes como “Esclavos”.

Figura N° 04. Imagen de referencia (patrón) para corrección radiométrica de otras imágenes (esclavo).



En la Figura N° 05 se indica el proceso seguido para ejecutar el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) a través de un flujograma de operaciones.

Figura N° 05. Diagrama de flujo para ejecutar el mejoramiento radiométrico según Erdas Imagine.



Figura N° 06. Escena sin corrección radiométrica.

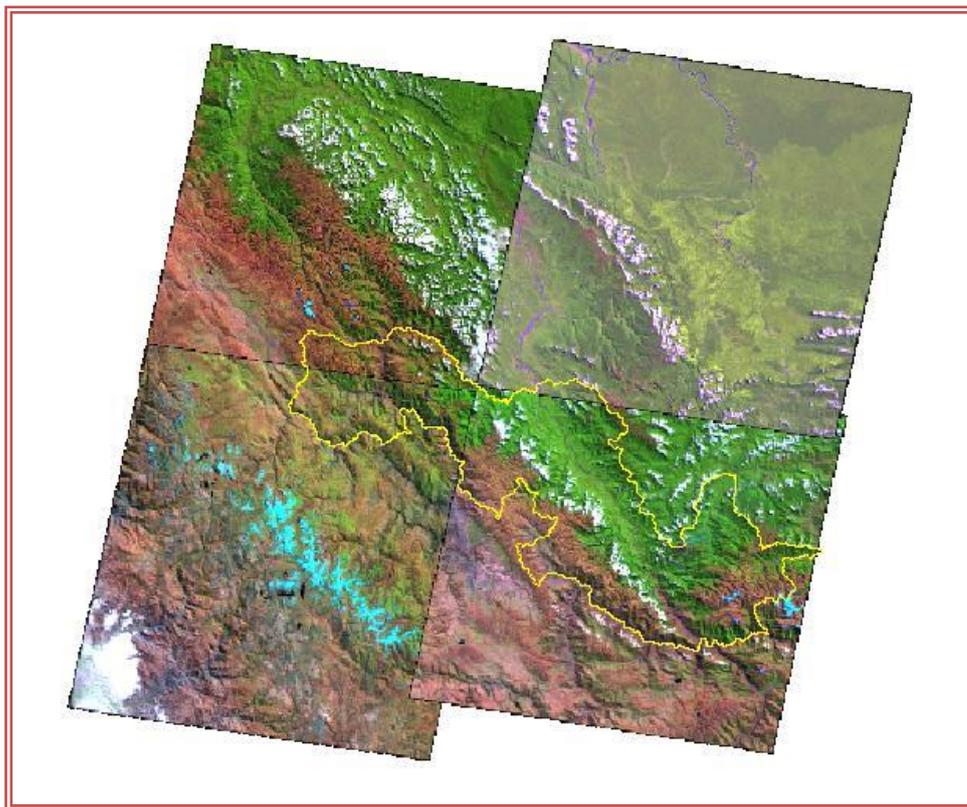
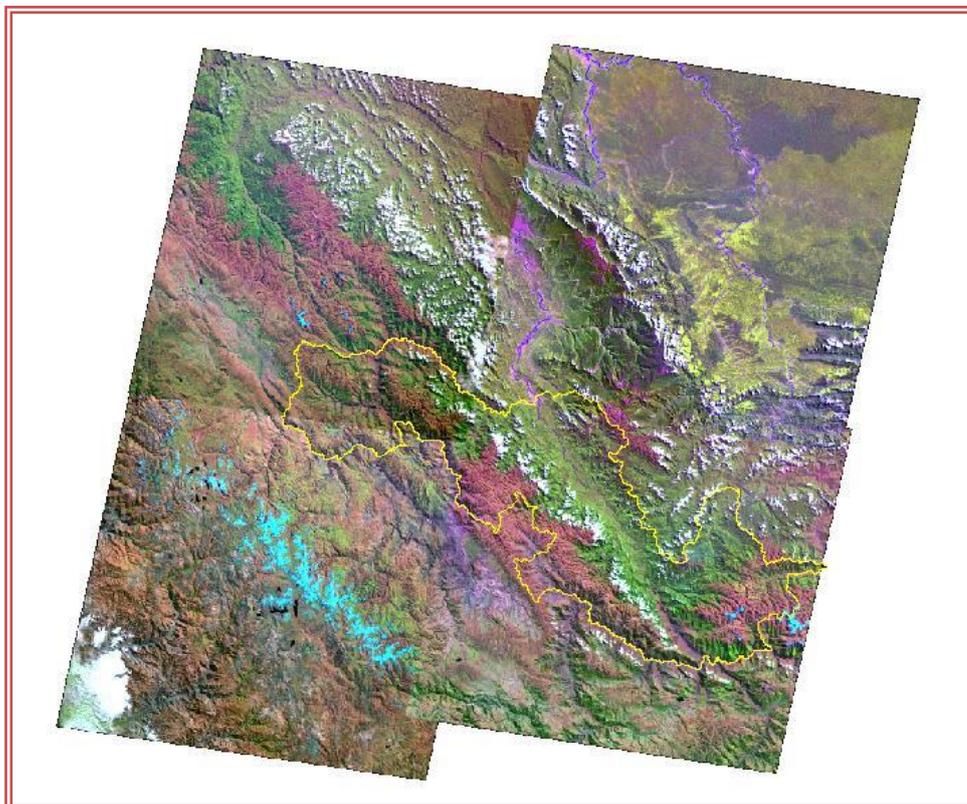


Figura N° 07. Escena con corrección radiométrica.



3.1.3. Elaboración del mosaico de imágenes de satélite

Un mosaico es el ensamblaje de dos o más escenas con la finalidad de cubrir un área relativamente grande y que con una sola escena éste no se puede cubrir.

Para ensamblar las imágenes se utilizó la opción *Mosaic image* el cual sugiere ciertos pasos.

- *Compute Active Area:*
Esta opción permite seleccionar el área a ser procesada. Por defecto toma toda la imagen pero puede ser seleccionada con un *AOI* (Área de Interés), si es el caso.
- Después de haber ubicado las imágenes de acuerdo a nuestro interés (por fechas de captura, visualización de los elementos del paisaje, entre otros), se aplica la opción de igualación (*Matching Option*) la que se utiliza cuando se tiene problemas de diferencias en tono y claridad entre o dentro de una imagen o un área de interés. En resumen, esta opción toma el histograma de cada imagen y las ajusta de tal manera que el resultado es un histograma similar.
Para que el contraste de los colores en términos de balance, se selecciona la opción *color balancing - set - (automatically)*. En la opción *Matching method* se selecciona *OverlapAreas*, 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 cut line 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.

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 toma de la misma para que de esta manera la información en la zona de traslape sea la más reciente. 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.

En este caso se consideró la superposición de la imagen 1 sobre la imagen 2, ésta sobre la imagen 3 y ésta sobre la imagen 4. Este es un proceso donde tiene que ver mucho el criterio ya que se puede tener una imagen reciente pero con mucho porcentaje de nube en el área de traslape. En este caso se tiene que considerar la imagen sin nube antes que la imagen más reciente.

Figura N° 08. Orden de ubicación de las imágenes para elaborar el mosaico.

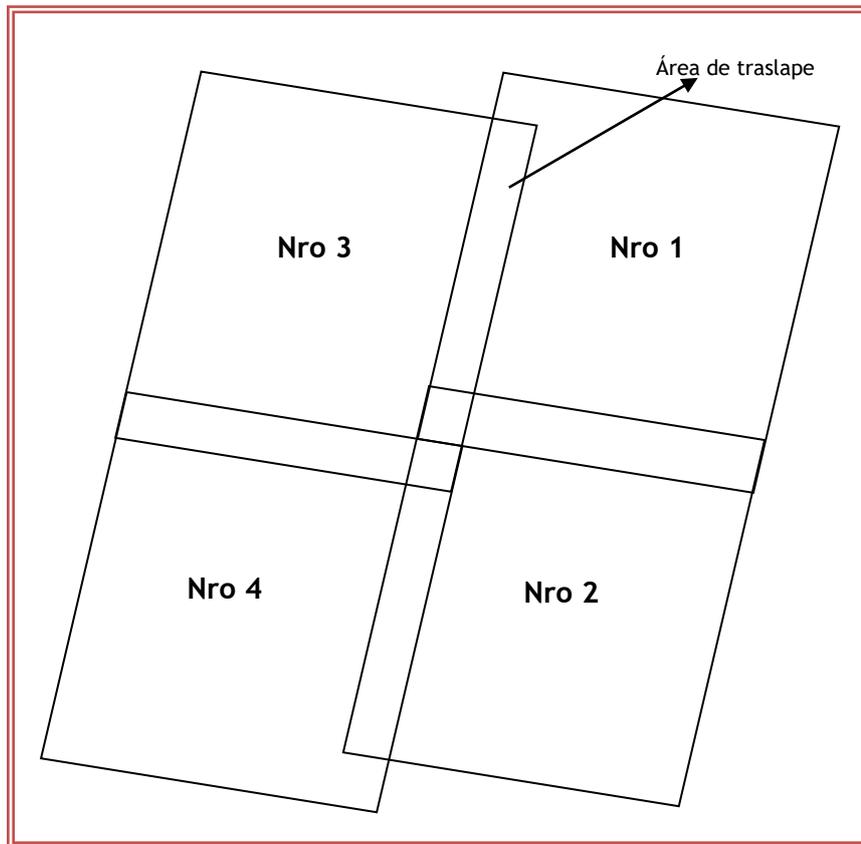
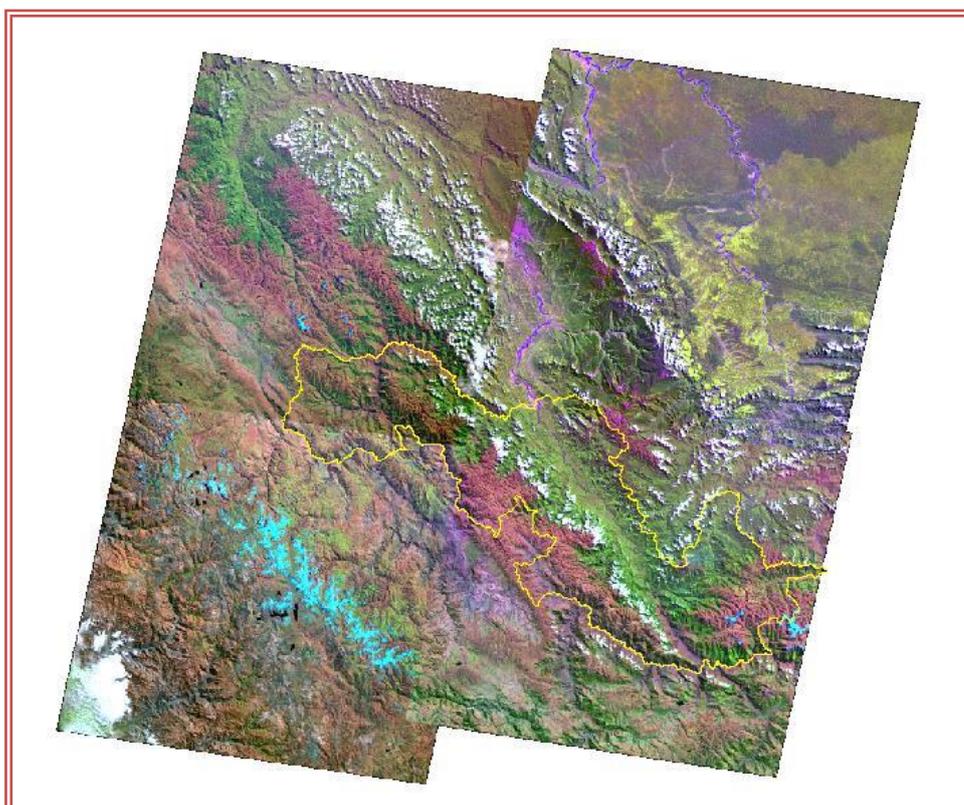
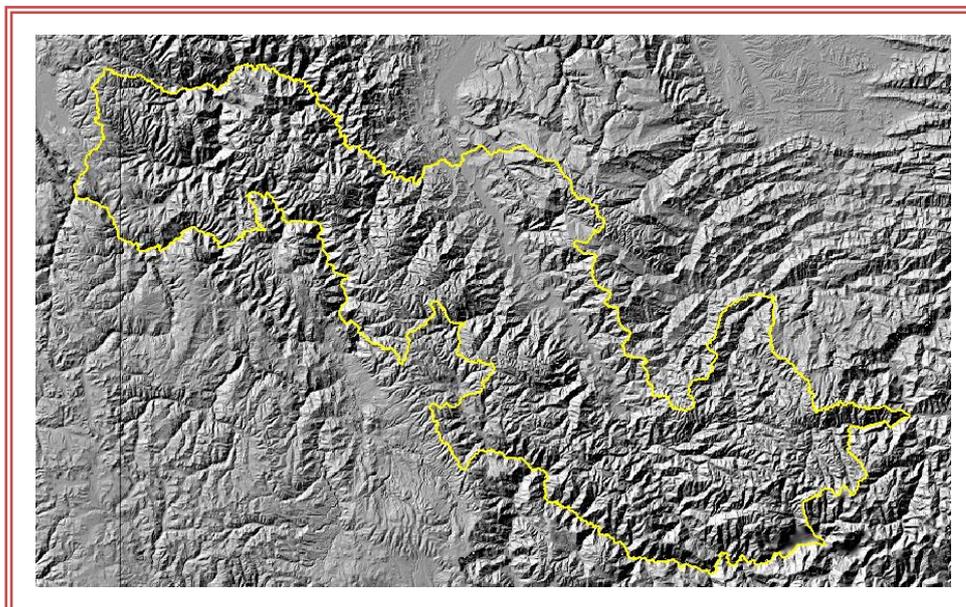


Figura N° 09. Mosaico final.



Con la finalidad de facilitar la interpretación para rasgos fisiográficos, geomorfológicos, entre otros se utilizó la imagen de RADAR Jers-1 extraído del mosaico de Sudamérica de la zona 116 del año 1995.

Figura N° 10. Imagen de RADAR.



3.2. Modelamiento ZEE

3.2.1. Acondicionamiento y preparación del material cartográfico base

Este es un proceso que se inicia con la evaluación y preparación de la información temática (mapas) y tabular (tabla de atributos de los mapas) antes de proceder a la interpretación de las imágenes o en su defecto sobre el mosaico de las mismas, con la finalidad de elaborar los mapas.

Con las imágenes de satélite y la cartografía 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 (vectores polígonos) y la red de drenaje (vectores 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 y el nivel de estudio de Meso ZEE.

3.2.2. Interpretación y digitalización de la información temática

Proceso que comprende la observación, análisis y trazado de las características de la superficie terrestre desde el punto de vista del tema en observación, que puede ser físico, biológico o socioeconómico.

Ej. Geología, Geomorfología, Fisiografía, Suelo, Vegetación, Frente socioeconómicos, entre otros.

La interpretación temática, en este caso, fue un proceso que se fundamentó en la delimitación y separación de unidades sobre la base de elementos identificables utilizando las imágenes de satélite ópticas (Landsat TM5 y ETM7) o de RADAR (Jers-1 SAR) previamente acondicionadas.

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 de acuerdo al tema en observación. Este trabajo fue realizado por un grupo interdisciplinario de especialistas en diferentes temas, pertenecientes al Programa de Investigación en Cambio Climático Desarrollo Territorial y Ambiente - PROTERRA del IIAP.

Tabla Nº 08. Lista de especialistas y temas elaborados.

Especialistas	Temas
Ing. Roger Escobedo	Fisiografía, Suelos, Capacidad de Uso Mayor de las Tierras y Aptitud Productiva
Ing. Percy Martínez	Forestal, Aptitud Productiva y Potencial Forestal
Ing. Walter Castro Geo. Isabel Quintana	Geología, Geomorfología y Vulnerabilidad
Ing. Juan Ramírez	Uso Actual y Conflictos de uso
Blgo. Ricardo Zárate	Vegetación y Valor Bio-ecológico
Blgo. José Maco Blga. Rocio Paredes	Hidrografía y Cuencas Hidrográficas
Ing. Evaristo Ramírez	Clima
Econ. Luis Limachi	Socioeconomía y Vocación urbana industrial
Econ. Luis Álvarez	Potencialidades Socioeconómicas
Consultores externos	Clima y Potencial Turístico

La metodología empleada para la interpretación de las imágenes de satélite se basa en la observación visual y la delimitación de las características espectrales de los elementos del paisaje en pantalla. Un aspecto importante de este trabajo es la escala de interpretación que debe ser constante en todo el trabajo. La escala empleada según el nivel de zonificación (Meso ZEE) fue de 1:100 000. Según los parámetros cartográficos establecidos la unidad mínima a cartografiar se determinó entre 4 y 5 mm. En

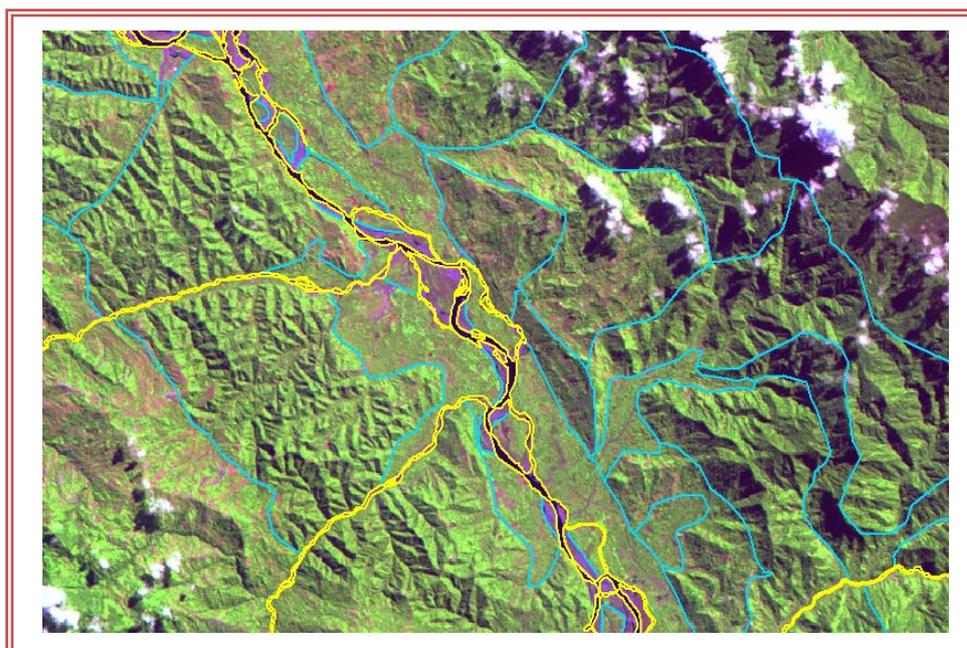
el presente estudio se usó estos parámetros, teniendo en cuenta 5 mm como la unidad mínima lo que en el terreno significa 25 ha.

El proceso de digitalización se hizo con el software ArcViewGIS y ArcGIS.

Se crearon los archivos vectores de punto, líneas o polígonos dependiente del tema a cartografiar. Para las variables temáticas se utilizaron vectores polígonos.

Se toma como base el mapa hidrográfico con la fisiografía como tema de referencia para la digitalización de otros temas, pues éste es uno de los temas que según su caracterización considera aspectos como unidad climática, pendiente geología y que ayuda considerablemente al momento de hacer la interpretación temática de otros temas como vegetación y forestal evitando de esta manera la creación de los “slivers” al momento de hacer la integración de la data gráfica y sus respectivos atributos.

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



3.2.3. Edición y atributación (codificación y descripción)

Una base de datos digital consiste en dos tipos de información, la información espacial que comprende la parte gráfica y la información descriptiva que corresponde a los atributos del tema; es decir la data numérica y alfa numérica. La data 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. Además se puede asignar descripciones de estos códigos lo que permite tener referencias de los atributos de cada entidad vectorial que finalmente redunda en información.

Los temas fueron trabajados, en principio en ArcViewGIS y luego en ArcGIS donde se hicieron las ediciones o modificaciones a los polígonos.

Culminado el proceso de edición de los temas está lista para ser etiquetada. Se crearon las etiquetas para cada polígono donde, seguidamente, se asignaron los atributos de los mismos. El etiquetado de cada polígono se hace sobre la tabla de cada tema.

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.

La codificación y descripción de cada tema es potestad del intérprete de cada variable biofísica y socioeconómica pero se debe tener en cuenta el objetivo del trabajo para no describir las unidades con datos que no sean relevantes al estudio.

Figura N° 12. Tabla de atributos indicando los campos de codificación y descripción de la codificación.

Attributes of Fisisio					
Fisio_code	Des_fisio	Subpaisaje	Paisaje	Gran_paisa	Hectares
27	Colinas bajas moderadamente	Colinas bajas	Colinoso del Terciario	Colinoso	123628.401
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	luvia reciente	Llanura aluvial	144.455
99	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	1087.804
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	luvia reciente	Llanura aluvial	1395.636
27	Colinas bajas moderadamente	Colinas bajas	colinoso del Terciario	Colinoso	56745.244
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	luvia reciente	Llanura aluvial	144.968
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	luvia reciente	Llanura aluvial	398.154
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	luvia reciente	Llanura aluvial	37.484
28	Colinas bajas fuertemente dise	Colinas bajas	colinoso del Terciario	Colinoso	187471.649
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	luvia reciente	Llanura aluvial	862.326
99	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	1299.547
4	Terrazas Bajas con drenaje bui	Terrazas bajas	luvia reciente	Llanura aluvial	174.859

Campo de codificación (indicated by a red arrow pointing to the Fisio_code column)

Campos de descripción de los códigos (indicated by a red arrow pointing to the Des_fisio, Subpaisaje, Paisaje, and Gran_paisa columns)

3.2.4. Composición de mapas

Este proceso permite tener los mapas que luego son impresos (plotteo). Se debe tener en cuenta ciertos aspectos o elementos necesarios para que tenga una aceptación, que sea agradable y entendible por el usuario final.

Es importante tener presente en primer lugar el formato de impresión. Es decir, qué tamaño debe ser el adecuado para la presentación de los mapas. Para este caso se ha utilizado el formato de 47x31 pulgadas. Lo que representa una medida adecuada tratándose de mapas que muestran muchas particularidades en su contenido.

La escala de impresión en este formato fue de 1:250 000.

La aplicación de colores es parte del arte que se tiene que aplicar a cada tipo de mapa. Tal es el caso del mapa de Fisiografía que se tienen que usar colores claros a medida que se avanza desde la parte más baja que son los complejos de playas, playones o bancos de arena, terrazas, colinas, laderas, montañas, etc.

Se tuvo que adicionar número (códigos) a las unidades de manera visual ya que en algunos casos la combinación de colores es parecida y puede haber errores al visualizar el significado de cada uno. En la leyenda se indica el número y el color.

Se usa una barra de escala gráfica con la finalidad de poder hacer algunas mediciones de distancias sobre los mapas, de manera directa.

De igual manera una grilla de coordenadas UTM con un intervalo de 30 kilómetros para no atiborrar el área de despliegue del mapa.

Tabla N° 08a. Lista de mapas temáticos de acuerdo a la variable que representa. Principales.

VARIABLES	MAPA (TEMA)
FÍSICOS (TEMÁTICO)	MAPA DE UBICACIÓN
	MAPA DE GEOLOGÍA
	MAPA DE GEOMORFOLOGÍA
	MAPA DE FISIOGRAFIA
	MAPA DE SUELOS
	MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LA TIERRA
	MAPA DE CLIMA
BIOLÓGICOS (TEMÁTICO)	MAPA DE VEGETACIÓN
	MAPA DE FAUNA
	MAPA FORESTAL
SOCIOECONÓMICOS (TEMÁTICO)	MAPA DE USO ACTUAL DE LA TIERRA
	MAPA DE POTENCIALIDADES SOCIOECONÓMICAS
	MAPA DE OCUPACIÓN DEL TERRITORIO
	MAPA DE TURISMO
SUBMODELOS (INTERMEDIOS)	MAPA DE APTITUD PRODUCTIVA
	MAPA DE APTITUD PISCÍCOLA
	MAPA DE PELIGROS MÚLTIPLES
	MAPA DE VALOR ECOLÓGICO
	MAPA DE CONFLICTOS DE USO
	MAPA DE VOCACIÓN URBANO E INDUSTRIAL
ZEE	MAPA DE PROPUESTA DE ZEE

Tabla N° 08b. Lista de mapas temáticos de acuerdo a la variable que representa. Auxiliares.

VARIABLES	MAPAS (TEMAS)
SUBMODELOS AUXILIARES Y OTROS MAPAS ELABORADOS	MAPA DE POTENCIAL FORESTAL
	MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS
	MAPA DE ISOTERMAS
	MAPA DE ISOYETAS

3.2.5. Modelamiento ZEE

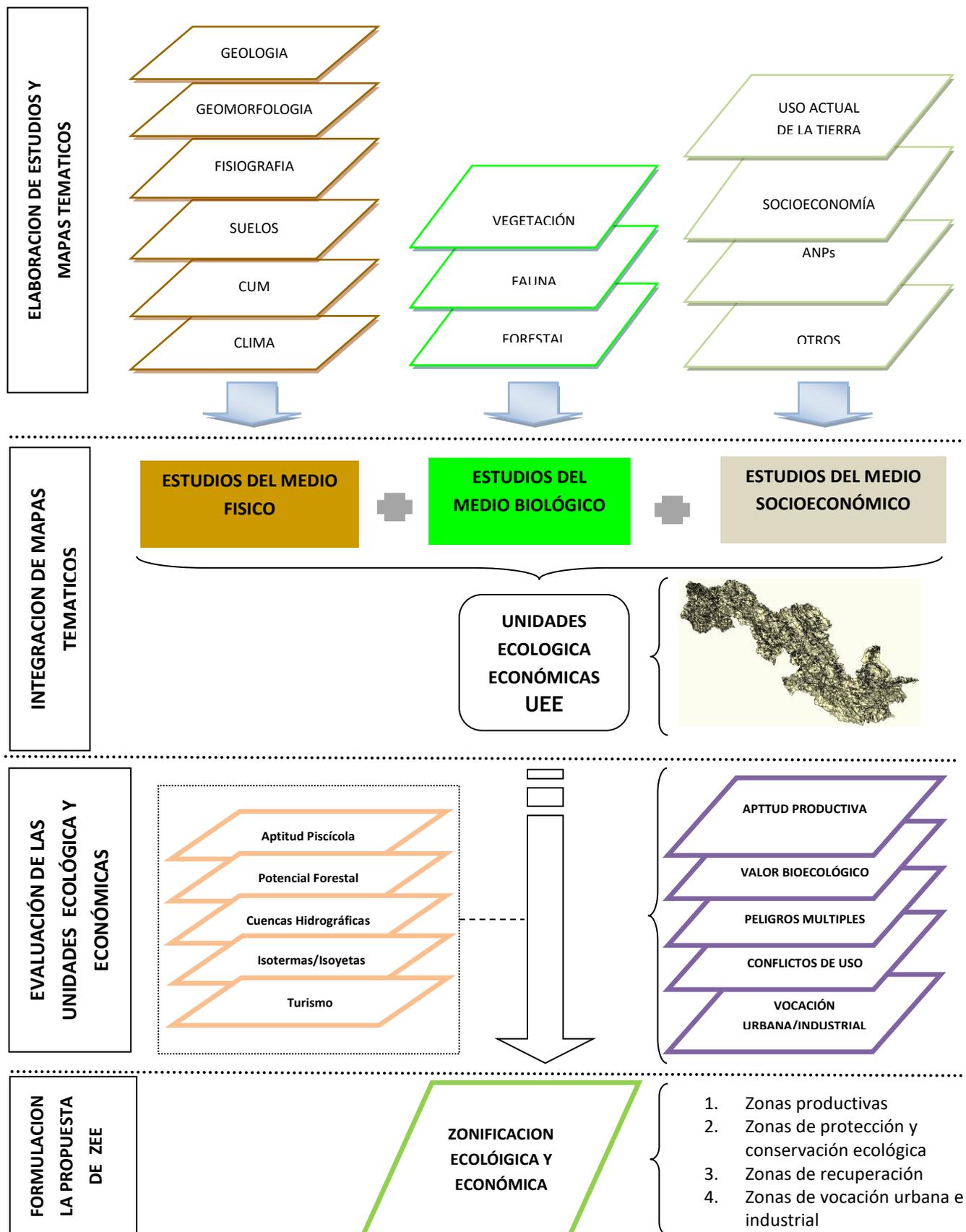
En los proyectos de ZEE existen la etapa de análisis y evaluación de la data base (mapas temáticos) con la finalidad de llegar a una propuesta de uso de la tierra reflejando las potencialidades y limitaciones de los espacios en unidades caracterizadas. En este proceso se analizan las diferentes capas de información generadas por los estudios temáticos teniendo como base la hipótesis de:

“¿Cuál es la distribución espacial con mejor aptitud para el uso de.....?”

El modelamiento responde a un método directo, nombrado así por el equipo del Programa de Investigación en Cambio Climático, Desarrollo Territorial y Ambiente - PROTERRA del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, mediante el cual, de manera secuencial se van “excluyendo” las unidades UEE en función a sus características más predominantes.

En este método se empieza a excluir las áreas empezando por aquellas que tienen primacía sobre otras, siendo la primera para este caso, las Áreas Naturales Protegidas, que por Ley deben ser “Zonas de Protección y Conservación Ecológica”, aun cuando dentro de ellas existan áreas para cultivos en limpio u otros usos urbanos.

Figura N° 12. Esquema metodológico de formulación de ZEE del ámbito del VRA.



3.2.5.1. Generación de la Unidades Ecológicas Económicas (UEE). Secuencia de integración de capas temáticas y preparación de los datos para la construcción de submodelos.

Las Unidades Ecológicas Económicas (UEE) son espacios geográficos que muestran los diferentes valores desde el punto de vista ecológico y económico que tiene el territorio.

Las UEE son el resultado de la integración (unión) de las variables físicas, biológicas y socioeconómicas, esto quiere decir que los gráficos (mapas) como las tablas de atributos se juntan en un solo tema y en una sola base de datos; las cuales nos indican que cada espacio resultante es una porción homogénea del territorio por alguna característica. A partir de esta base de datos se pueden efectuar las consultas, evaluaciones, los análisis y el modelamiento territorial con diversos propósitos.

Opcionalmente, se puede subdividir el proceso de integración de mapas temáticos en dos fases; la primera para la integración de la cartografía de los estudios del medio físico con el medio biológico, obteniéndose como resultado las Unidades Ecológicas (UE); y, la segunda consistente en la integración de la UE con los estudios del medio socioeconómico o unidades socioeconómicas, con lo cual se obtiene finalmente la integración de todos los mapas temáticos en una sola base de datos a la que nombramos como Unidades Ecológica Económicas “UEE”.

La disponibilidad de software SIG es amplia y variada haciendo posible la utilización de diferentes herramientas de programación tales como el Model Builder el que permite a través de procesos pre-establecidos construir los submodelos y el modelo final.

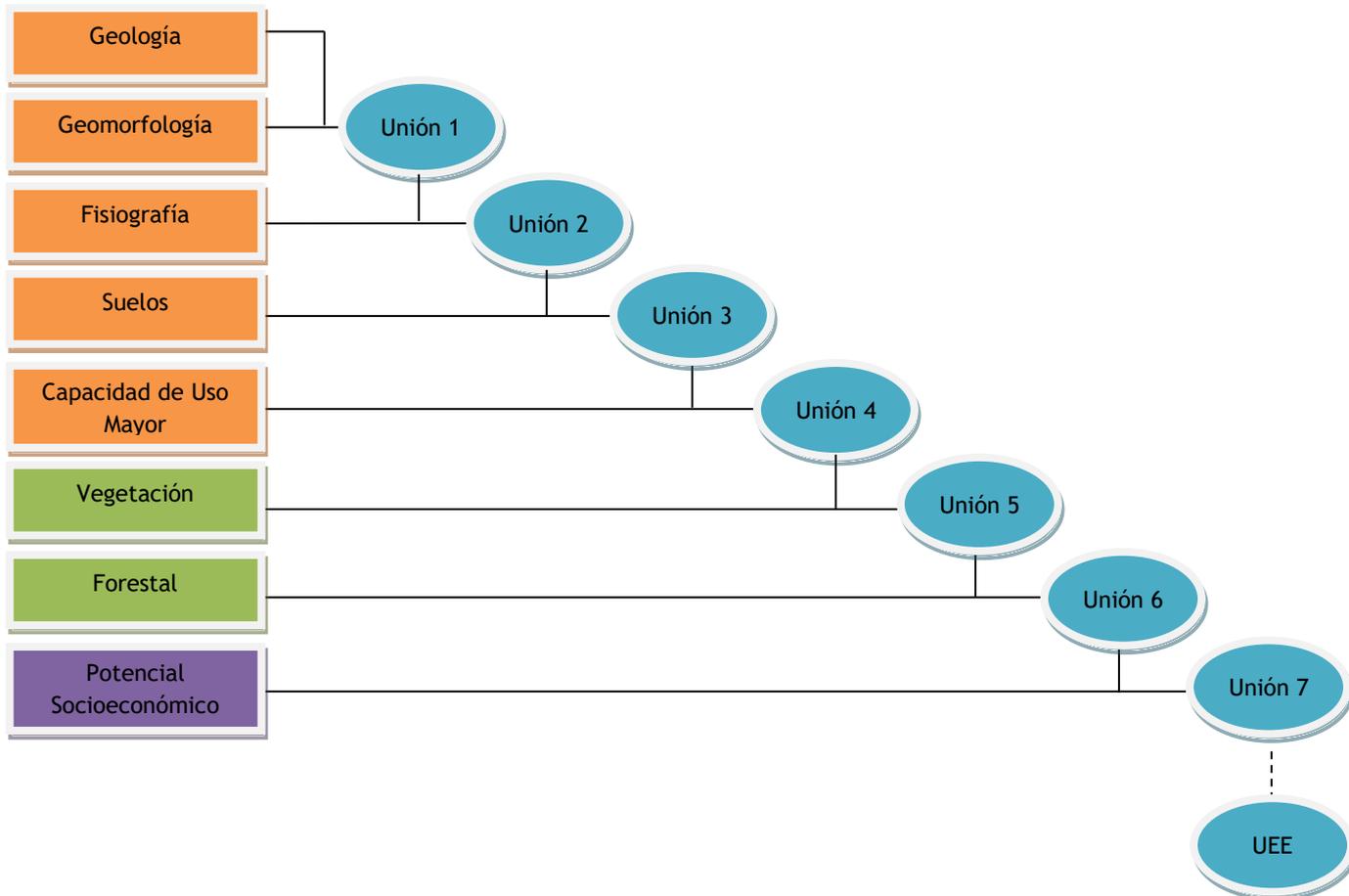
Otra manera de realizar la integración de los datos temáticos es utilizando las herramientas con las que disponen los programas SIG que son muy sencillas y fáciles de utilizar.

En este sentido y para este caso en particular la integración de los mapas se hizo utilizando las herramientas, que por defecto, tienen los programas, como es el caso del comando UNION.

Para la unión de los archivos shape file se ha seguido el orden de acuerdo a las características del tema tal es así que se han unido en primer lugar las variables físicas, seguida por las biológicas y finalmente las socioeconómicas.

El producto final de la unión de todos los temas es la UEE.

Figura N° 13. Secuencia de la integración de los mapas temáticos (variables físicas, biológicas y socioeconómicas).



La unión de estas variables es a nivel de gráficos (mapas) y de los atributos de cada uno de ellos.

Figura N° 14. Unión de tablas (campos de codificación y descripción de todos los temas).

<i>Geolcode</i>	<i>Des_geol</i>	<i>Geomcode</i>	<i>Des_geom</i>	<i>Fisiocode</i>	<i>Sub_paisa</i>
99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua
99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua
99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua
99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua
99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua
99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua
99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua	99	Cuerpos de agua
1	Depósitos aluviales recientes	15	Islas	41	Islas
8	Formación Yahuarango	13	Colinas estructurales-erosional	48	Lomadas
9	Formación Chonta	9	Montañas calcareas Mesozoic	49	Ligera a moderadamente disec
9	Formación Chonta	9	Montañas calcareas Mesozoic	49	Ligera a moderadamente disec
9	Formación Chonta	9	Montañas calcareas Mesozoic	49	Ligera a moderadamente disec

Con el insumo que es la UEE, seguidamente se procede a la generación de los diferentes submodelos, proceso que permitirá evaluar el territorio de acuerdo a distintos criterios (*Art. 8 del Reglamento de ZEE*).

En el proyecto se ha identificado cinco submodelos que a su vez demanda la creación de ciertos submodelos auxiliares. Los submodelos de valor considerados en el proyecto se indican en la Tabla N° 09.

Tabla N° 09. Descripción de los submodelos o mapas de evaluación.

Sub Modelo	Descripción
Valor Productivo (Aptitud productiva)	Orientado a determinar las áreas que poseen mayor aptitud para desarrollar actividades productivas con recursos naturales.
Valor Bio-ecológico	Orientado a determinar las áreas con características que ameritan una estrategia especial para conservación de la biodiversidad y/o procesos ecológicos esenciales.
Peligros múltiples	Orientado a determinar las áreas que presentan alto riesgo por estar expuestas a procesos geodinámicos (erosión, inundación, deslizamientos, huaycos, heladas, etc.) y otros procesos que afectan o hacen vulnerables al territorio y sus poblaciones.
Conflictos de Uso	Orientado a identificar las áreas donde existe incompatibilidad (sitios de uso y no concordantes con su vocación natural, así como sitios en uso en concordancia natural pero con problemas ambientales por el mal manejo), así como conflictos entre las actividades sociales, económicas y con el patrimonio cultural.
Aptitud Urbano Industrial	Orientado a identificar las áreas que poseen condiciones tanto para el desarrollo urbano como para la localización de la infraestructura industrial

- A) SUBMODELO DE VALOR PRODUCTIVO (APTITUD PRODUCTIVA):** El propósito de este modelo es evaluar cada UEE utilizando el criterio de valor productivo de recursos naturales renovables y está orientado a identificar qué zonas poseen mayor aptitud para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias, forestales, piscícolas, desarrollo del ecoturismo (recreacional y turístico) y potencial hidroenergético.

Procedimiento para la evaluación de la UEE:

Para hacer la evaluación de este submodelo, se tuvo que elaborar, además otros submodelos auxiliares que mejoraron el análisis de acuerdo a la realidad particular del territorio en estudio. En este contexto se elaboraron los siguientes submodelos auxiliares:

- Mapa de **CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS**, el cual proporciona información sobre las áreas con mayor vocación para el desarrollo de actividades agrícolas (cultivos anuales, cultivos permanentes con diversa calidad agrológica y limitaciones para su uso), así como para el desarrollo de actividades pecuarias, forestales y de protección. Este mapa ha sido elaborado teniendo en cuenta los aspectos descritos en el documento de Clasificación de Uso Mayor de las Tierras del Perú elaborado por ONERN. Anexo N° 7.
- Mapa de **POTENCIAL FORESTAL**, el cual proporciona información sobre volumen maderero registrada a partir de árboles iguales o mayores de 25 cm de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), en los diferentes tipos de bosque. No se considerando las especies como tal. Para la elaboración de este submodelo auxiliar se tuvo en cuenta el mapa Forestal el cual es una reclasificación del mapa Fisiográfico y que, también es reclasificado teniendo en cuenta el volumen maderable por categorías. El resultado obtenido indica los diferentes parámetros de evaluación forestal (número de árboles, área basal y volúmenes de madera). Anexo N° 14.

Para determinar los rangos del potencial forestal se parte de una tabla generada con la finalidad de identificar en el área de estudio el potencial forestal expresado en volumen por hectárea. El grado del potencial forestal se categoriza en cinco niveles denominados (Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo Potencial Forestal). Ver Figura N° 14.

Figura N° 14. Diagrama que indica el proceso de reclasificación del mapa de potencial forestal.



POTENCIAL	VOLUMEN (m ³ /ha)	POTENCIAL FORESTAL
Excelente	= 0 > de 150	MUY ALTO
Muy Bueno	120 - 149.9	ALTO
Bueno	90 - 119.9	MEDIA
Regular	60 - 89.9	BAJO
Pobre	< de 60	MUY BAJO

Mapa de **APTITUD PISCÍCOLA**, el cual proporciona información sobre las áreas en tierra firme con mayor potencial para el desarrollo piscícola. Se tiene en cuenta las variables de:

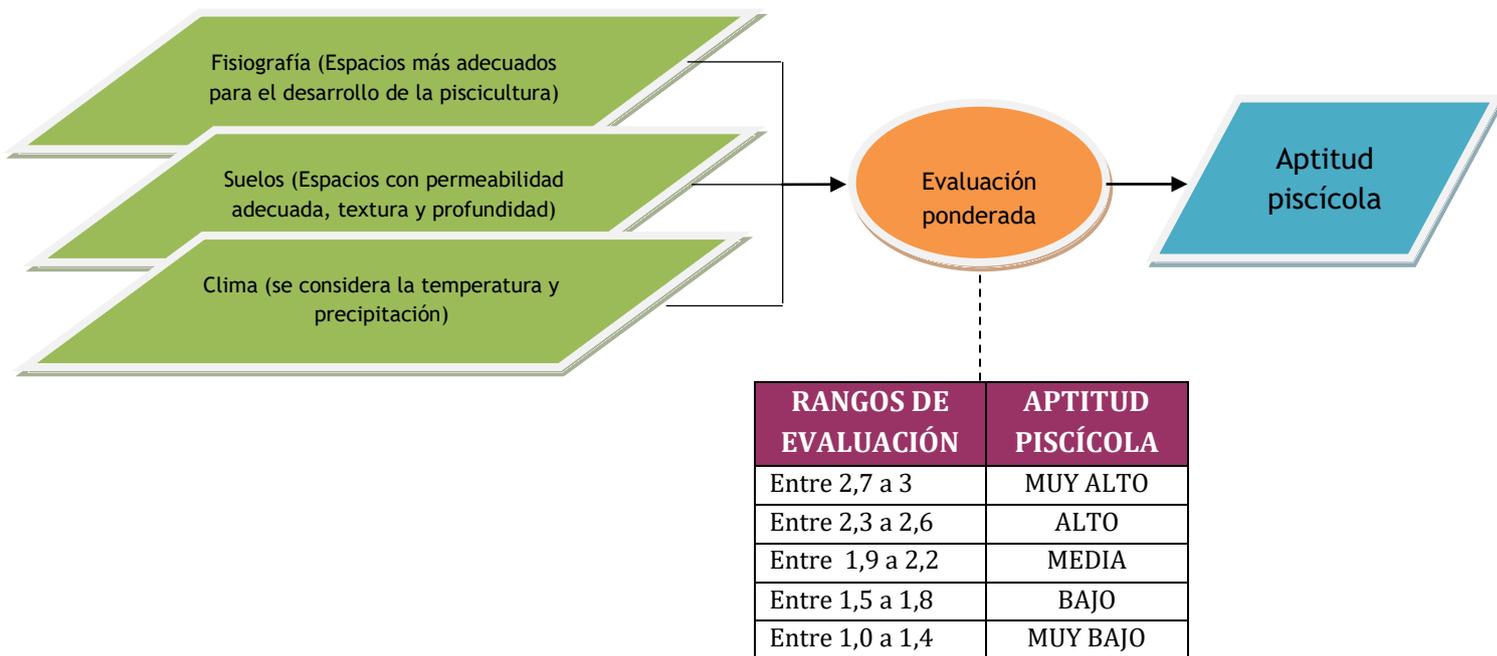
Fisiografía: Sirve para definir el dimensionamiento de la infraestructura piscícola. A través de la fisiografía se puede determinar las unidades que reúnan las mejores condiciones para el desarrollo de la infraestructura piscícola. Los suelos que están ubicados en terrenos con pendientes suave, comprendidas entre 2% y 5%, son considerados como los de mayor potencialidad antes que los de pendiente menor a 2% o mayor a 5% que determinan altos costos de construcción. Asimismo, se identifican aquellas unidades fisiográficas que no presenten inundación periódica debido a las fluctuaciones del régimen de creciente y vaciante de los ríos. Por otro lado, las unidades fisiográficas con relieve muy accidentado o fuertemente disectado o periódicamente inundables van a tener muy bajas condiciones para el desarrollo de la actividad piscícola. Anexo N° 5.

Suelo: Esta es otra variable de importancia, pues permite tener el conocimiento de la calidad de los mismos, además de ser fundamental para identificar los mejores terrenos para el desarrollo de la piscicultura. Se determinan áreas que proporcionen mayor o menor permeabilidad al estanque, es decir, que presenten mayor capacidad de retención de agua y menor tasa de infiltración. Los suelos que presentan mayor permeabilidad al agua, como los suelos arcillosos y arcilloso-arenosos son los mejores suelos para la piscicultura que los suelos con alta porosidad como es el caso de los arenosos que permiten la filtración del agua de los estanques. Si se da este último caso se requiere de una mayor inversión para dar permeabilidad al estanque. Anexo N° 6.

Clima: Permite tener el conocimiento de las áreas que presentan exceso de agua debido a la precipitación pluvial, puesto que la actividad piscícola tendrían sostenibilidad en el tiempo; en cambio, las áreas con déficit de agua, la sostenibilidad en el tiempo de dicha actividad, estaría sujeta a la construcción de mayor infraestructura para el abastecimiento de agua. Anexo N° 9.

Con la finalidad de determinar las áreas más adecuadas para el desarrollo de la piscicultura a nivel comercial, se identifican las de nivel Muy Alto, Alto; mientras que las áreas para desarrollar la piscicultura a nivel de subsistencia se consideran a los de nivel Medio y Bajo.

Figura N° 15. Diagrama que indica el proceso de reclasificación del mapa de potencial piscícola.



La evaluación ponderada consiste en asignar a cada variable un valor o rango dependiendo del grado de importancia ya sea mayor a menor.

En tal sentido se determinó las unidades cartográficas de cada tema (mapa) y su respectivo grado de aptitud piscícola. Los valores más altos son para aquellas unidades cartográficas que proporcionan las mejores condiciones para el desarrollo de la piscicultura y los valores más bajos son para aquellas unidades cartográficas que proporcionan condiciones adversas para el desarrollo de la piscicultura.

Para entender cómo se determinan el valor para la aptitud piscícola además del diagrama presentado en la Figura N° 15 se tiene que entender la Tabla N° 10, en ésta se analizan las unidades caracterizadas de los mapas de Fisiografía, Suelos y Clima. En primer lugar se determinan qué unidades fisiográficas califican a los rangos que van de 1,0 a 3,0. Es decir, los códigos de fisiografía que tienen el valor de 1,0 son aquellos espacios que por sus características presentan muy baja posibilidad para el establecimiento de actividades piscícola; mientras que los de rango 3,0 son aquellas unidades fisiográficas con muy alta posibilidad para el desarrollo de actividades piscícolas. El mismo razonamiento se aplica a las variables de suelo y clima.

Tabla N° 10. Rangos y variables (mapas) usadas en el submodelo de Aptitud Piscícola.

RANGOS VALOR PISCICOLA	FISIOCODE	SUELOCODE	CLIMACODE	NIVELES DE CALIFICACIÓN	APTICODE
1.0	3,4,8,9,11,12,13,16,18,19,20,21,22,23,	58,57	8	MUY BAJA	1
1.1		11,12,13,14,15,29,30,33,35,36,37,38,4	4		
1.2		7,8,9,10,34,48,50,53,54			
1.3	2,5,6,10,14,17	1,2,3,4,5,6			
1.4		49,51	7	BAJA	2
1.5	1,7,15	16,18,39	6		
1.6		28,32,52	5		
1.7	25	22,23,45,46,47			
1.8	28	21,24,25,27		MEDIA	3
1.9					
2.0			3		
2.1					
2.2				ALTA	4
2.3					
2.4					
2.5		31			
2.6			2	MUY ALTA	5
2.7					
2.8	26	19			
2.9		20,26			
3.0	31,32	17	1		

Después de llenar los códigos de fisiografía, suelos y clima a los rangos identificados se tiene que aplicar una fórmula, ésta permite tener el promedio de los rangos y a continuación se divide éstos por clases tal como se indica en la Figura N° 15. La fórmula aplicada es la siguiente:

$$\text{VALOR PISCÍCOLA} = (\text{Valor de Fisiografía} + \text{Valor de Suelos} + \text{Valor de Clima})/3$$

El resultado tiene que ser agrupado por clases según el rango de valor piscícola que va de 1.0 a 3.0 (MUY BAJA, BAJA, MEDIA, ALTA y MUY ALTA). Se asigna la codificación que va de 1 a 5 respectivamente. Todas estas operaciones se hacen sobre campos creados en la tabla de atributos de la UEE.

Integración de los datos para generar el submodelo de Aptitud Productiva:

Con los datos de los submodelos auxiliares (Capacidad de uso mayor de las Tierras, Potencial Forestal y Aptitud Piscícola) y sobre la base de datos de la UEE se crea un nuevo campo de codificación y descripción en los cuales se registrarán los datos que se requieren para el submodelo de Aptitud Productiva.

Para lograr este submodelo se debe considerar lo siguiente:

- 1ro. En el mapa de CUM las unidades se describen con el término “*Tierras aptas...*” en el mapa de Aptitud Productiva se debe utilizar el término “*Áreas aptas...*”.
- 2do. Los datos del mapa de Potencial Forestal que arrojan “Muy Alto” y “Alto” potencial son los que se consideran al momento de clasificar la aptitud productiva. En este estudio no se identificaron áreas con potencial forestal Muy Alto y Alto que fueran considerados en el análisis.
- 3ro. Al igual que el potencial forestal del submodelo de Aptitud Piscícola se debe considerar los que arrojan la aptitud “Muy Alta” y “Alta”. De igual manera para que para el potencial forestal, se debe hacer notar en la descripción que estos espacios tienen “Alto” potencial piscícola. En este estudio se identificó una unidad con alto potencial piscícola.

Resumiendo:

Para construir el mapa de Aptitud Productiva se debe hacer una reclasificación sobre el mapa de CUM y si se encuentran áreas con alto potencial forestal y piscícola éstos deben resaltarse.

La selección de los cuerpos de agua para su calificación como categoría de pesca de subsistencia o comercial, son hechos de manera particular y hasta cierto punto de manera subjetiva y está sujeto al conocimiento y verificación mediante el trabajo de campo.

Tabla N° 11. Variables (mapas) usadas en el submodelo de Aptitud Productiva.

APTICODE	DES_APTI	CAPUCODE	DES_CAPU	PISCICODE	POTFORCODE
1	Tierras para cultivo en limpio de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo e inundación	1	A3si	baja	bajo
2	Tierras para cultivo en limpio asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	10	A3es - C3es	baja	bajo
3	Tierras para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	8	A2sc - Xes	baja	bajo
4	Tierras para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por erosión, suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	9	A2esc - Xes	baja	bajo
5	Tierras para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	4	C3es	baja	bajo
6	Tierras para cultivo permanente de calidad agrológica media a baja con limitaciones por suelo con potencial piscícola alto a muy alto	2, 3	C2s, C3s	alto	bajo
7	Tierras para cultivo permanente asociada a forestal con de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	11	C3es - F3es	baja	bajo
8	Tierras para cultivo permanente asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	12	C3esc - F3esc	baja	bajo
9	Tierras para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo	14	C3es - Xs	baja	bajo
10	Tierras para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo	13	C3s - Xs	baja	bajo
11	Tierras para pastos asociada a cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima	15	P2sc - A2sc	baja	bajo
12	Tierras para pastos asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	16	P3es - C3es	baja	bajo
13	Tierras para producción forestal asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	17	F3es - C3es	baja	bajo
14	Tierras para producción forestal asociada a pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	18	F3es - P3es	baja	bajo
15	Tierras para producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	19	F3es - Xes	baja	bajo
16	Tierras para protección con limitaciones por suelo e inundación	5	Xsi	baja	bajo
17	Tierras para protección con limitaciones por erosión, suelo y clima	6	Xesc	baja	bajo
18	Tierras para protección con limitaciones por erosión y clima	7	Xec	baja	bajo
19	Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima	20	Xes - A2sc	baja	bajo
20	Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	21	Xes - C3es	baja	bajo
21	Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a pasto de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	22	Xes - P3esc	baja	bajo
22	Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	23	Xes - F3es	baja	bajo
23	Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	24	Xes - F3esc	baja	bajo
24	Pesca de subsistencia	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	cuerpo de agua pequeños de preferencia los lagos	Cuerpos de agua
25	Sin actividad pesquera (otros cuerpos de agua)	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	rios principales	Cuerpos de agua

B) **SUBMODELO DE VALOR BIOECOLÓGICO:** El propósito de esta evaluación es poder identificar áreas con vocación para la conservación de la diversidad biológica y el mantenimiento de los principales procesos ecológicos que la sustentan.

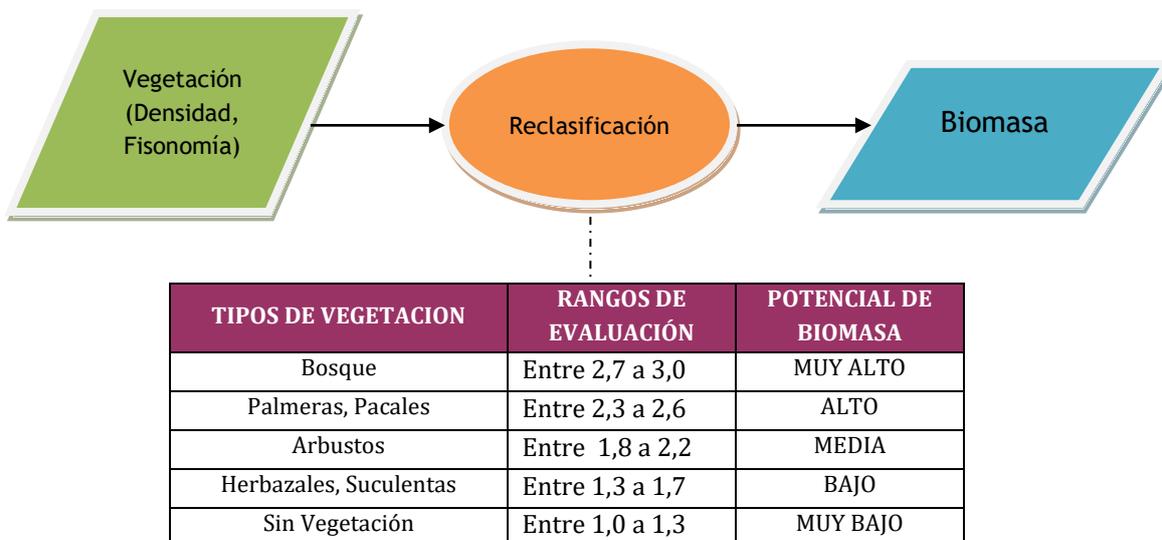
Procedimiento para la evaluación de la UEE:

Para hacer la evaluación de este submodelo, se usaron mapas temáticos así como submodelos auxiliares. Sobre la base de la UEE y utilizando el mapa de vegetación se analizó la variable biomasa, biodiversidad y vegetación propiamente. También se usó el mapa de fauna y el de cabecera de cuenca.

Mapa de **BIOMASA**, proporciona información sobre el material orgánico que se encuentra en las plantas de las diferentes comunidades vegetales. Si tomamos como ejemplo los extremos de las comunidades vegetales, tendremos que un área boscosa contiene más biomasa que un herbazal, mientras que un pacal (bosque de bambú) tiene menos biomasa que un bosque.

Este análisis se hace sobre la base de la identificación de áreas que presentan mayor biomasa respecto su densidad y fisonomía. Se ha elaborado un diagrama donde se muestra las variables y su aplicación para obtener el submodelo auxiliar de biomasa.

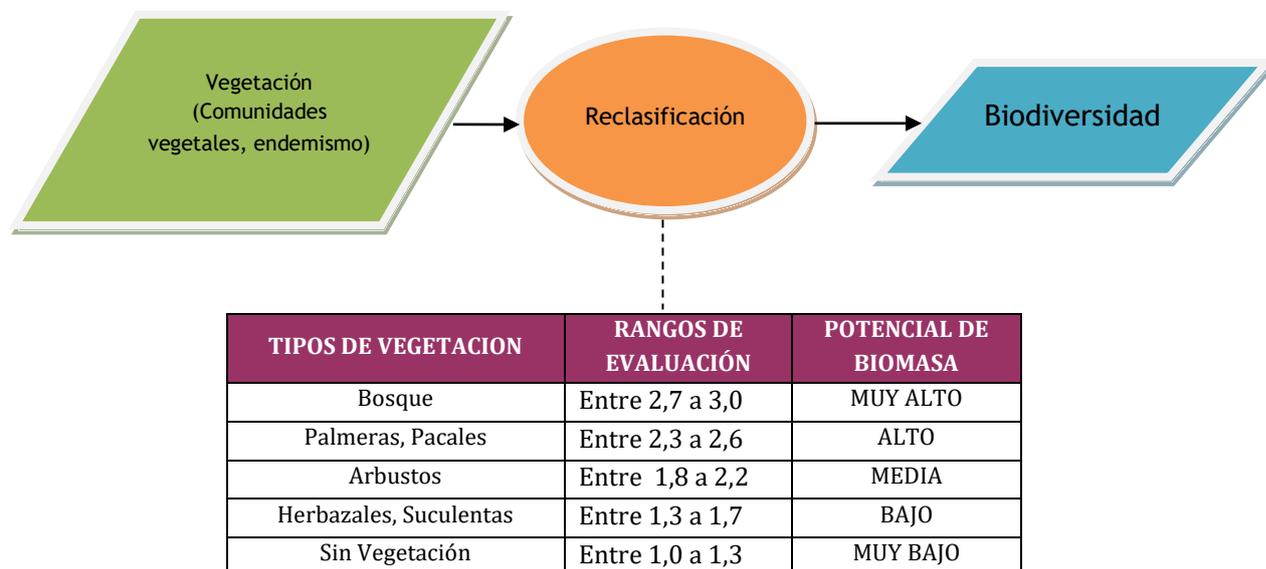
Figura N° 16. Diagrama que indica el proceso de reclasificación del mapa de biomasa.



Mapa de **BIODIVERSIDAD (comunidades vegetales)**. En este estudio en particular se ha brindado especial énfasis al estudio de la biodiversidad desde una perspectiva florística. En ese sentido tiene mucho que ver el tema de abundancia, frecuencia y dominancia (endemismo) de las especies de flora identificadas en el espacio en estudio.

Al igual que el análisis de biomasa, aquí se considera los tipos de vegetación para su reclasificación.

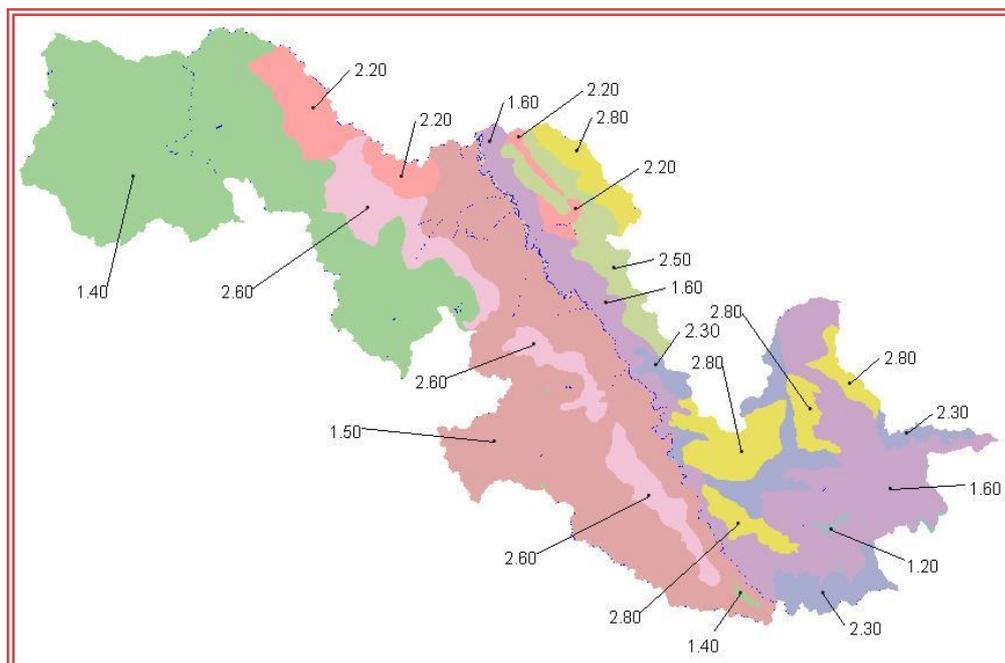
Figura N° 17. Diagrama que indica el proceso de reclasificación del mapa de biodiversidad.



Mapa de **VEGETACIÓN**. Este mapa proporciona información sobre los tipos de vegetación y las especies representativas sobre la base de la fisonomía y composición florística en relación a los factores fisiográficos, niveles altitudinales y climáticos. Puede ser que este sea el mapa más importante en la elaboración del submodelo de Valor Ecológico ya que es sobre éste donde se realiza la reclasificación de las unidades de vegetación caracterizadas según los rangos de evaluación que van de 1,0 a 3,0. Donde 1,0 es el más bajo y están los espacios donde no existe vegetación representativa (Deforestación) y 3,0 son los espacios donde existe abundante vegetación. Este es un mapa temático. Anexo N° 11.

Mapa de **FAUNA**, proporciona información sobre una lista de especies endémicas y amenazadas según criterio del INRENA, UICN y especies CITES. Los valores que se asignan al mapa de fauna reflejan la importancia de la comunidad de fauna que habita en cada polígono seleccionado y está relacionada directamente o indirectamente a la unidad de fauna a la que corresponde. Anexo N° 12.

Figura N° 18. Valores de fauna.



Mapa de **CABECERA DE CUENCA HIDROGRÁFICA**, el cual proporciona información sobre la importancia bioecológica para el mantenimiento del ciclo hidrológico. Para este estudio se construyó, por medio de la identificación y delineación, sobre el espacio delimitado por la unión de todas las cabeceras que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural. Se hizo el trazo de las líneas teniendo en cuenta la hidrografía y las cumbres, también llamada divisoria de aguas. Se utilizó la información de la Carta Nacional por medio de las curvas de nivel y las cotas de elevación superpuestas sobre imágenes de RADAR e imágenes isométricas. Cabe indicar que para este caso en particular solamente se tomó como referencia la cuenca hidrográfica que considera exclusivamente las aguas superficiales (ríos) y no la cuenca hidrológica que incluye en su delimitación las aguas subterráneas (acuíferos). Anexo N° 8.

Los valores que se asignaron a cada unidad van de 1,0 a 3,0. Los valores mayores (3,0) son aquellos que consideran la conservación del agua para la vida de los recursos vegetales y de fauna.

Mapa de **ECOSISTEMAS SINGULARES**, se refiere a la particularidad que tiene un determinado ecosistema por algún rasgo característico. En este caso se consideró a la Puya Raimondi y al bosque de queñuales (polylepis).

Integración de los datos para generar el submodelo de Valor Bioecológico.

La integración y el análisis para determinar el submodelos de Valor Bioecológico se hace sobre la base de la UEE. Se crea un campo de codificación y otro de descripción los cuales se llenan en función de los resultados obtenidos de la evaluación de las variables de biomasa, biodiversidad, vegetación, fauna y cabecera de cuenca.

Para establecer el valor bioecológico, en primer lugar se determinan qué unidades de biomasa y biodiversidad califican a los rangos que van de 1,0 a 3,0. Por otra parte y de igual manera se determinan qué unidades de vegetación califican a los rangos establecidos. Es decir, los códigos de biomasa, biodiversidad y vegetación que tienen el valor de 1,0 son aquellos espacios que por sus características presentan muy baja posibilidad de tener alto valor bioecológico; mientras que los de rango 3,0 son aquellas unidades con muy alto valor bioecológico. El mismo razonamiento se aplica a las variables de fauna y cabecera de cuenca.

Tabla N° 12. Variables (mapas) usadas en el submodelo de Valor Bioecológico.

RANGOS VALOR BIOECOLÓGICO	VEGETCODE (VALOR BIOMASA)	VEGETCODE (VALOR BIODIVERSIDAD)	VEGETCODE	FAUNACODE *	CACUENCODE	VEGETCODE (ECOSISTEMAS SINGULARES)	NIVELES DE CALIFICACIÓN	VALECODE
1.00						Reclasificación de las unidades singulares tomando como referencia la vegetación que son los códigos 3,4,5,98	MUY BAJO	5
1.10	1							
1.20			100, 200					
1.30	3							
1.35								
1.40		100, 200	1		2		BAJO	4
1.50	11, 100, 200	10, 11						
1.60		1, 3						
1.70		2	2, 8, 12				MEDIO	3
1.80		4						
1.90	10							
2.00	2	5, 12					ALTO	2
2.10	12							
2.20		8, 9						
2.30	4		6, 7				MUY ALTO	1
2.35								
2.45								
2.40	9	6, 7						
2.50	8		10					
2.60	5							
2.70	6, 7		5, 9, 11		1			
2.80			4					
2.90								
3.00			3					

Después de llenar los códigos de biomasa, biodiversidad, vegetación, fauna y cabecera de cuenca a los rangos identificados se tiene que aplicar una fórmula, ésta permite tener el promedio de los rangos y a continuación se divide éstos por clases. La fórmula aplicada es la siguiente:

$$\text{VALOR BIOECOLÓGICO} = [((\text{Valor de biomasa} + \text{Valor de biodiversidad} + \text{Valor de vegetación})/3) + \text{Valor de fauna} + \text{Valor de cabecera de cuenca}]/3$$

El resultado tiene que ser agrupado por clases según el rango de valor bioecológico que va de 1,0 a 3,0 (MUY BAJO, BAJO, MEDIO, ALTO y MUY ALTO). Se asigna la codificación que va de 5 a 1 respectivamente, siendo el 5 de Muy Alto valor bioecológico y 1 de Muy Bajo valor bioecológico. Todas estas operaciones se hacen sobre campos creados en la tabla de atributos de la UEE.

- C) **SUBMODELO DE PELIGROS MÚLTIPLES:** El propósito de esta evaluación es identificar la ocurrencia de fenómenos naturales y antropogénicos potencialmente dañinos que podrían afectar a elementos expuestos de importancia en el territorio.

Procedimiento para la evaluación de la UEE:

Para hacer la evaluación de este submodelo, se usaron los mapas temáticos de Geología, Fisiografía y Clima como variables físicas y Vegetación como variable biológica.

Mapa de **GEOLOGÍA.** Basado en la relación al grado de resistencia a los procesos exógenos y endógenos de los materiales litológicos que se ha considerado los tipos de material parental (litología), el ambiente de depositación, grado de alteración, grado de cohesión de los minerales que conforman las rocas y los procesos geoestructurales que afectan los afloramientos geológicos.

Geológicamente los sedimentos inconsolidados o materiales sin cohesión, poseen baja estabilidad y son fácilmente afectados por procesos erosivos accionantes; mientras que las rocas, o secuencias litológicas antiguas con alta compactación (dureza) y menor grado de alteración, poseen una estabilidad media a alta, aunque en cierto modo éstas están condicionadas por los procesos tectónicos que originan fallamientos y plegamientos. Así, la estabilidad de las calizas y areniscas Mesozoicas, y las rocas intrusivas y volcánicas, dependen del grado de cohesión de sus componentes mineralógicos. Entonces, la baja estabilidad de una unidad geológica está directamente relacionada a un alto grado de vulnerabilidad. Este es un mapa temático. Anexo N° 3.

Mapa de **FISIOGRAFÍA.** Tiene la finalidad de caracterizar las formas del relieve según característica paisajística. La fisiografía, en este sentido podrá determinar características como el relieve accidentado,

montañas, llanuras, valles, ríos y todas las formas del relieve del área de estudio. Este también es un mapa temático. Anexo N° 5.

Mapa de **VEGETACIÓN**. Está referida a la fisonomía (forma, aspecto y densidad) de la cobertura vegetal relacionada con los tipos de estratos que define las comunidades vegetales o la distribución espacial - vertical. De modo que un área con cobertura vegetal densa será menos vulnerable que un área deforestada. Anexo N° 11.

En la vegetación la fisonomía, cobertura, estratificación y sotobosque son parámetros que califican el grado vulnerabilidad espacial. La *fisonomía* caracterizada por el porte o tamaño que alcanzan las especies en un área determinada, la *cobertura* referida a la densidad de las especies vegetales directamente en el substrato o la densidad del follaje de las copas de los árboles y arbustos. De análisis de estos parámetros se desprende que un área provista con buena cobertura será menos vulnerable que otra desnuda o casi. La *estratificación* de la cobertura, particularmente en los bosques, el número de estratos tiene relación inversa con la vulnerabilidad, de modo que cuantos más estratos ocurren, la vulnerabilidad es menor. También la presencia del *sotobosque*, la densidad de la cobertura herbácea o semileñosa del terreno (o piso) boscoso permite afianzar la interpretación de la susceptibilidad del suelo a los procesos de erosivos. Mapa temático.

Mapa de **CLIMA**. Caracteriza los grados de intensidad y continuidad de los límites de precipitación pluvial.

Entre los factores climáticos, la precipitación pluvial es uno de los principales aplicables a la calificación de la vulnerabilidad. Áreas con altas precipitaciones están expuestas a mayor vulnerabilidad que aquellas con baja precipitación. En proceso fue considerado los siguientes niveles:

Muy Alto,	> 5000 mm/año
Alto,	entre 4000 a 5000 mm/año
Medio,	3000 a < 4000 mm/año
Bajo,	entre 2,000 a < menos de 3000 mm/año
Muy Bajo,	< 2000 mm/año.

El análisis de la variable climática fue a partir del sistema de clasificación de climas de Thornthwaite, desarrollado en base a las necesidades hidrológicas para la agricultura y no exclusivamente climatológicas. Anexo N° 9.

Mapa de **FOCOS DE SISMO**. Toma el mapa geológico para caracterizar las unidades con características propias de manifestaciones sísmicas.

Integración de los datos para generar el submodelo de Peligros Múltiples.

En las UEE se tiene los atributos de los mapas incluidos en este modelo, cada uno con sus campos de codificación y descripción. Se genera en esta gran base de datos un campo relacionado a la vulnerabilidad como campo de descripción y un campo de codificación numérico. Estos serán asignados con los resultados de la sumatoria de los valores o rangos generados para cada variable analizada.

Para establecer la vulnerabilidad, en primer lugar se determinan qué unidades de geología, fisiografía, vegetación, clima y focos sísmicos califican a los rangos que van de 1,0 a 3,0. Es decir, los códigos de estas variables que tienen el valor de 1,0 son aquellos espacios que por sus características presentan mayor estabilidad; mientras que los de rango 3,0 son aquellas unidades muy inestables.

Tabla N° 13. Variables (mapas) usadas en el submodelo de Peligros Múltiples.

RANGOS VALOR BIOECOLÓGICO	GEOLCODE	FISIOCODE	VEGETCODE	CLIMACODE	FOCO SISMOS (GEOLCODE)	NIVELES DE CALIFICACIÓN	VULNECODE
1.0						MUY ESTABLE	1
1.1							
1.2	13,16	52, 53, 73, 74, 75			1,2,3,4,5		
1.3	14,18						
1.4		54, 55, 56, 70, 71, 72				ESTABLE	2
1.5	19,20		3		6		
1.6	17,21						
1.7	9		4,5,8,9,12, 13	8	7,8		
1.8	15,22	39, 40, 41				MODERADAMENTE ESTABLE / INESTABLE	3
1.9	11	42, 48, 49					
2.0	10	22, 76, 77, 80		5,6	18		
2.1	12	23, 36,	22, 1,2 ,6, 21	4	19,20,21		
2.2	8	50, 51, 78, 79	7			INESTABLE	4
2.3		21, 45, 81		7			
2.4		20, 14, 31, 46, 82					
2.5	7	19, 43, 47		3	21,17		
2.6						MUY INESTABLE	5
2.7		15, 11, 24, 25, 30, 32, 37, 38	10,11,14,15,16,19		9		
2.8	6	16, 10, 5, 12, 26, 29, 35	20	2			
2.9	2,3,4,5	27, 33, 68, 69	17, 18	1	10,11,14,16,15,12,13		
3.0	1	1,2,3,4,6,7,8,9, 13, 17,18, 28, 34, 44, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67	100, 200				

A continuación y para determinar el nivel de calificación se tiene que aplicar una fórmula la cual permite tener el promedio de los rangos de las variables de geología, fisiografía, vegetación, clima y focos sísmicos (geología).

PELIGROS MULTIPLES = (Valor de geología x 2 + Valor de fisiografía x 2 + Valor de vegetación + Valor de clima + Valor de foco sísmico)/7

El resultado tiene que ser agrupado por clases según el rango de vulnerabilidad que va de 1.0 a 3.0 (MUY BAJA, BAJA, MODERADA, ALTA Y MUY ALTA PELIGROSIDAD). Se asigna la codificación que va de 1 a 5 respectivamente, siendo el 1 para este caso de Baja Peligrosidad y el 4 Muy alta peligrosidad.

D) SUBMODELO DE CONFLICTOS DE USO: El propósito de esta evaluación es identificar las áreas que se están utilizando en discordancia con su vocación natural. Para el efecto se debe cruzar las variables de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras con Uso Actual de las Tierras.

Procedimiento para la evaluación de la UEE:

Para hacer la evaluación de cada UEE utilizando el criterio de conflicto de uso, se debe utilizar los temáticos que para este caso son dos: Capacidad de Uso Mayor de las Tierras y Uso Mayor de las Tierras, además del mapa Forestal que solamente se utiliza la variable deforestación.

Mapa de **CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS**. Este mapa proporciona información sobre las áreas con mayor vocación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Anexo N° 7.

Mapa de **USO ACTUAL**. Este mapa indica en qué se está utilizando el espacio en el momento en que se realiza el estudio. Anexo N° 13.

Mapa **FORESTAL**. Este es importante porque proporciona información de las áreas deforestadas y donde se encuentran los diferentes tipos de uso identificados. Anexo N° 10.

Integración de los datos para generar el submodelo de Conflictos de Uso.

El análisis para determinar el conflicto de uso es diferente a los submodelos que se describen anteriormente. Para establecer el conflicto se utiliza los atributos del mapa de Capacidad de Uso Mayor y el de Uso Actual, además de las áreas deforestadas e intervenidas del mapa Forestal. Se selecciona en primer lugar las áreas deforestadas y sobre ellas se analiza si hay incompatibilidad entre la aptitud natural de la tierra (CUM) y el uso actual.

Todos aquellos espacios determinados como de protección donde se estén realizando actividades agropecuarias, agrícolas u otras son de conflicto agropecuario en tierras de protección. Las asociaciones de producción forestal y protección donde se estén, de igual manera realizando actividades agropecuarias, agrícolas, entre otras son de conflicto agropecuario en tierras de asociaciones de producción forestal y protección o de protección asociada a producción forestal. En este caso las áreas

con actividades agropecuarias, agrícolas, entre otras dentro de la Reserva Comunal Asháninka, se consideraron también como de conflicto. Lo que resta son las áreas sin conflicto de uso.

Tabla N° 14. Variables (mapas) usadas en el submodelo de Conflictos de Uso.

VARIABLES ANALIZADAS	CAPUCODE	USOCOCODE	CONFUCODE	DESCRIPCIÓN DEL CONFLICTO DE USO (DES_CONFU)
Áreas deforestadas o intervenidas (100 y 200)	5,6	100, 200	1	Zonas de conflicto por uso agropecuario de tierras de protección
	19	100, 200	2	Zonas de conflicto por uso agropecuario de asociación de tierras de producción forestal y protección
	23, 24	100, 200	3	Zona de conflicto por uso agropecuario de asociación de tierras de protección y producción forestal
		ANP	4	Zona de conflicto por uso agropecuario dentro de la Reserva Comunal Ashaninka
			5	Zona de conflicto por establecimiento inadecuado de asentamientos urbanos
Zonas fuera de la Deforestación			6	Zona sin conflicto de uso
Cuerpos de agua	99	99	99	Cuerpos de agua

E) **SUBMODELO DE VOCACIÓN URBANA INDUSTRIAL:** El propósito de esta evaluación es identificar las zonas con mayor vocación para el desarrollo urbano e industrial teniendo en cuenta aquellas variables con fuerte influencia en la localización de actividades tales como vulnerabilidad, acceso a servicios, infraestructura vial y acceso a mercados, centros poblados urbanos.

Procedimiento para la evaluación de la UEE:

Mapa **HIDROGRÁFICO**. Este mapa proporciona información sobre los cuerpos de agua y los espacios de tierra firme, el primero donde no es posible la construcción de centros poblado, mientras que el segundo es por sí mismo el espacio donde esta actividad es factible.

Mapa de **ANP**. Esta información dentro del análisis para determinar espacios con vocación urbana industrial es importante ya que por ley dentro de estas áreas no es posible el establecimiento de centros poblados o actividad industrial alguna.

Mapa de **FISIOGRAFÍA**. Como en otros mapas esta información es relevante ya que permite caracterizar las formas del relieve según característica paisajística, permitiendo determinar cómo el relieve puede ser

una condicionante ambiental para el establecimiento de actividades de carácter urbano e industrial. Este es producto del análisis como un mapa temático. Anexo N° 5.

Mapa de **VULNERABILIDAD**. Esta variables, producto de la construcción como submodelo de evaluación es utilizado por este submodelo ya que va a permitir identificar espacios potencialmente susceptibles a que sean afectados por fenómenos naturales y antropogénicos que puedan causar daños y afectar a los elementos expuestos y que sean de importancia en el territorio en estudio.

Mapa de **ACCESIBILIDAD A MERCADOS Y SERVICIOS (POTENCIALIDADES SOCIOECONÓMICAS)**. Esta variable en el análisis para determinar espacios con vocación urbana industrial cumple un rol importante, pues permite identificar en el territorio los espacios que cuentan con los elementos mínimos necesarios para desarrollar las actividades productivas y que sirven como instrumentos de planificación y gestión del territorio. Esto significa, que los espacios donde se identifican un alto potencial socioeconómico sugiere que éstos espacios cuentan, en términos de capital físico-financiero, capital social-humano y capital natural, con los mejores servicios en educación, salud, energéticos, comunicación, movimiento comercial, entre otros. Mientras que aquellos con bajo potencial significa todo lo contrario. Un aspecto que toma en cuenta este análisis es la presencia de servicios básicos como agua, desagüe, electricidad, así como la infraestructura vial que permite hacer que éstos sean más accesibles a los mercados y a los flujos económicos. Anexo N° 15.

Para el presente estudio y por el nivel de interpretación se ha considerado las áreas de centros poblados urbanos como una variable que califica de muy alta vocación urbana industrial. A esto se añade los estudios, según los planes de desarrollo urbano de las municipalidades, para considerar las áreas de expansión urbana que tuvieron que ser digitalizadas usadas los archivos (dxf) de los mismos y el uso de imágenes de satélite de alta resolución espacial (Google Earth).

Tabla N° 15. Variables (mapas) usadas en el submodelo de Vocación Urbana Industrial.

RANGOS VALOR VOCACIÓN URBANA	VALOR HIDROGRÁFICO	VALOR ANP (ANPCODE)	FISIOCODE	VULNECODE	VALOR ACCESIBILIDAD (POTSOCODE)	VALOR DE SERVICIOS (POTSOCODE)	NIVELES DE CALIFICACIÓN	VOCURCODE
0.0	CUERPOS DE AGUA	ANP	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 18, 25, 26, 27, 28, 29, 44, 47, 57, 58, 61, 62, 63, 99				NULO	6
1.0	RESTO	RESTO	14, 15, 16, 17, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 39, 40, 41, 42, 64, 65, 74	INESTABLE	BAJO POTENCIAL	MEDIO Y BAJO POTENCIAL	MUY BAJO	5
1.1								
1.2								
1.3								
1.4								
1.5							BAJO	4
1.6								
1.7								
1.8							MEDIO	3
1.9								
2.0			5, 10, 19, 20, 21,		MEDIO	ALTO POTENCIAL		
2.1								
2.2				MODEARADAM ENTE ESTABLE / INESTABLE			ALTO	2
2.3								
2.4								
2.5								
2.6								
2.7							MUY ALTO	1
2.8								
2.9								
3.0			52, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 75	ESTABLE	ALTO POTENCIAL	CIUDADES Y ÁREAS DE EXPANSIÓN URBANA		

A continuación y para determinar el nivel de calificación se tiene que aplicar una fórmula la cual permite tener el promedio de los rangos de las variables de hidrografía, ANP, fisiografía, vulnerabilidad, potencial socioeconómico desde la perspectiva de accesibilidad a mercados y servicios.

$$\text{VOCACIÓN URBANA INDUSTRIAL} = (\text{Valor hidrográfico} + \text{Valor de ANP} + \text{Valor de fisiografía} + \text{Valor de vulnerabilidad} + \text{Valor de accesibilidad a mercados} + \text{Valor de servicios})/6$$

El resultado tiene que ser agrupado por clases según el rango de vocación urbana industrial que va de 1.0 a 3.0 (NULA, MUY BAJA, BAJA, MEDIA, ALTA y MUY ALTA). Se asigna la codificación que va de 6 a 1 respectivamente, siendo el 6 Nula y 1 de Muy Alta Vocación Urbana Industrial.

3.2.5.2. Formulación de la propuesta ZEE

Para la construcción de la propuesta ZEE o el desarrollo del modelo ZEE se aplica el “método de exclusión” que es un proceso que ha venido siendo mejorado en los diferentes estudios de ZEE diseñados por el IIAP. En esta etapa se utiliza como gran base de datos la UEE que contiene la información de los mapas temáticos y los submodelos los cuales sirven como elementos de análisis gráficos y tabulares.

Modelamiento ZEE

Para desarrollar el Modelamiento ZEE se debe tener en cuenta qué es lo que vamos a mostrar en la leyenda. Es decir, determinar las Zonas Ecológicas Económicas según agrupaciones. Estas agrupaciones son de tres tipos, el primer nivel **Grandes Zonas** donde se agrupan las actividades según usos generales como son las zonas productivas, protección y conservación ecológica, recuperación y las zonas urbanas o industriales. Luego, en el segundo nivel **Zonas** y solamente sobre las zonas productivas se hace una separación de éstas determinando el uso particular como son zonas de producción agropecuaria, producción forestal y otras asociaciones, producción pesquera, entre otras identificadas. Finalmente, se llega al tercer nivel **ZEE** que es aquel donde se tiene que describir cada uno de los polígonos o espacios caracterizados producto de la aplicación del modelo de exclusión; es decir es la desagregación más detallada de la leyenda.

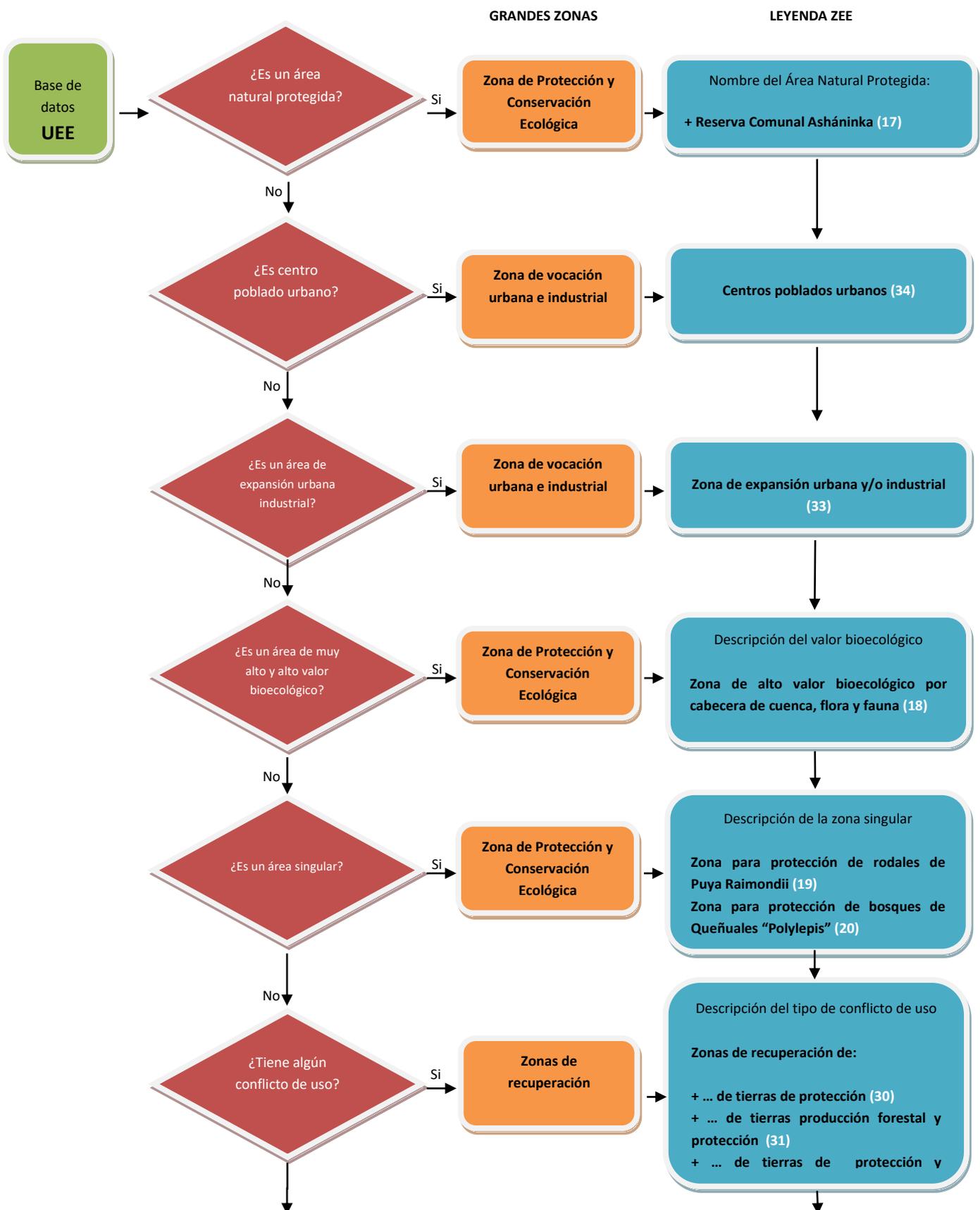
Tabla N° 16. Descripción de los campos adicionales necesarios para el modelamiento para de ZEE.

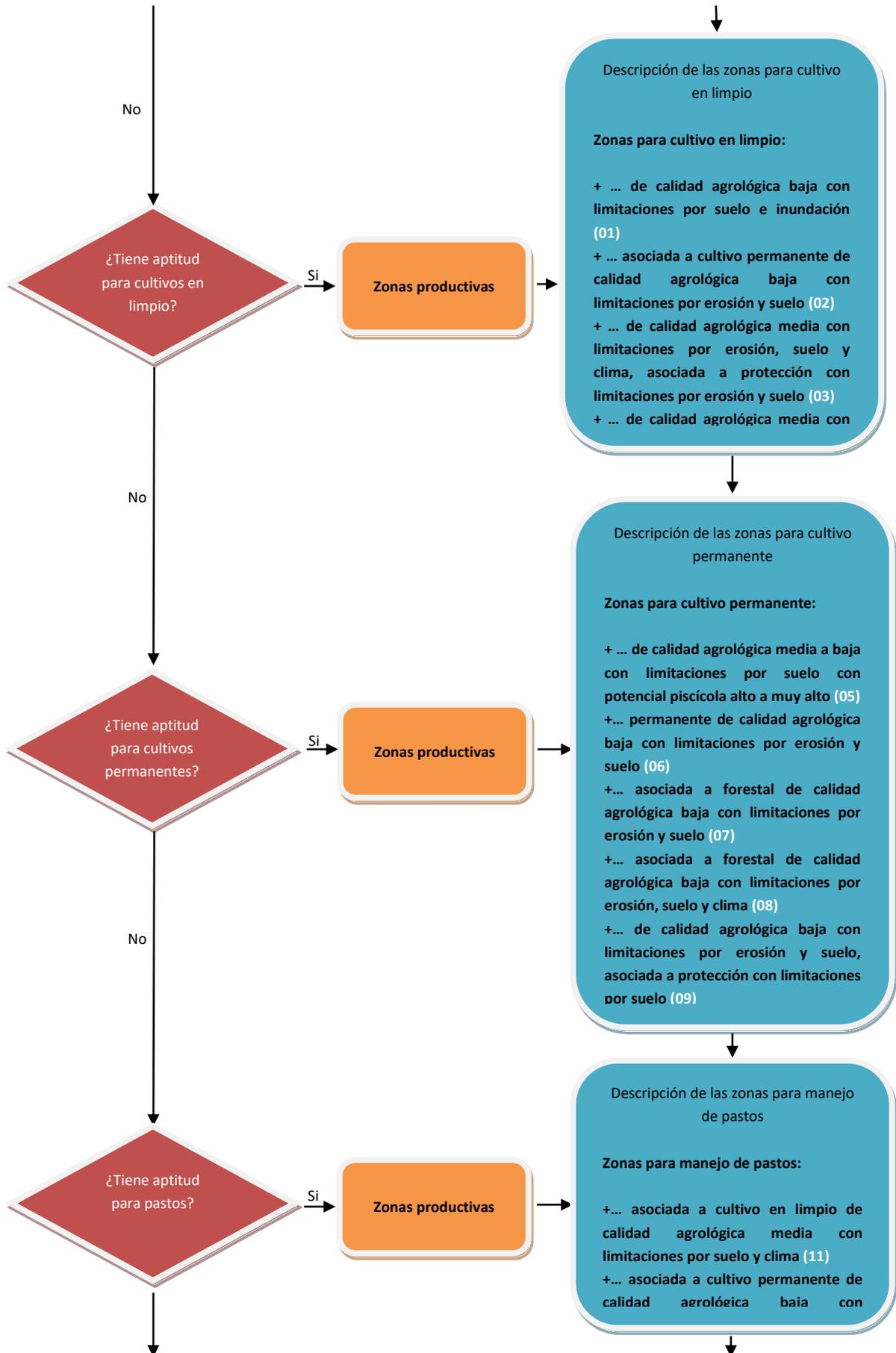
GRANDES ZONAS	ZONAS	ZEE
<p>LEYENDA NIVEL 1</p> <p>Este nivel contiene los campos o columna con el título de las grandes agrupaciones en la leyenda del mapa ZEE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas productivas • Zonas de protección y conservación ecológica • Zonas de recuperación • Zona urbana o industrial 	<p>LEYENDA NIVEL 2</p> <p>Este nivel recoge el nombre de los subtítulos de la leyenda del primer nivel en las Zonas Productivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de producción agropecuaria • Zonas de producción forestal y otras asociaciones • Zonas para producción pesquera • Otras áreas productivas 	<p>LEYENDA NIVEL 3</p> <p>Este nivel contiene el nombre final de las Zonas Ecológicas Económicas (ZEE), es decir es la desagregación más extendida de la leyenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas para cultivos en limpio con limitaciones por suelo • Zonas para cultivos permanentes con limitaciones por suelo • Zonas para pastos con limitaciones por suelo • Entre otras...

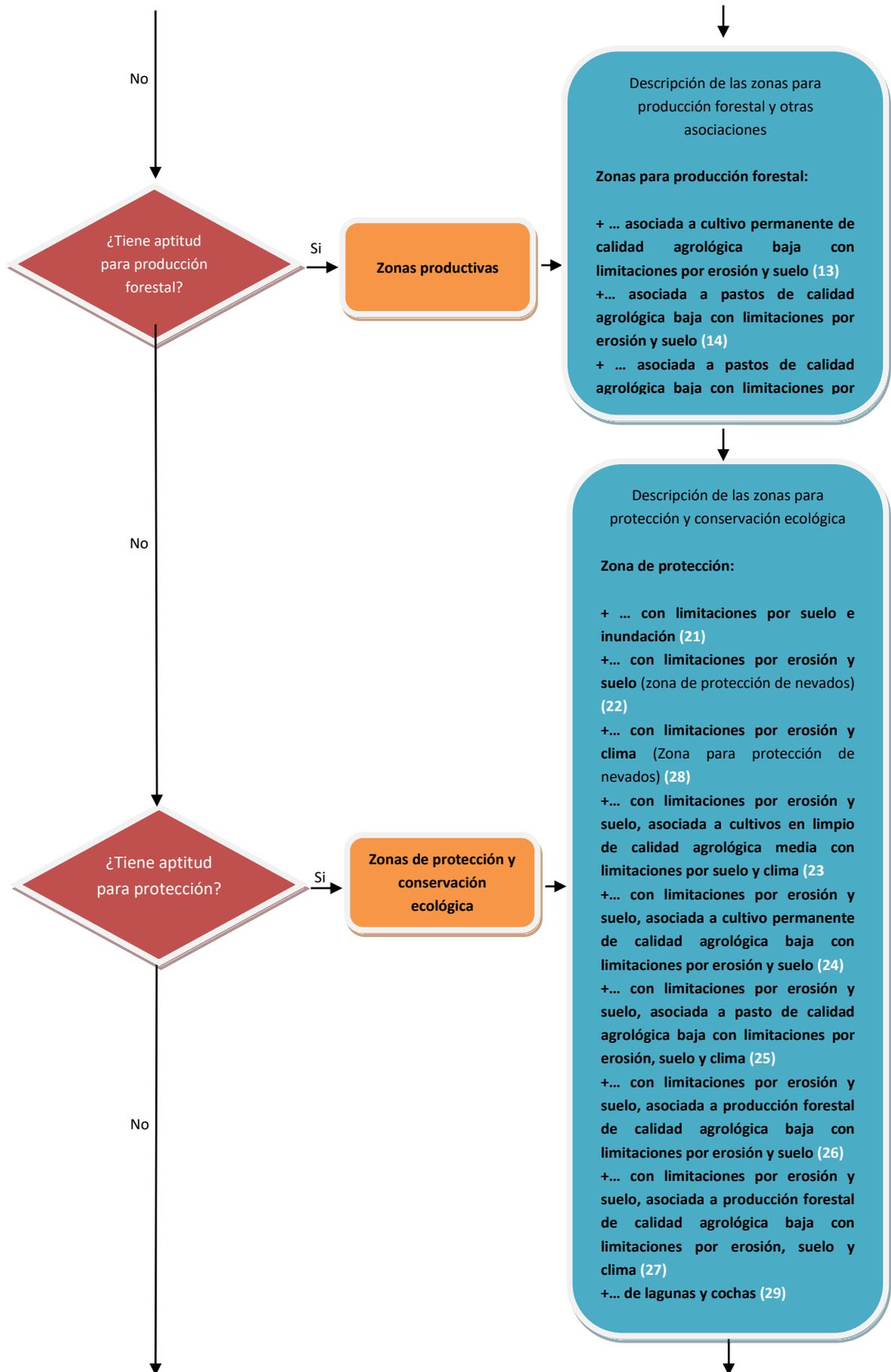
Teóricamente el método de Modelamiento ZEE por exclusión utiliza solamente algunos campos de la base de datos UEE. En ese sentido se debe seleccionar solamente estos campos.

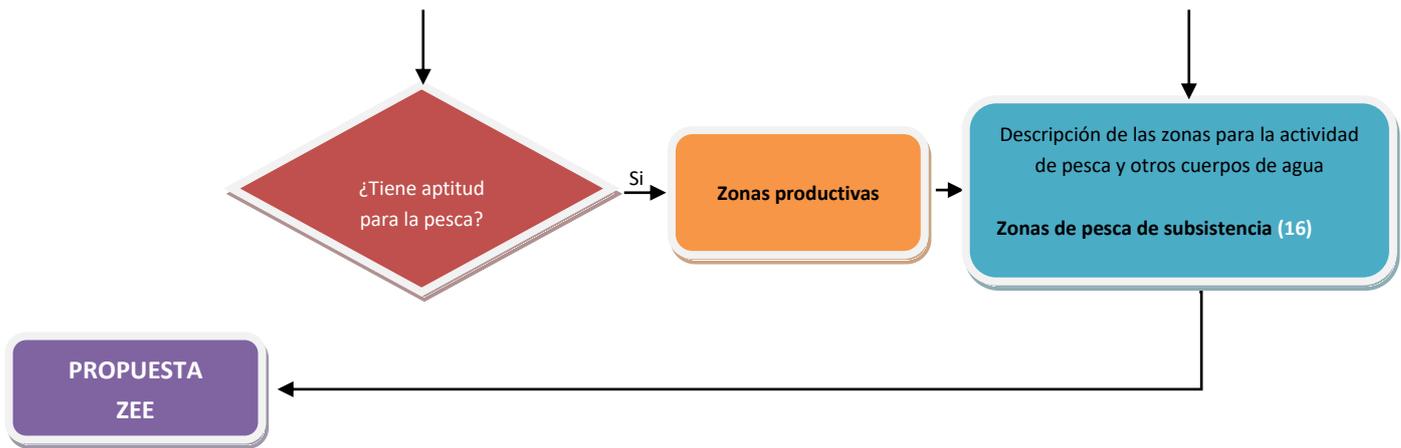
La selección de los campos de la UEE son las variables relevantes que de manera secuencial se van seleccionando y registrando en los tres niveles de calificación.

Figura N° 19. Diagrama de flujo para la formulación de la ZEE mediante el método de exclusión selectiva (VRA).









LEYENDA



Tabla N° 17. Campos de la cobertura UEE y variables relevantes necesarios para el modelamiento ZEE.

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
Áreas Naturales Protegidas (ANP): Anp_cate y Anp_nomb	ANPs y sus respectivas categorías designadas por SERNANP	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Reserva Comunal Asháninka	17	Seleccionar las ANPs y reemplazar el campo ZEE con los nombres de las ANPs
Expansión urbana y/o Industrial: Expa_vocur	Centros poblados urbanos	Zona de vocación urbano industrial	Zona de vocación urbano industrial	Centros poblados urbanos	32	Seleccionar los polígonos que sean centros poblados urbanos
Expansión urbana y/o Industrial: Expa_vocur	Expansión urbana industrial	Zona de vocación urbano industrial	Zona de vocación urbano industrial	Zonas de expansión urbana y/o industrial	31	Seleccionar los polígonos de expansión urbano industrial según los planes de desarrollo urbano de los municipios y que no hayan sido seleccionados anteriormente
Valor bioecológico: Des_valeco	Muy alto y alto valor bioecológico	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de alto valor bioecológico por cabecera de cuenca, flora y fauna	18	Seleccionar los polígonos de muy alto y alto valor bioecológico que no hayan sido seleccionados anteriormente
Vegetación: Des_veget	Comunidades de Puya Raimondii	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección de rodales de Puya Raimondii	19	Seleccionar los polígonos que corresponden a la comunidad de vegetación de Puya Raimondii
	Bosque de Queñuales "Polylepis"	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección de rodales de Bosque de Polylepis	20	Seleccionar los polígonos que corresponden a bosque de Queñuales o Polylepis
Conflictos de uso: Des_confu	Zona de conflicto por uso agropecuario de tierras de protección	Zona de recuperación	Zona de recuperación	Zona de recuperación de tierras de protección	30	Seleccionar los polígonos con vocación para protección con usos agropecuario que no hayan sido seleccionados anteriormente

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
	Zonas de conflicto por uso agropecuario de tierras de producción forestal y protección	Zona de recuperación	Zona de recuperación	Zonas de recuperación de tierras de producción forestales y de protección	31	Seleccionar los polígonos con vocación para producción forestal y protección con uso agropecuario que no hayan sido seleccionados anteriormente
	Zonas de conflicto por uso agropecuario de tierras de protección y producción forestal	Zona de recuperación	Zona de recuperación	Zonas de recuperación de tierras de protección y producción forestal	32	Seleccionar los polígonos con vocación para protección y producción forestal con uso agropecuario que no hayan sido seleccionados anteriormente
Z	Tierras para cultivo en limpio: + ... de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo e inundación	Zonas productivas	Zonas para cultivo en limpio	Zona para cultivo en limpio de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo e inundación	01	Seleccionar los polígonos para cultivos en limpio de calidad agrológica media a baja con limitaciones por suelo e inundación que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para cultivo en limpio	Zona para cultivo en limpio asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	02	Seleccionar los polígonos para cultivos en limpio asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... de calidad agrológica media con limitaciones por erosión, suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para cultivo en limpio	Zona para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por erosión, suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por	03	Seleccionar los polígonos para cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por erosión, suelo y clima, asociada a protección con

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
				erosión y suelo		limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para cultivo en limpio	Zona para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	04	Seleccionar los polígonos para cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	Tierras para cultivo permanente: + ... de calidad agrológica media a baja con limitaciones por suelo con potencial piscícola alto a muy alto	Zonas productivas	Zonas para cultivo permanente	Zona para cultivo permanente de calidad agrológica media a baja con limitaciones por suelo con potencial piscícola alto a muy alto	05	Seleccionar los polígonos para cultivos permanente de calidad agrológica media a baja con limitaciones por suelo con potencial piscícola alto a muy alto que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para cultivo permanente	Zona para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	06	Seleccionar los polígonos para cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para cultivo permanente	Zona para cultivo permanente asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	07	Seleccionar los polígonos para cultivos permanentes asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
						erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	Zonas productivas	Zonas para cultivo permanente	Zona para cultivo permanente asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	08	Seleccionar los polígonos para cultivos permanentes asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo	Zonas productivas	Zonas para cultivo permanente	Zona para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo	09	Seleccionar los polígonos para cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo	Zonas productivas	Zonas para cultivo permanente	Zona para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo	10	Seleccionar los polígonos para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	Manejo de pastos: + ... asociada a cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima	Zonas productivas	Zonas para manejo de pastos	Zona para manejo de pastos asociada a cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima	11	Seleccionar los polígonos para manejo de pastos asociada a cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima que no

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
						hayán sido seleccionados anteriormente
	+ ... asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para manejo de pastos	Zonas para manejo de pastos asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	12	Seleccionar los polígonos para manejo de pastos asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	Producción Forestal: + ... asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para producción forestal y otras asociaciones	Producción forestal asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	13	Seleccionar los polígonos para producción forestal asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... asociada a pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para producción forestal y otras asociaciones	Producción forestal asociada a pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	14	Seleccionar los polígonos para producción forestal asociada a pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	Zonas productivas	Zonas para producción forestal y otras asociaciones	Producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo	15	Seleccionar los polígonos para producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
						erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	Protección: + ... con limitaciones por suelo e inundación	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección con limitaciones por suelo e inundación	21	Seleccionar los polígonos para protección con limitaciones por suelo e inundación que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... con limitaciones por erosión y suelo	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección con limitaciones por erosión y suelo	22	Seleccionar los polígonos para protección con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... con limitaciones por erosión y clima	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección de nevados	28	Seleccionar los polígonos para protección de nevados que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima	23	Seleccionar los polígonos para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por	24	Seleccionar los polígonos para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
				erosión y suelo		limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+ ... con limitaciones por erosión y suelo, asociada a pasto de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a pasto de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	25	Seleccionar los polígonos para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a pasto de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+... con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo	26	Seleccionar los polígonos para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo que no hayan sido seleccionados anteriormente
	+... con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zona para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima	27	Seleccionar los polígonos para para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima que no hayan sido seleccionados anteriormente
	Actividad pesquera y otros cuerpos de agua:	Zonas productivas	Zonas para producción pesquera	Zona para pesca de subsistencia	16	Seleccionar los polígonos de cuerpos de agua que sean identificados

CAMPOS DE LA COBERTURA UEE RELEVANTES PARA EL MODELAMIENTO ZEE	ATRIBUTOS QUE DEBE CUMPLIR EL CAMPO SELECCIONADO	NIVEL 1 GRANDES ZONAS (ZONAS_GRAN)	NIVEL 2 ZONAS (SUB TITULOS) (ZONAS)	NIVEL 3 ZEE (ZEE)	CODIFICACIÓN LEYENDA (ZEECODE)	ALGORITMO
Aptitud productiva: Des_apti	Pesca de subsistencia					para pesca de subsistencia
	Otros cuerpos de agua sin actividad pesquera	Zona de protección y conservación ecológica	Zona de protección y conservación ecológica	Zonas para protección de lagunas y cochas	29	Seleccionar los polígonos de cuerpos de agua que no presenten actividad pesquera

3.2.5.3. Asignación de tipos de uso:

Los tipos de uso que se sugieren a cada Zona Ecológica y Económica deben ir en la base de datos y está determinada en niveles de clasificación:

Uso recomendable: Cuando la zona presenta aptitud para la categoría de uso en referencia y cuyo manejo apropiado produce un mínimo impacto.

Uso recomendable con restricciones: Cuando la zona presenta determinadas aptitudes para la categoría de uso en referencia, pero su implementación masiva presentan limitaciones, sea por los impactos negativos potenciales, restricciones legales o las probabilidades de éxito de la actividad.

Uso no recomendable: Cuando la zona no presenta aptitud para la categoría de uso y/o los impactos negativos de su implementación son altos.

No aplicable: Cuando la categoría de uso no tiene posibilidad real para ser implementada en la zona (Ej. Agricultura en ambientes acuáticos).

Estos niveles de calificación están basados en la interpretación y análisis técnico de las características físicas, biológicas, socioeconómicas y legales del territorio, en concordancia con el D:S: N° 087-2004-PCM

Los tipos de uso se determinan de acuerdo a las características propias del área de estudio y mediante las observaciones en los talleres con los especialistas que han elaborado los mapas. Para este caso se han determinado los siguientes tipos de uso.

Tabla N° 18. Tipos de uso sugeridos para la ZEE.

TIPOS DE USO
AGRICULTURA ANUAL
AGRICULTURA PERENNE
GANADERÍA
APROVECHAMIENTO FORESTAL MADERABLE
APROVECHAMIENTO DE PRODUCTOS NO MADERABLES
AGROFORESTERÍA
AGROSILVOPASTURA
PESCA DE SUBSISTENCIA
PESCA COMERCIAL
ACUICULTURA
TURISMO
ACTIVIDAD MINERA
CONSERVACIÓN
REFORESTACIÓN
CAZA DE SUBSISTENCIA
INVESTIGACIÓN
INFRAESTRUCTURA VIAL
INFRAESTRUCTURA URBANO INDUSTRIAL
ACTIVIDAD PETROLERA

IV. CONCLUSIONES

El uso de herramientas geo informáticas ha facilitado grandemente el estudio y entendimiento del territorio del VRA, aunque éste es un territorio muy complejo. Por estar ubicado en selva alta durante buena parte del año hay presencia de nubes por lo que el uso de imágenes ópticas presenta ciertos inconvenientes en términos de la interpretación visual. Es por ello que se recurre muchas veces a otro tipo de imágenes como las de RADAR para poder tener una noción de la constitución del territorio. Además hay ahora en el mercado una serie de productos que coadyuvan a la interpretación lo cual fue útil para los especialistas en cuanto al trabajo de caracterización de las unidades temáticas de cada disciplina.

Es importante tener como base cartográfica la hidrografía acondicionada con las nuevas imágenes además del mapa de fisiografía. Con esta data gráfica es posible construir los demás mapas temáticos pues de esta manera no se tendrán mayores inconvenientes al momento de hacer la integración o la unión de los mapas y generar la UEE.

En la etapa del Modelamiento ZEE se necesita tener mucho cuidado con los atributos de cada tema, pues de lo contrario el resultado podría salir equivocado. Para que esto no suceda en la etapa de integración de los datos o construcción de la UEE se hace un arreglo de inconsistencias no solamente desde el punto de vista gráfico, sino también en las tablas de atributos de los temas. Se debe procurar que éstos tengan relación; es decir, que las unidades caracterizadas coincidan con la de todos los mapas. *Ej. Si en el mapa de fisiografía tenemos terraza baja en el mapa forestal debe ser bosque de terraza baja y no otra unidad.*

Mediante el Modelamiento ZEE se obtuvo 34 unidades de las cuales 4 son con potencial para el cultivo en limpio, 6 para cultivos permanentes, 2 para pastos, 3 para producción forestal, 1 para pesca de subsistencia, 13 para protección y conservación ecológica, 3 para recuperación y finalmente 2 para la parte urbana y la expansión urbana e industrial.

En total se han elaborado 26 mapas en formato A0 de todos los temáticos, submodelos y la propuesta de ZEE. Además algunos mapas auxiliares como son el de la imagen de satélite y algunos auxiliares para clima (Isoyetas e isotermas).

V. RECOMENDACIONES

Se propone el uso de imágenes más recientes y de resolución media como SPOT para mejorar la interpretación del uso actual. Esto facilitaría caracterizar mejor las áreas intervenidas y deforestadas.

Tener los límites definitivos al momento de hacer la interpretación temática ya que nuevos límites significa nueva interpretación y esto hace que el trabajo se vea afectado en términos de tiempo y por consiguiente de resultados.

Las entidades estatales en la jurisdicción del estudio deben colaborar proporcionando sus datos a través de los formatos digitales de los mapas y de alguna otra fuente que sea oficial para incluirlas con tiempo en el análisis.

Que los talleres de consulta recojan información no solo sobre la ZEE sino también sobre las observaciones de los mapas temáticos, de tal manera esto pueda ser un filtro para la creación de los submodelos de evaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUZAI, Ernts. La Exploración Geodigital. 1ª. ed. Buenos Aires: Sud América, 2000. 179 p.

CHUVIECO, Emilio. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3ª. ed. Madrid: Rialp S.A. 1996. 568 p.

CHUVIECO, Emilio. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. 1ª. ed. Madrid: HUROPE S.L. 2002. 586 p.

ERDAS Inc. Field Guide. 5a ed. Atlanta: ERDAS Inc. 1999. 292 p.

ERDAS Inc. Tour Guide. 5a. ed. Atlanta: ERDAS Inc. 1999. 290 p.

ESRI Inc. Understanding GIS. The ARC/INFO Method. Self-study workbook. 1a. ed. Redlands: ESRI Inc. 1990. 540 p.

ESRI Inc. ARCVIEW GIS. Using ArcView GIS. 1a. ed. Redlands: ESRI Inc. 1996. 350 p.

FACHIN, Lizardo; RODRIGUEZ, Fernando y LIMACHI, Luis. Módulos de práctica para el curso de Ordenamiento Ambiental. Versión 3.0. Iquitos. 2006. 113 p.

IIAP. Zonificación de Bosques del Departamento de San Martín. 1ª. ed. Iquitos. 1997.

IIAP, BIODAMAZ. Manual para la elaboración de mosaicos de imágenes de satélite Landsat TM para la selva baja peruana. Documento Técnico Nro. 03. serie IIAP-BIODAMAZ. 1ª. ed. Iquitos: Dominios Publicidad. 2004. 120 p.

IIAP - GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN. Las Potencialidades y limitaciones del departamento de San Martín. Zonificación Ecológica Económica como base para el Ordenamiento Territorial. 1ª. ed. Lima: Punto y Grafía S.A.C. 2009. 208 p.

IIAP - CONSEJO TRANSITORIO DE ADMINISTRACIÓN REGIONAL DE MADRE DE DIOS. Propuesta de Zonificación Ecológica Económica como base para el Ordenamiento Territorial. Madre de Dios camino al desarrollo sostenible. 1ª. ed. Lima: Impresiones C.E.T.A. 2001. 135 p.

IIAP - PRODATU. Zonificación Ecológica y Económica. Tocache hacia el desarrollo sostenible. 1ª. ed. Lima. 2006. 144 p.

NASA. Landsat 7. Science data user handbook. Disponible en:

<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook.html> Fecha de consulta 02 de junio de 2010.

ONERN. Clasificación de las Tierras el Perú. 1ª. ed. Lima: Editorial ONERN. 1982. 113 p.

ROGERO, Victor. Cartografía y Geodesia Satelital. 1ª. ed. Lima: Editorial y Productora Grafía “Nuevo Mundo”. 1995. 231 p.

TCA. Zonificación Ecológica - Económica. Instrumento para la conservación y el desarrollo sostenible de los recursos de la Amazonía. Memorias de la reunión regional. 1ª. ed. Manaus. 1994. 382 p.

TCA. Propuesta metodológica para la Zonificación Ecológica - Económica para la amazonía. Memorias del seminario taller. 1ª. ed. Santafé de Bogotá. 1996. 265 p.

TCA - BID. Manual de Zonificación Ecológica - Económica para la amazonía peruana. 1ª. ed. Lima. 1998. 153 p.

USGS. Imágenes satelitales Landsat. Disponible en: <http://www.imagenesgeograficas.com/Landsat.html> Fecha de consulta 02 de junio de 2010.

ANEXOS

Anexo Nº 1. Recurso web para la descarga de imágenes de satélite.

Para poder tener una idea de las condiciones de las imágenes distribuidas por el INPE se hace uso de una interfase que permite visualizar las imágenes a manera de quicklooks (vistas rápidas) <http://www.inpe.br/> existiendo el vínculo <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, antes de hacer estas visitas es preciso registrarse para poder recibir las respuestas a al correo electrónico indicándonos la manera cómo descargar las imágenes, después de haber realizado el pago respectivo.



Anexo N° 2. Sintaxis para el modelamiento de la ZEE VRA. Método de Exclusión.

MÉTODO DE EXCLUSIÓN

SINTAXIS PARA EL MODELAMIENTO DE LA ZEE VRA

- **¿Es un Área Natural Protegida?**
([Anp_cate] = "Reserva Comunal")
- **¿Es un centro poblado urbano?**
([Expa_vocur] = "Urbano")
- **¿Es un área de expansión urbana industrial?**
([Expa_vocur] = "Urbano") and ([Zonas_gran] = "")
- **¿Es un área de alto y muy alto valor bioecológico?**
([Des_valeco] = "Alto") or ([Des_valeco] = "Muy alto") and ([Zonas_gran] = "")
- **¿Es un área singular?**
([Des_veget] = "Comunidades de Puya raimondii"
[Des_veget] = "Bosques de Polylepis")
- **¿Tiene algún conflicto de uso?**
 - ([Des_confu] = "Zona de conflicto por uso agropecuario de tierras de protección") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_confu] = "Zonas de conflicto por uso agropecuario de asociación de tierras de producción forestal con tierras de protección") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_confu] = "Zona de conflicto por uso agropecuario de asociación de tierras de protección con tierras de producción forestal") and ([Zonas_gran] = "")
- **¿Tiene aptitud para cultivos en limpio?**
 - ([Des_apti] = "Tierras para cultivo en limpio de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo e inundación") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_apti] = "Tierras para cultivo en limpio asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_apti] = "Tierras para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por erosión, suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_apti] = "Tierras para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")

➤ **¿Tiene aptitud para cultivos permanentes?**

- ([Des_apti] = "Tierras para cultivo permanente de calidad agrológica media a baja con limitaciones por suelo con potencial piscícola alto a muy alto") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para cultivo permanente asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para cultivo permanente asociada a forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, asociada a protección con limitaciones por suelo") and ([Zonas_gran] = "")

➤ **¿Tiene aptitud para manejo de pastos?**

- ([Des_apti] = "Tierras para pastos asociada a cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para pastos asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")

➤ **¿Tiene aptitud para producción forestal?**

- ([Des_apti] = "Tierras para producción forestal asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para producción forestal asociada a pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociada a protección con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")

➤ **¿Tiene aptitud para protección?**

- ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por suelo e inundación") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por erosión, suelo y clima") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima") and ([Zonas_gran] = "")
- ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")

- ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a pasto de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociada a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima") and ([Zonas_gran] = "")
 - ([Des_apti] = "Tierras para protección con limitaciones por erosión y clima") and ([Zonas_gran] = "")
 - Nota: Se reemplaza la descripción por Zona de protección de nevados
 - ([Des_apti] = "Sin actividad pesquera") and ([Zonas_gran] = "")
- **¿Tiene aptitud para pesca?**
- ([Des_apti] = "Pesca de subsistencia") and ([Zonas_gran] = "")

Anexo Nº 3. Tabla de atributos del mapa de Geología.

MAPA DE GEOLOGÍA	
GEOLCODE	DES_GEOL
1	Depósitos aluviales recientes
2	Depósitos glaciáricos
3	Depósitos aluviales subrecientes
4	Formación Ucayali
5	Formación Chambira
6	Formación Ccollpaccasa
7	Formación Tambo
8	Grupo Yuncaypata
9	Plutones de dioritas y dacitas (Ks)
10	Formación Chulec
11	Grupo Goyllarisquizga
12	Grupo Pucará
13	Grupo Maynique (Formación Ene)
14	Grupo Copacabana
15	Grupo Tarma
16	Intrusivo granito granodiorita
17	Plutones Eohercénicos
18	Grupo Ambo
19	Grupo Cabanillas
20	Formación Ananea
21	Formación Sandía
22	Formación San José
23	Complejo Marañón
99	Cuerpos de agua

Anexo Nº 4. Tabla de atributos del mapa de Geomorfología.

MAPA DE GEOMORFOLOGÍA	
GEOMCODE	DES_GEOM
1	Llanura de inundación fluvial
2	Abanico aluvial
3	Barras
4	Islas
5	Llanura no inundable holocénica
6	Planicies erosivas pleistocénicas
7	Montañas calcáreas mesozoicas
8	Valle glaciar
9	Montañas estructurales (plegadas)
10	Montañas intrusivas mesozoicas
11	Colinas estructurales denudadas
12	Valle fluvioaluvial
13	Montañas graníticas paleozoicas
14	Montañas denudadas paleozoicas
15	Montañas metamórficas paleozoicas
16	Montañas metamórficas precambriano
17	Montañas calcáreas paleozoicas
99	Cuerpos de agua

Anexo N° 5. Tabla de atributos del mapa de Fisiografía.

MAPA DE FISIOGRAFÍA	
FISIOCODE	DES_FISIO
1	Montañas altas de laderas moderadamente empinadas
2	Montañas altas de laderas empinadas
3	Montañas altas de laderas muy empinadas
4	Montañas altas de laderas extremadamente empinadas
5	Montañas altas de cimas convexas
6	Montañas altas de valles intramontanos fondo en V
7	Montañas altas de valles intramontanos fondo plano
8	Talud - Escarpe
9	Montañas altas Nevado
10	Montañas bajas de laderas moderadamente empinadas
11	Montañas bajas de laderas empinadas
12	Montañas bajas de laderas muy empinadas
13	Montañas bajas de laderas extremadamente empinadas
14	Montañas bajas de cimas convexas
15	Montañas bajas de valles intramontanos fondo plano
16	Talud - Escarpe
17	Montañas altas de laderas moderadamente empinadas
18	Montañas altas de laderas empinadas
19	Montañas altas de laderas muy empinadas
20	Montañas altas de laderas extremadamente empinadas
21	Montañas altas de laderas estructurales
22	Montañas bajas - Cuesta
23	Montañas bajas de laderas empinadas
24	Montañas bajas de laderas muy empinadas
25	Valle intramontano de drenaje bueno a moderado
26	Abanico Terraza ligeramente disectada
27	Talud - Escarpe
28	Colinas altas ligera a moderadamente disectadas
29	Colinas altas fuertemente disectadas
30	Colinas bajas ligera a moderadamente disectadas
31	Terrazas altas ligera a moderadamente disectada
32	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado
33	Playas, playones o bancos de arena
34	Islas
35	Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado
99	Cuerpos de agua

Anexo Nº 6. Tabla de atributos del mapa de Suelos.

MAPA DE SUELOS	
SUELOCODE	SUE_SERIE
1	Apurimac
2	Caña Brava
3	Iskapuqui
4	Platano
5	Kalquina
6	Monterrico
7	Toldo Mayo
8	Topa
9	Tunkimayo
10	San Antonio
11	Occopeca
12	Pampamonte
13	Colpacasa
14	Hallhas
15	Ñahuinpuquio
16	San Pantuari
17	Terraza
18	Alto Kimbiri
19	Antena
20	Café
21	Mirador
22	Chirumpiari
23	Tauribamba
24	Catarata
25	Periabenta
26	Pichari Bajo
27	Santa Rosa
28	Capilla Pampa
29	Cochapata
30	Colcabamba
31	Pampas
32	Platano - Pampahermosa
33	Valle - Wayracpata
34	Tintay - Uchi Shuis
35	Leche Mayo - Porvenir
36	Buena Gana - Tunkimayo
37	Chungui - Colpacasa
38	Ñauinpuquio - Colpacasa
39	Huallhas - Santa Rosa
40	Huallhas-Chupana
41	Huallhas-Llachuas
42	Mijnocolpa - Llachuas
43	Chirumpiari - Cochapata
44	Chirumpiari - Toldo Mayo
45	Café - Arwimayo
46	Café - Buena Gana
47	Carmenpampa - Gringo Yacu
48	Pampaconas I - Pampaconas II
49	Libertad - Mirador
50	Tauribamba - Llachuas
51	Huasicancha - Colpacasa
52	Cacao - Gringo Yacu
53	Chupivana - Mantaro
54	Huachocolpa I - Huachocolpa II
55	Llacchuas - Misceláneo
56	Chancara I - Chancara II
57	Misceláneo
58	Nevado
99	Cuerpos de agua

Anexo N° 7. Tabla de atributos del mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras.

MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS		
CAPUCODE	SIMB_CAPU	DES_CAPU
1	A3si	Tierras aptas para cultivo en limpio de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo e inundación
2	C2s	Tierras aptas para cultivo permanente de calidad agrológica media con limitaciones por suelo
3	C3s	Tierras aptas para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo
4	C3es	Tierras aptas para cultivo permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
5	Xsi	Tierras aptas para protección con limitaciones por suelo e inundación
6	Xesc	Tierras aptas para protección con limitaciones por erosión, suelo y clima
7	Xec	Tierras aptas para protección con limitaciones por erosión y clima
8	A2sc - Xes	Tierras aptas para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima, asociadas a protección con limitaciones por erosión y suelo
9	A2esc - Xes	Tierras aptas para cultivo en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por erosión, suelo y clima, asociadas a protección con limitaciones por erosión y suelo
10	A3es - C3es	Tierras aptas para cultivo en limpio de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
11	C3es - F3es	Tierras aptas para cultivo en permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
12	C3esc - F3esc	Tierras aptas para cultivo en permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima, asociadas a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima
13	C3s - Xs	Tierras aptas para cultivo en permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, asociadas a protección con limitaciones por suelo
14	C3es - Xs	Tierras aptas para cultivo en permanente de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a protección con limitaciones por suelo
15	P2sc - A2sc	Tierras aptas para manejo de pastos de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima, asociadas a cultivos permanentes de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima
16	P3es - C3es	Tierras aptas para manejo de pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
17	F3es - C3es	Tierras aptas para producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
18	F3es - P3es	Tierras aptas para producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a manejo de pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
19	F3es - Xes	Tierras aptas para producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a protección con limitaciones por erosión y suelo
20	Xes - A2sc	Tierras aptas para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a cultivos en limpio de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y clima
21	Xes - C3es	Tierras aptas para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
22	Xes - P3esc	Tierras aptas para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a manejo de pastos de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima
23	Xes - F3es	Tierras aptas para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión y suelo
24	Xes - F3esc	Tierras aptas para protección con limitaciones por erosión y suelo, asociadas a producción forestal de calidad agrológica baja con limitaciones por erosión, suelo y clima
99	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua

Anexo N° 8. Tabla de atributos del mapa de Cuencas Hidrográficas.

MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICA		
CUENCACODE	DES_CUEN	CABCUEN
1	Río Ancón	No cabecera de cuenca
2	Río Apurímac	No cabecera de cuenca
3	Río Armas	No cabecera de cuenca
4	Río Chimacota	No cabecera de cuenca
5	Río Chirumpiari	No cabecera de cuenca
6	Río Chunchubamba	No cabecera de cuenca
7	Río Huarjamayo	No cabecera de cuenca
8	Río Itigalo	No cabecera de cuenca
9	Río Mapitunari	No cabecera de cuenca
10	Río Maquete	No cabecera de cuenca
11	Río Otari	No cabecera de cuenca
12	Río Pampaconas	No cabecera de cuenca
13	Río Pampas	Cabecera de cuenca
14	Río Pichari	No cabecera de cuenca
15	Río Piene	No cabecera de cuenca
16	Río Quimbiri	No cabecera de cuenca
17	Río Quinquivi	No cabecera de cuenca
18	Río Quisto	No cabecera de cuenca
19	Río Samugari	No cabecera de cuenca
20	Río Santa Rosa	No cabecera de cuenca
21	Río Siquivini	No cabecera de cuenca
22	Río Teresa	No cabecera de cuenca
23	Otros	No cabecera de cuenca
24	Río Quempiri	No cabecera de cuenca
25	Río Huancuy	Cabecera de cuenca
26	Río Huarochirí	No cabecera de cuenca
27	Río Igosohuayja	No cabecera de cuenca
28	Río Imaybamba	No cabecera de cuenca
29	Río Mantaro	No cabecera de cuenca
30	Río Matibamba	Cabecera de cuenca
31	Río Pacchanga	No cabecera de cuenca
32	Río Paraiso	No cabecera de cuenca
33	Río Upamayo	Cabecera de cuenca
34	Río Vizcatán	No cabecera de cuenca
35	Otros	No cabecera de cuenca
36	Río Concevidayoc	Cabecera de cuenca
37	Río Vilcabamba	Cabecera de cuenca
38	Río San Miguel	Cabecera de cuenca

Anexo Nº 9. Tabla de atributos del mapa de Clima.

MAPA DE CLIMA	
CLIMACODE	DES_CLIMA
1	Muy húmedo y cálido
2	húmedo y cálido
3	Moderadamente húmedo, semicálido
4	Semiseco y árido, cálido; con invierno seco
5	Semiseco, semifrío; con otoño, invierno y primavera seco
6	Semiseco, templado cálido; con otoño e invierno seco
7	Semiseco, frío moderado; con invierno seco
8	Seco, frígido glacial de tundra
99	Cuerpos de agua

Anexo Nº 10. Tabla de atributos del mapa Forestal.

MAPA FORESTAL	
FORESCODE	DES_FORES
1	Bosque humedo de montañas bajas Laderas empinadas
2	Bosque humedo de montañas bajas Laderas muy empinadas
3	Bosque humedo de montañas altas Laderas moderadamente empinadas
4	Bosque humedo de montañas altas Laderas empinadas
5	Bosque humedo de montañas altas Laderas muy empinadas
6	Bosque humedo de montañas altas Laderas extremadamente empinadas
7	Pacal de montañas altas
8	Bosque seco amazonico
9	Bosque seco
10	Matorrales
11	Pajonal
12	Nevados
13	Playas, playones o bancos de arena
100	Areas intervenidas
200	Deforestacion
99	Cuerpos de agua

Anexo N° 11. Tabla de atributos del mapa de Vegetación.

MAPA DE VEGETACIÓN	
VEGETCODE	DES_VEGET
1	Herbazales altoandinos (Pajonales)
2	Arbustal altoandino
3	Comunidades de Puya raimondii
4	Bosques de Polylepis
5	Bosque de neblinas
6	Bosques de montañas altas
7	Bosques de montañas bajas
8	Comunidades de Guadua
9	Bosque subxerofítico de la cuenca del río Apurimac
10	Arbustales dispersos y espinosos subserofíticos
11	Bosque ralo xerofítico con cactáceas columnares
12	Complejo de vegetación sucesión ripario
98	Nevados
100	Áreas intervenidas andinas
200	Complejo de chacras y purmas amazónicas
99	Cuerpos de agua

Anexo N° 12. Tabla de atributos del mapa de Fauna.

MAPA DE FAUNA	
FAUNACODE	DES_FAUNA
1	Bosque primario intacto
2	Bosque primario moderadamente alterado
3	Bosque primario muy alterado asociado a bosque secundario
4	Bosque residual asociado a purmas, chacras y pajonales
5	Área Natural Protegida
44	Islas
98	Nevados
99	Cuerpos de agua

Anexo Nº 13. Tabla de atributos del mapa de Uso Actual.

MAPA DE USO ACTUAL	
USOCODE	DES_USO
1	Área agrícola con cultivos tropicales transitorios
2	Área agrícola con cultivos permanentes de cacao, café y plátano
3	Área agrícola con cultivos andinos transitorios y ganadería
4	Área agrícola con cultivos tropicales de subsistencia
5	Área agrícola con cultivos permanente arbustivo de coca
6	Área para pastoreo andino de subsistencia
7	Área de aprovechamiento informal de productos de bosques amazónicos
8	Área intervenida dentro de Comunidades Nativas
9	Área intervenida dentro de Área Naturales Protegidas
10	Área de aprovechamiento de subsistencia de matorales y herbazales andinos
11	Área para aprovechamiento de minerales no metálicos para construcción
12	Nevados
13	Área con uso urbano
99	Cuerpos de agua

Anexo Nº 14. Tabla de atributos del mapa de Potencial Forestal.

MAPA DE POTENCIAL FORESTAL	
POTFORCODE	DES_POTFOR
1	Muy alto
2	Medio
3	Bajo
4	Muy bajo
99	Cuerpos de agua

Anexo Nº 15. Tabla de atributos del mapa de Potencialidades Socioeconómicas.

POTENCIALIDADES SOCIECONÓMICAS	
POTENCODE	DES_POTEN
1	MUY BAJO
2	BAJO
3	MEDIO
99	Cuerpos de agua