UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

E.A.P DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA

Aplicación de los sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio para determinar la capacidad de acogida del Callejón de Conchucos para el uso agrícola

TESIS

para optar el titulo profesional de Ingeniero Geógrafo

AUTOR

Joshsep Julio Atilio Fernandez Flores

Lima – Perú

2007

Dedicatoria

A nuestros padres y hermanos por su apoyo y
compresión a lo largo de estos años…

Agradecimientos

Expresamos nuestra gratitud a nuestros Asesores de Tesis: Ing. Luís Garnica Gonzáles e Ing. José Quispe Vílchez por su apoyo y orientación en la realización de este trabajo; asimismo, nuestro agradecimiento a los profesores de la escuela de Ingeniería Geográfica y a los profesionales que orientaron nuestros objetivos…

ÍNDICE

RESUMEN 12

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 13

1.1 CAPACIDAD DE ACOGIDA Y LOS CRITERIOS DE SU EVALUACIÓN 13

1.2 JUSTIFICACIÓN 14

1.3 OBJETIVOS 15

1.3.1 Objetivo General 15

1.3.2 Objetivos Específicos 15

1.4 MARCO LEGAL 15

CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO: Callejón de Conchucos 18

2.1 UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN 18

2.2 ESCENARIO ACTUAL 21

CAPÍTULO III. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y BASE DE DATOS ESPACIALES 27

3.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 27

3.1.1 Elementos de un SIG 28

3.1.2 Estructura de los SIG 29

3.1.3 Objetos Espaciales 30

3.1.4 Modelo de Datos Espaciales 31

3.1.5 Operaciones y Análisis en los SIG 32

3.2 BASE DE DATOS ESPACIAL O GEODATABASE 34

3.2.1 Tipos de Geodatabase 34

3.2.2 Elementos de la Geodatabase 36

3.2.3 Modelado de una Base de Datos Espacial 39

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC) 41

4.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y ANTECEDENTES DE LA EMC 41

4.2 ELEMENTOS DE LA EMC EN EL CONTEXTO DE LOS SIG 42

4.2.1 Objetivos y Alternativas 42

4.2.2 Los Criterios: Factores y Limitantes 43

4.2.3 Las Reglas de Decisión 44
4.2.4 La Evaluación y las Matrices la EMC 45
4.3 INTEGRACIÓN DE LOS MÉTODOS DE LA EMC Y LOS SIG 47
4.3.1 Posibilidades y problemas en la integración de los SIG y la EMC 47
4.3.2 Fases de aplicación de un proceso de EMC 48
4.4 MÉTODOS DE EMC 50

CAPÍTULO V. METODOLOGÍA 52
5.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN 52
5.2 SELECCIÓN DE CRITERIOS 55
5.3 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL 58
5.4 ELABORACIÓN DE TEMÁTICOS 65
5.4.1 Modelamiento Espacial 65
5.4.2 Mapa Base 67
5.4.3 Factor de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras 70
5.4.4 Factor de Ecología 76
5.4.5 Factor de Potencial Hídrico 79
5.4.6 Factor de Accesibilidad 84
5.4.7 Factor de Vulnerabilidad 86
5.4.8 Factor del Área catastrada 88
5.4.9 Factor de Índice de Desarrollo Humano 90
5.4.10 Limitante de Áreas Protegidas 92
5.4.11 Limitante de Concesiones Mineras 94
5.5 PONDERACIÓN Y VALORACIÓN DE FACTORES MEDIANTE EL MÉTODO DE JERARQUÍAS ANALÍTICAS (MJA) 94
5.5.1 Método de Comparación de Pares 97
5.5.2 Asignación de Pesos a los Factores dentro del MJA 100
5.5.3 Valoración de las Clases del Factor Capacidad de Uso Mayor 101
5.5.4 Valoración de las Clases del Factor Ecología 102
5.5.5 Valoración de las Clases del Factor Potencial Hídrico 102
5.5.6 Valoración de las Clases del Factor Accesibilidad 103
5.5.7 Valoración de las Clases del Factor Vulnerabilidad 104
5.5.8 Valoración de las clases del Factor Índice de Desarrollo Humano 105
5.5.9 Valoración de las Clases del Factor Áreas Catastradas 105

5.6 ELABORACIÓN DE LOS MODELOS DE SUMATORIA LINEAL PONDERADA (SLP) Y DISTANCIA AL PUNTO IDEAL (DPI) 106
5.6.1 Elaboración de Submodelos:
Zonas de Evaluación y de Exclusión Absoluta 106
5.6.2 Elaboración del Modelo Sumatoria Lineal Ponderada 108
5.6.3 Elaboración del Modelo Distancia al Punto Ideal 110

CAPÍTULO VI. RESULTADOS 114
6.1 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL MODELO DE CAPACIDAD DE ACOGIDA 114
6.1 CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL CALLEJÓN DE CONCHUCOS 117

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 122
7.1 CONCLUSIONES 122
7.2 RECOMENDACIONES 124

CAPÍTULO VIII. BIBLIOGRAFÍA 125

ANEXOS 127

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº 2.1: Distritos del Callejón de Conchudos 20
Cuadro Nº 2.2: Superficie Sembrada según tipo de agricultura 25
Cuadro Nº 2.3: Superficie Cosechada Según tipo de agricultura 26
Cuadro Nº 3.1: Relaciones Espaciales 39
Cuadro Nº 5.1: Factores 55
Cuadro Nº 5.2: Limitantes Absolutos 55
Cuadro Nº 5.3: Pendiente en Grados según Clase 75
Cuadro Nº 5.4: Clases del Factor F_CUM 75
Cuadro Nº 5.5: Uso actual y Vocación o Potencial de las Clases del Factor 79
Cuadro Nº 5.6: Clases del factor F_ECOLOGIA 79
Cuadro Nº 5.7: Cuencas 83
Cuadro Nº 5.8: Intercuencas 83
Cuadro Nº 5.9: Clases del factor F_PHIDRICO 84
Cuadro Nº 5.10: Áreas de Influencia 86
Cuadro Nº 5.11: Clases del factor F_ACCESIBILIDAD 86
Cuadro Nº 5.12: Clases del factor F_VULNERABILIDAD 88
Cuadro Nº 5.13: Clases del factor F_ACATASTRADA 90
Cuadro Nº 5.14: Clases del factor F_IDH 92
Cuadro Nº 5.15: Clases del limitante Absoluto L_APROTEGIDAS 92
Cuadro Nº 5.16: Clases del limitante absoluto L_CONMINERAS 94
Cuadro Nº 5.17: Juicios de Valor de los Criterios 100
Cuadro Nº 5.18: Eingenvalor Principal de los Criterios 100
Cuadro Nº 5.19: Juicios de Valor de las clases del factor Capacidad de Uso Mayor 101
Cuadro Nº 5.20: Eingenvalor Principal de las clases del factor Capacidad de Uso Mayor 101
Cuadro Nº 5.21: Juicios de Valor de las clases del factor Ecología 102
Cuadro Nº 5.22: Eingenvalor Principal de las clases del factor Ecología 102
Cuadro Nº 5.23: Juicios de Valor de las clases del factor Potencial Hídrico 103
Cuadro Nº 5.24: Eingenvalor Principal de las clases del factor Potencial Hídrico 103
Cuadro Nº 5.25: Juicios de Valor de las clases del factor Accesibilidad 103
Cuadro Nº 5.26: Eingenvalor Principal de las clases del factor Accesibilidad 104
Cuadro Nº 5.27: Juicios de Valor de las clases del factor Vulnerabilidad 104
Cuadro Nº 5.28: Eingenvalor Principal de las clases del factor Vulnerabilidad 104

Cuadro Nº 5.29: Juicios de Valor de las clases del factor IDH 105
Cuadro Nº 5.30: Eingenvalor Principal de las clases del factor IDH 105
Cuadro Nº 5.31: Juicios de Valor de las clases del factor Áreas Catastradas 106
Cuadro Nº 5.32: Eingenvalor Principal de las clases del factor Áreas Catastradas 106
Cuadro Nº 6.1: Clasificación y Recategorización mediante el método Natural Break 115
Cuadro Nº 6.2: Áreas y Rangos de los MA_SLP y MA_DPI 116
Cuadro Nº 6.3: Distribución del Modelo DPI dentro del Área de Estudio 117

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº 2.1: Vista Satelital 18
Figura Nº 2.2: Mapa de Ubicación 19
Figura Nº 3.1: Estructuración de los Datos Espaciales 30
Figura Nº 3.2: Objetos Geométricos 30
Figura Nº 3.3: Modelo de Datos Espaciales 32
Figura Nº 3.4: Elementos de la Geodatabase 36
Figura Nº 4.1: Integración entre SIG y EMC 43
Figura Nº 4.2: Matriz de Evaluación 46
Figura Nº 4.3: Matriz de Prioridades 46
Figura Nº 4.4: Matriz de Valoración 47
Figura Nº 4.5: Fases de un proceso de EMC en un entorno SIG 49
Figura Nº 4.6: Técnicas de Evaluación Multicriterio 50
Figura Nº 5.1: Modelo Entidad – Relación 59
Figura Nº 5.2: Modelo Lógico – WorkSpace 61
Figura Nº 5.3: Modelo Lógico – Entidades 62
Figura Nº 5.4: Modelo Lógico – Criterios 63
Figura Nº 5.5: Modelo Lógico – Modelo 64
Figura Nº 5.6: Modelo Físico 66
Figura Nº 5.7: Proceso del Modelamiento Espacial 65
Figura Nº 5.8: Diagrama de Modelamiento Espacial 68
Figura Nº 5.9: Orden de las cuencas 82
Figura Nº 5.10: Frecuencia de Distribución de las distancias de los CCPP a las Vías 86
Figura Nº 5.11: Matriz de Comparación 97
Figura Nº 5.12: Escala de Asignación de Juicios de Valor 98

Figura Nº 5.13: Matriz de Valores Normalizados 98
Figura Nº 5.14: Eingenvector Principal y su Normalización 98
Figura Nº 5.15: Orden de la Matriz y su Índice aleatorio 100
Figura Nº 6.1: Rango SLP Vs. Rango DPI 115
Figura Nº 6.2: Áreas SLP Vs. Áreas DPI 116

LISTA DE FOTOS

Foto Nº 2.1 Agricultura de Secano 24
Foto Nº 6.1: Vista panorámica de Chacas 120
Foto Nº 6.2: Vista panorámica de San Luís 120
Foto Nº 6.3: Vista panorámica de Acobamba 121

LISTA DE MAPAS

Mapa Nº 1 Topográfico 69
Mapa Nº 2 Político 71
Mapa Nº 3 Capacidad de Uso Mayor 72
Mapa Nº 4 Ecología 77
Mapa Nº 5 Potencial Hídrico 80
Mapa Nº 6 Accesibilidad 85
Mapa Nº 7 Vulnerabilidad 87
Mapa Nº 8 Área Catastrada 89
Mapa Nº 9 Índice de Desarrollo Humano 91
Mapa Nº 10 Área Natural Protegida 93
Mapa Nº 11 Concesiones Mineras 95
Mapa Nº 12 Mapa de Zonas de Evaluación 107
Mapa Nº 13 Mapa de Zonas de Exclusión Absoluta 109
Mapa Nº 14 Modelo de Capacidad de Acogida SLP 111
Mapa Nº 15 Modelo de Capacidad de Acogida DPI 113
Mapa Nº 16 Capacidad de Acogida 118

RESUMEN

La Capacidad de Acogida, en concepto, es el grado de idoneidad de un territorio para asimilar una actividad, es un término muy utilizado dentro de los procesos de ordenamiento territorial. Dentro de estos procesos, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han jugado un papel importante como herramienta de análisis y procesamiento de la información espacial; de igual manera, las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) han beneficiado la toma de decisiones y la planificación de proyectos; en la actualidad, los SIG y las técnicas de EMC se complementan y se consolidan como una potente herramienta para la planificación territorial.

El objetivo de la tesis se centra en elaborar un modelo de Capacidad de Acogida que determine las zonas aptas para el desarrollo de la actividad agrícola, para ello se evalúan un conjunto de criterios, denominados factores y limitantes. Seleccionados los criterios, se realiza una ponderación a los factores y una valoración a las clases que compone cada factor mediante la técnica de EMC Método de Jerarquías Analíticas (AHP del inglés Analytic Hierarchy Process); seguidamente, se ingresan los resultados de cada criterio al SIG. En el SIG se realiza el geoprocesamiento de la información y se aplica las técnicas EMC de Sumatoria Lineal Ponderada (SLP) y Distancia al Punto Ideal (DPI), derivando por ello dos modelos a comparar. La selección del modelo final se realiza comparando cada uno de ellos con el uso actual (Marco de Área de la Encuesta Nacional de Producción y Ventas – ENAPROVE), siendo seleccionado el modelo realizado por la técnica EMC Distancia al Punto Ideal, debido a que la superficie calculada presentan una mayor aproximación al uso actual.

El ámbito de desarrollo de la tesis es el Callejón de Conchucos, este “callejón” se encuentra flanqueado al oeste por la Cordillera Blanca y al este por el Río Marañón, en el departamento de Ancash. En tiempos prehispánicos, este territorio dio origen a una revolución agrícola por las condiciones geográficas excepcionales que presentaba y en la actualidad, es un territorio que sobrevive, de esta revolución agrícola, a la extrema pobreza que afecta muchas regiones de los andes.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 CAPACIDAD DE ACOGIDA Y LOS CRITERIOS DE SU EVALUACIÓN

La capacidad de acogida es un concepto que se ha utilizado desde hace años en el ordenamiento Territorial y se puede definir como *"el grado de idoneidad que presenta el territorio para una actividad, teniendo en cuenta a la vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio"* (Gómez Orea, 1992 citado por Barredo y Gómez, 2005); en este sentido, un lugar tendrá mayor capacidad de acogida cuando presente una mayor aptitud y un menor impacto. A su vez, la capacidad acogida, valora el potencial y las restricciones naturales para la instalación de una actividad o uso de suelo en un determinado espacio.

Existen dos enfoques para la realización de los modelos de capacidad de acogida: el enfoque de Aptitud y el enfoque de Impacto - Aptitud. El primero es un conjunto de idoneidades locales que debe poseer un territorio para acoger una determinada actividad, dependiendo de los factores presentes en el medio; este enfoque permite la valoración o pesos en función de su relevancia para la actividad. El segundo enfoque integra las idoneidades locales y el impacto potencial de dichas actividades sobre el medio; este enfoque permite la valoración o pesos, tanto a las aptitudes como al impacto, en función de su relevancia para la actividad evaluada.

El estudio tomará, para la generación de modelos de capacidad de acogida, el enfoque de Aptitud, basándose primero en que la actividad agrícola presente, es una actividad que se viene desarrollando desde el período preincaico, *"…la cueva de Guitarrero, en la provincia de Yungay, es considerada uno los grandes testimonios del origen de la agricultura en América, desde que allí descubrió el norteamericano Thomas F. Lynch, en 1969, restos pertenecientes a grupos avanzados de recolectores–cazadores que incluían instrumentos líticos, cordeles, redes y muestras de cultivo incipiente de maíz, fréjol y ají, de más de ocho mil años de antigüedad*" (Atlas Ancash, 2003). Asimismo, la actividad agrícola presente no tiene un nivel de desarrollo alto, y no puede ser considerado como una amenaza de impacto significativo para el medio, lo que ha garantizado su permanencia y la sostenibilidad de los habitantes que la realizan.

Los criterios para la generación del modelo de capacidad de acogida, toma como referencia los criterios utilizados en los Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza al considerar criterios como los "*recursos naturales básicos disponibles, comprendidos el agua, las tierras, las zonas de pastoreo y de bosques; el clima, del cual la altura es un elemento determinante; el paisaje, comprendida la pendiente; la dimensión de la finca, el régimen y la organización de la tenencia de la tierra*". Adicionalmente, se han considerado criterios como el índice de desarrollo humano, riesgo de vulnerabilidad y accesibilidad, las zonas que presenten estos criterios, en condiciones óptimas, constituirán un escenario óptimo para acoger la actividad agrícola. También se ha considerado limitantes absolutos, aquellos que limitan o restringen en su totalidad la realización de esta actividad, así en el área de estudio se han considerado dos limitantes importantes: el Parque Nacional del Huascarán y las concesiones mineras.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Hasta el momento son pocos los trabajos que se han desarrollado sobre estudios de Capacidad de Acogida, que integren las técnicas de Evaluación Multicriterio con los Sistemas de Información Geográfica, esta integración es muy apropiada para conseguir resultados objetivos, porque se utilizan y evalúan un número significativo de criterios y alternativas.

Es importante incorporar nuevas metodologías o técnicas en los estudios que buscan aprovechar los recursos de nuestro país e impulsar las actividades que en él se desarrollen, principalmente en aquellas actividades primarias que son fuente de empleo de un alto porcentaje de la población que habitan en las áreas rurales de la sierra, de las cuales el 57.9% (UNFPA PERÚ, 2005) presentan pobreza extrema.

En el marco de nuevas políticas que pretenden dar solución al fuerte índice de pobreza en la región sierra, como el impulso a la exportación de productos, nos preguntamos ¿Cuántos estudios previos se han realizado que consideren la capacidad de esta región para el desarrollo de las actividades que se pretenden impulsar?. De esta inquietud nace la premisa, cuanto mas nos interesemos en desarrollar metodologías y elaborar estudios que apoyen la toma de decisiones, mostrando alternativas mas optimas, los recursos económicos que se emplean para el desarrollo de las zonas serán mejor empleados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar un modelo de Capacidad de Acogida de Aptitud que muestre las zonas mas aptas para el uso agrícola en el Callejón de Conchucos, bajo la evaluación de criterios físicos y socioeconómicos. Para ello se integraran las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.3.2 Objetivos Específicos

- Mejorar la gestión de la información, generando una Base de Datos que almacene la información Gráfica y Alfanumérica de las principales variables que se utilizara en el proceso de evaluación.
- Elaborar mapas temáticos por cada criterio seleccionado, importante para la evaluación de la capacidad de acogida dentro del área de estudio.
- Generar dos modelos bajo la aplicación de dos técnicas de EMC "Distancia al Punto Ideal" y "Sumatoria Lineal Ponderada".
- Analizar y comparar los resultados, con información recogida en campo y estudios recientes para obtener un modelo final de Capacidad de Acogida para el uso Agrícola.

1.4 MARCO LEGAL

La estructura jurídica que regula el manejo de los recursos naturales, en especial los relacionados a la actividad agrícola, del Perú está sustentada en varios instrumentos, y normas que forman parte de otros instrumentos legales. Entre las leyes generales tenemos a la ***Constitución Política de Perú***, publicada el 30 de Diciembre de 1993, que contiene normas de carácter general para los recursos naturales, al expresar que: *"Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal"* (Artículo 66°), "*El Estado determina la*

política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales" (Artículo 67°) y *"El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas"* (Artículo 68°). Así también tenemos la ***Ley General del Ambiente (Ley Nº 28611)***, publicada el 13 de Octubre del 2005, en ella se expresa que: *"Toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, y asimismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país"*, la ***Ley Orgánica del Ministerio de Agricultura (Decreto Ley Nº 25902)***, publicado el 29 de Noviembre de 1992, en el se expresa que: *"El Ministerio de Agricultura, dentro del ámbito de una economía de mercado tiene por finalidad promover el desarrollo sostenido del Sector Agrario. El ámbito del Sector Agrario comprende las tierras de uso agrícola, de pastoreo, forestal y eriazas de aptitud agraria; a su vez, los álveos y cauces de los ríos y sus márgenes; las aguas de los ríos, lagos y otras fuentes acuíferas de uso agrario; la infraestructura hidráulica para la producción agraria; los recursos forestales, flora y fauna; los cultivos, la crianza animal, silvicultura, aprovechamiento de maderas y de productos silvestres; los servicios que le conciernen en materia de tecnología agraria; de protección y sanidad agraria; lo relacionado a la conservación y manejo de los recursos naturales, la agroindustria, agroexportación y la comercialización de productos e insumos"* y la ***Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley Nº 26821)***, publicada el 25 de Junio de 1997, siendo el objetivo de esta ley el normar el régimen de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, en tanto constituyen patrimonio de la Nación, estableciendo sus condiciones y las modalidades de otorgamiento a particulares.

Entre la normativa que regula el uso de la tierra u otros recursos necesarios para el aprovechamiento sostenible tenemos el ***Reglamento de Clasificación de Tierras (Decreto Supremo Nº 0062/75-AG)***, publicado el 22 de Enero de 1975, que establecer un Sistema Nacional de Clasificación de la Tierras adecuadas a las características ecológicas de las diversas regiones naturales del país. La ***Ley General de Aguas (Ley Nº 17752)***, publicada el 24 de Julio de 1969, expresa que: *"Las aguas, sin excepción*

alguna, son de propiedad del Estado; y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país". El ***Reglamento de Organización y Funciones del Proyecto Especial Titulación de Tierras y Catastro Rural - PETT (Decreto Supremo Nº 064-2000-AG)***, publicado el 12 de Diciembre del 2000, precisa las funciones del PETT, así como su organización interna, de modo de cumplir con sus principales funciones: formalizar la propiedad de los predios del Estado derivados de la aplicación de las normas de Reforma Agraria y de la legislación complementaria, sanear y formalizar la propiedad de los territorios de las comunidades campesinas y nativas, regularizar y adjudicar tierras eriazas entre otros, así como mantener y actualizar el catastro rural.

Entre la normativa que limita el uso de la tierra por protección a la diversidad biológica y de los recursos naturales esta la ***Ley de Áreas Naturales Protegidas (Ley Nº 26834)***, publicada el 04 de Julio de 1997, esta ley norma los aspectos relacionados con la gestión de las Áreas Naturales Protegidas y su conservación. Entre la normativa que limita el uso de la tierra por conflictos de actividades mineras esta la ***Ley de la Inversión Privada en el Desarrollo de las Actividades Económicas en las Tierras del Territorio Nacional y de las Comunidades Campesinas y Nativas (Ley Nº 26505)***, publicado el 18 de julio de 1995, esta ley dota del máximo de seguridades a los propietarios agrícolas al expresar que: *"La utilización de tierras para el ejercicio de actividades mineras o de hidrocarburos requiere acuerdo previo con el propietario o la culminación del procedimiento de servidumbre que se precisará en el Reglamento de la presente Ley. En el caso de servidumbre minera o de hidrocarburos, el propietario de la tierra será previamente indemnizado en efectivo por el titular de actividad minera o de hidrocarburos, según valorización que incluya compensación por el eventual perjuicio, lo que se determinará por Resolución Suprema refrendada por los Ministros de Agricultura y de Energía y Minas"* (Artículo 7º).

CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO: Callejón de Conchucos

2.1 UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN

Se denomina Callejón de Conchucos a la región extendida entre el flanco oriental de la Cordillera Blanca y el curso del Río Marañón. Es necesario precisar "…*que paralelo al Callejón de Huaylas sólo está el Cañón del Marañón. Al costado oriental de la Cordillera Blanca están los tres Callejones de Puchka, Yanamayo y Rupac que vierten sus aguas al Marañón.*" (César Morales Arnao - Director Revista Andinismo y Glaciología). Esto nos determina que el Callejón de Conchucos es una denominación histórica que hace referencia a los antiguos pobladores prehispánicos que habitaron dicha región (Figura Nº 2.1).

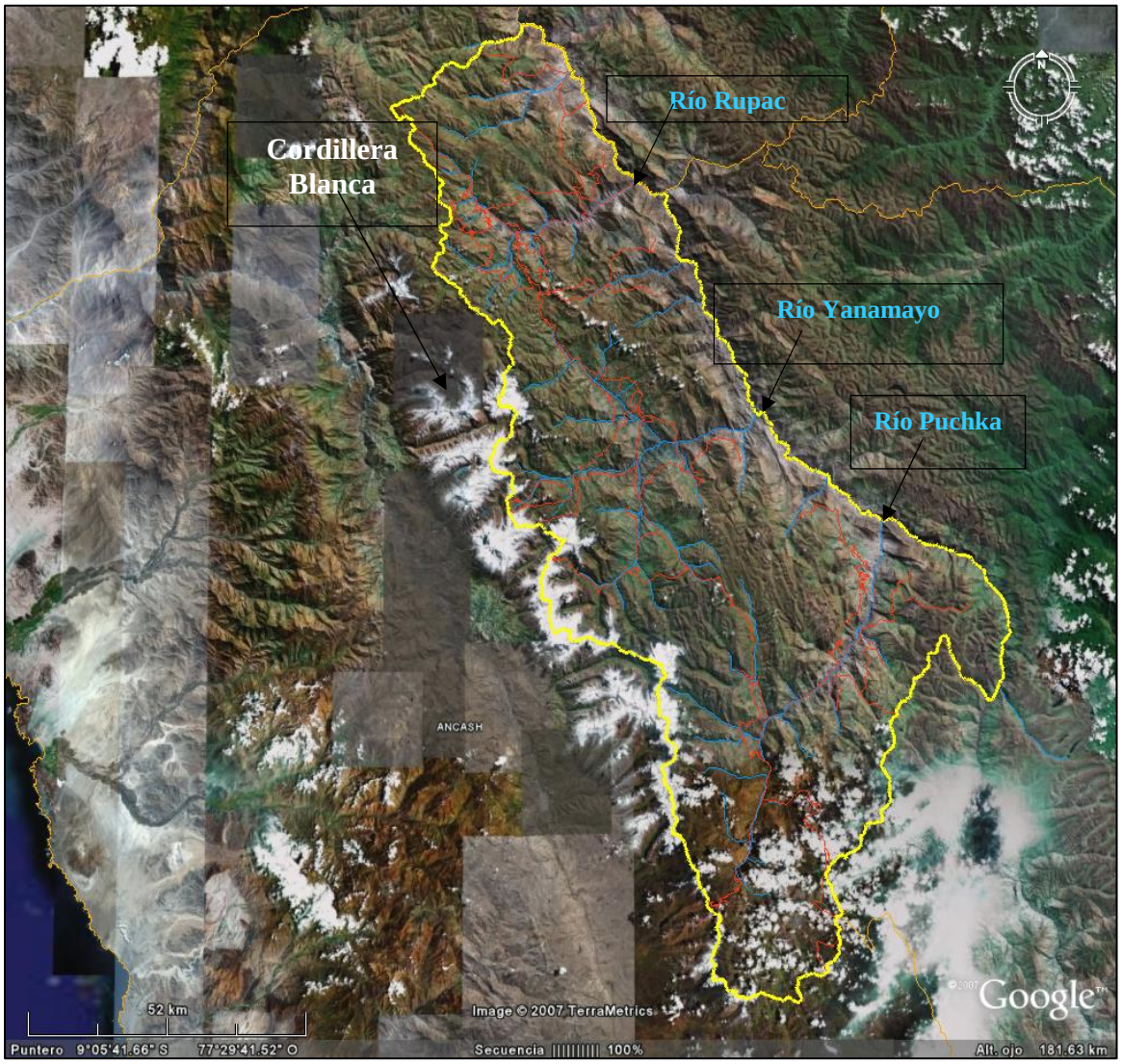


Figura Nº 2.1: Vista Satelital (© Google Earth)

El área de estudio se centra al oriente del departamento de Ancash (Figura Nº 2.2), comprende una extensión aproximada de 7,900 Km^2, dicha área esta contenida entre las coordenadas 8º14'11.45" y 9º50'28.14" de latitud sur y los 77º47'57.16" y 76º43'34.98" de longitud oeste, comprende altitudes que van desde los 6756 msnm que es la cumbre del nevado Huascarán hasta los 1550 msnm a orillas del río Marañón.

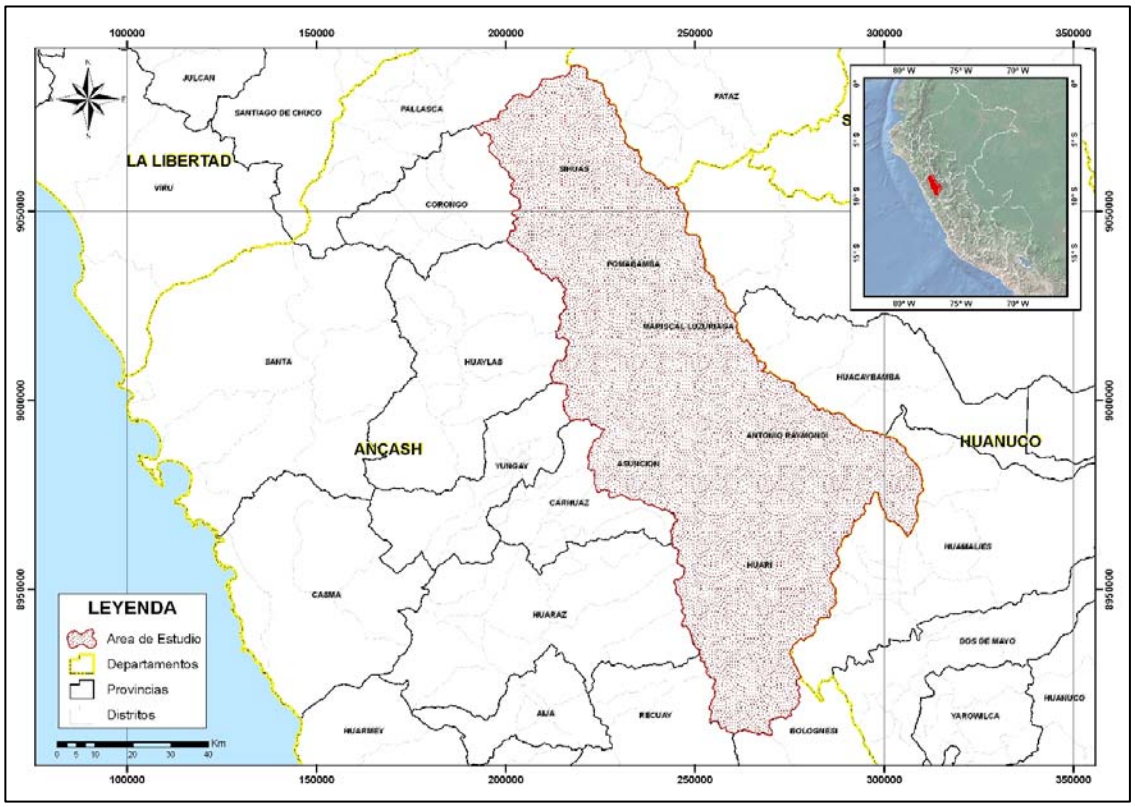


Figura Nº 2.2: Mapa de Ubicación

Políticamente abarca 50 distritos (Cuadro Nº 2.1), comprendidas en 8 provincias, limitando por el Norte con la provincia de Pallasca (Ancash); por el Sur con las provincias de Humalies (Huánuco) y Bolognesi (Ancash); por el Oeste con las provincias de Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Huaylas y Corongo (Ancash); por el Este con las provincias de Pataz (La Libertad), Marañón y Huacaybamba (Huánuco).

	PROVINCIA	DISTRITO	UBIGEO
1	ANTONIO RAYMONDI	Llamellin	020301
2		Aczo	020302
3		Chaccho	020303
4		Chingas	020304
5		Mirgas	020305
6		San juan de rontoy	020306
7	ASUNCION	Chacas	020401
8		Acochaca	020402
9	CARLOS F.FITZCARRALD	San luis	020701
10		San nicolas	020702
11		Yauya	020703
12	HUARI	Huari	021001
13		Anra	021002
14		Cajay	021003
15		Chavin de huantar	021004
16		Huacachi	021005
17		Huacchis	021006
18		Huachis	021007
19		Huantar	021008
20		Masin	021009
21		Paucas	021010
22		Ponto	021011
23		Rahuapampa	021012
24		Rapayan	021013
25		San marcos	021014
26		San pedro de chana	021015
27		Uco	021016
28	MARISCAL LUZURIAGA	Piscobamba	021301
29		Casca	021302
30		Eleazar guzman barron	021303
31		Fidel olivas escudero	021304
32		Llama	021305
33		Llumpa	021306
34		Lucma	021307
35		Musga	021308
36	POMABAMBA	Pomabamba	021601
37		Huayllan	021602
38		Parobamba	021603
39		Quinuabamba	021604
40	SIHUAS	Sihuas	021901
41		Acobamba	021902
42		Alfonso ugarte	021903
43		Cashapampa	021904
44		Chingalpo	021905
45		Huayllabamba	021906
46		Quiches	021907
47		Ragash	021908
48		San juan	021909
49		Sicsibamba	021910
50	YUNGAY	Yanama	022008

Cuadro Nº 2.1: Distritos del Callejón de Conchucos

2.2 ESCENARIO ACTUAL

El Callejón de Conchucos es un territorio que representa en gran parte la geografía y la situación actual de la agricultura en la región andina de nuestro país.

Presenta una geología marcada por la presencia de la Cordillera Blanca, con características bastante complejas que guardan relación con los procesos de compresión generados por el choque de las placas tectonicas de Nazca y Sudamericana, predominan en el Callejón de Conchucos las unidades siguientes: Complejo del Marañón, que consiste en una secuencia de rocas metamórficas que afloran la parte baja del río Marañón; el grupo Ambo, que consiste en algunos cientos de metros de areniscas, lutitas y conglomerados que se encuentran en la provincia de Pomabamba; la formación Chicama, que consiste en grosores de lutitas y areniscas finas que afloran en las provincias de Pomabamba y Huari; por ultimo, el Batolito de la Cordillera Blanca con una litología predominante de granodiorita/tonalita de grano grueso. Asimismo, la Cordillera Blanca presenta una serie de nevados que sobrepasan los 5,800 msnm, entre los que figuran: Alpamayo (5,947 msnm), Huandoy (6,395 msnm), Huascarán (6,768 msnm), Copa (6,188 msnm) y Palcaraju (6,274 msnm). Topográficamente, se caracteriza por presentar laderas de montaña, valles profundos e inhóspitas punas, formando una accidentada zona de pendientes fuertes (mas de 75% del territorio presenta una pendiente superior al 40%); por el contrario, en aquellos espacios donde se han formado terrazas fluviales o aluvionicas, con pendientes suaves, se han asentado los principales poblados o se desarrolla actividades agropecuarias.

Las características hidrográficas predominantes se hallan estructuradas por la Cordillera Blanca pues constituye una reserva de agua y es a partir del descongelamiento de de los glaciares y nevados que definen la red hídrica que caracteriza al Callejón de Conchucos. La orientación que toma el drenaje de las aguas esta relacionado con el aporte hacia el río Marañón, uno de los colectores principales de la cuenca del Amazonas. Entre los principales ríos que descargan sus aguas en el río Marañón, de norte a sur, tenemos en la provincia de Sihuas el río Mayas situado al extremo norte del Callejón de Conchucos, el río Actuy que en su naciente es denominado río Llama y el río Rupac que abarca una superficie aproximada de 122 km^2 y es el limite de las provincias de Sihuas y Pomabamba; en la provincia de

Pomabamba tenemos el río Manta que en su naciente es denominado río Parobamba y el río Cunyac, que es limite de las provincias de Pomabamba y Mariscal Luzuriaga; en la provincia de Mariscal Luzuriaga, recorre el río Yanamayo que abarca una superficie aproximada de 298 km^2, este río tiene como principales afluentes el río Pomabamba en la misma provincia, el río Toma en el distrito de Yanamyo, el río Pichuc en la provincia de Asunción y los ríos Mitush, Maribamba y San Nicolás en la provincia de Carlos F. Fitzcarrald; en la provincia de Antonio Raymondi tenemos el río Mirgas y en la provincia de Huari recorre el río Puchka que abarca una superficie aproximada de 353 km^2,este río tiene como principales afluentes los ríos Huari, Mosna y Rurichinchay situados en la misma provincia.

En cuanto al clima, el Callejón de Conchucos presenta 5 tipos climáticos según la clasificación de Köppen, el primero de ellos es el clima de Estepa (BSw) que se caracteriza por lluvias escasas en verano y una temperatura superior a los 14°C, este tipo de clima se manifiesta en las partes bajas cercanas al río Marañón; el segundo tipo climático es el Templado Moderado Lluvioso (Cw), que se caracteriza por presentar un invierno seco y lluvias en verano que superan hasta en 10 veces la precipitación del mes mas seco, este clima se manifiesta en altitudes medias; el tercer tipo climático es el Boreal (Dwb) que se caracteriza por un seco invierno y una temperatura media superior a 10°C por lo menos durante 4 meses, este clima se manifiesta entre los 2,600 msnm a 4,000 msnm; el cuarto tipo climático es la Tundra Seca de Alta Montaña (ETH), que se caracteriza por presentar una temperatura media del mes mas calido superior a los 0°C, este clima se manifiesta entre los 4,000 msnm a 4,800 msnm y quinto tipo climático es la Nieve Perpetua de Alta Montaña (EFH) que se caracteriza por presentar una temperatura media inferior a los 0°C, este clima se manifiesta a altitudes superiores a los 4,000 msnm.

Presenta una población de 221,471 Hab. (INEI, 2005), el Índice de Desarrollo Humano presenta un valor promedio de 0.5015 lo que determina una clasificación Media Baja a nivel nacional. Como la mayoría de la población en la sierra, presenta una economía de subsistencias con actividades económicas básicas como la agricultura (principal fuente subsistencia), ganadería o pastoreo, minería, forestales; hay actividades secundarias que se han generando por iniciativa de algunos pobladores, labores de ONG y

asociaciones como la Matto Grosso que esta incentivando la formación de muchos artesanos en talleres de carpintería y bordados.

La zona presenta un importante potencial debido a la red vial existente (aproximadamente 200 km de vías asfaltadas y afirmadas), que hace que todas las provincias estén comunicadas por una carretera longitudinal desde Sihuas hasta Huari; asimismo, la red vial presenta vías transversales, entre las mas importantes tenemos: la carretera que une la provincia de Sihuas con el puerto de Chimbote, la carretera que une la provincia de Asunción con Carhuas que atraviesa la Cordillera Blanca por el paso Punta Olímpica hasta el Callejón de Huaylas y la carretera que une la provincia de Huari con Pativilca, siendo esta vía la de mayor flujo hacia Lima.

El escenario actual de la agricultura en el Callejón de Conchucos, presenta una agricultura con bajo desarrollo, predominando una agricultura de subsistencia y su principal limitante de desarrollo es el suelo por la baja calidad agrológica y por las fuertes pendientes. Se distingue tres importantes sistemas de producción, de acuerdo con la altitud: ***Zona Baja*** (valles, mínimas en el área de estudio), donde se producen maíz, quinua, papa, trigo. Donde hay disponibilidad de agua, los sistemas tradicionales de riego a pequeña escala hacen posible la producción hortícola; ***Zona Media*** (las laderas intermedias más secas), donde las terrazas se dedican a la producción de cebada, cereales, papa, maíz; y ***Zona Alta*** donde, la producción de cultivos más resistentes a las heladas como la papa nativa y la oca se combinan con actividades de pastoreo. El sistema de producción agrícola predominante es el de minifundio donde la mayoría de los propietarios al sumar sus propiedades apenas alcanzan una hectárea de tierra.

Las superficie actual empleada para el uso agrícola es 1,792.02 km^2 que corresponde al 22.7% del área de estudio (Fuente: Marco de Áreas del proyecto Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas - ENAPROVE), en este porcentaje se encuentran las áreas de cultivo bajo riego, cultivos de secano, áreas agrícolas en descanso y las áreas en barbecho; el otro 77.3% se encuentran las áreas no agrícolas que son: los pastos naturales, nevados, lagunas y toda aquella superficie donde no se desarrolle agricultura.

Los cultivos bajo riego se presentan en pequeños sectores, estos se caracterizan por el uso intenso del recurso tierra, están ubicadas por lo general en superficies planas u onduladas, la infraestructura de riego presente es mínima y requiere de mantenimiento constante, lo que genera que este tipo de cultivo tenga el mayor valor. La infraestructura de riego se viene incrementando por el trabajo del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y de Suelos (PRONAMACHS) con la construcción de reservorios, mejoramiento de canales, construcción de sistemas de riego y rehabilitación de reservorios. Los cultivos en secano ocupan la mayor superficie del área agrícola, caracterizándose por su ubicación en sectores de fuerte pendiente. Las áreas agrícolas en descanso presentan un período variable de tres a más años, se hacen con la finalidad de reponer la fertilidad del suelo, también por razones económicas al no tener capital para cultivar, estas áreas se ubican en las partes altas, cubriéndose durante ese período por pastos naturales (Foto Nº 2.1).



Foto Nº 2.1 Agricultura de Secano, cultivos de papa, distrito de Paucas - Provincia de Huari. (© ENAPROVE)

Los pastos naturales ocupan la mayor superficie dentro del área de estudio y representan el mayor potencial agropecuario de la sierra en el país.

En el callejón de conchucos existe una gran variedad de cultivos entre los principales tenemos: al trigo, el maíz amiláceo, la cebada grano, la papa, la arveja y el haba, presentes en los 50 distritos del área de estudio. Según los datos proporcionados por la

última encuesta agropecuaria realizada por ENAPROVE mas del 80% de la superficie cultivada esta en secano, datos tomados tanto para cultivos en siembra y en cosecha. (Cuadros Nº 2.2 y Cuadro Nº 2.3).

CULTIVO	SUPERFICIE (ha)	TIPO DE AGRICULTURA	
		BAJO RIEGO	EN SECANO
SUPERFICIE SEMBRADA TOTAL	**60 263.2**	**8 141.6**	**50 262.1**
1. CULTIVOS TRANSITORIOS	**60 108.1**	**8 040.8**	**50 207.8**
Trigo Harinero	21 900.3	2 119.6	18 606.0
Maíz Amiláceo - Grano seco	10 489.7	1 877.6	8 053.9
Cebada Grano	7 424.3	705.0	5 318.5
Papa blanca	3 818.9	990.5	3 746.7
Trigo Duro	3 488.3	281.6	3 430.9
Arveja - Grano Seco	4 196.1	435.1	3 703.5
Haba - Grano Seco	2 037.1	193.6	1 546.1
Maíz Amiláceo - Choclo	701.4	456.7	315.6
Maíz Amarillo Duro - Grano seco	173.5	63.5	138.5
Chocho o Tarwi	1 502.4	157.7	1 588.5
Fríjol - Grano Seco	-	-	272.7
Arveja - Grano Verde	40.9	1.2	46.3
Oca	805.4	86.5	721.9
Maíz Amiláceo - Morado	209.9	149.9	60.0
Papa nativa dulce	1 089.6	49.8	1 042.8
Olluco	205.9	56.0	178.6
Maíz Dulce para cancha o tostado	401.2	75.8	325.4
Avena Grano	266.7	16.6	205.6
Haba - Grano Verde	93.6	-	93.6
Zapallo	30.3	30.3	-
Lenteja - Grano Seco	425.9	15.9	216.7
Cebolla de cabeza Roja	-	-	4.9
Avena Forrajera	220.3	20.9	220.8
Lino para linaza	52.7	3.0	72.1
Papa amarilla	139.4	-	139.4
Lechuga	4.0	0.3	3.7
Cebada Forrajera	72.1	12.1	59.9
Otros cultivos transitorios	318.4	241.3	95.3
2. CULTIVOS PERMANENTES	**155.0**	**100.7**	**54.3**
Propiamente dichos			
Otros cultivos permanentes	6.0	6.0	-
Pastos cultivados			
Alfalfa	118.7	94.8	24.0
Rye Grass	30.3	-	30.3

Cuadro Nº 2.2: Superficie Sembrada según tipo de agricultura (Fuente: ENAPROVE)

CULTIVO	SUPERFICIE (ha)	TIPO DE AGRICULTURA	
		BAJO RIEGO	EN SECANO
SUPERFICIE COSECHADA TOTAL	**38 158.4**	**5 074.7**	**33 083.7**
1. CULTIVOS TRANSITORIOS	**38 009.6**	**4 925.9**	**33 083.7**
Trigo Harinero	13 086.8	1 008.7	12 078.1
Papa blanca	4 239.5	873.8	3 365.7
Maíz Amiláceo - Grano Seco	6 648.9	1 276.1	5 372.8
Cebada Grano	4 035.8	315.5	3 720.3
Trigo Duro	1 922.6	163.6	1 759.0
Arveja - Grano Seco	2 756.4	376.0	2 380.4
Haba - Grano Seco	1 514.2	162.9	1 351.3
Maíz Amiláceo - Choclo	338.3	214.1	124.1
Maíz Amarillo Duro - Grano seco	170.6	91.0	79.6
Oca	847.0	121.9	725.1
Maíz Amiláceo - Morado	209.9	149.9	60.0
Papa nativa dulce	1 056.4	63.8	992.6
Chocho o Tarwi	231.8	-	231.8
Arveja - Grano Verde	27.2	-	27.2
Maíz Dulce para cancha o tostado	178.0	-	178.0
Papa amarilla	155.1	-	155.1
Haba - Grano Verde	58.4	-	58.4
Olluco	85.7	-	85.7
Zanahoria	14.9	0.6	14.3
Lenteja - Grano Seco	168.6	-	168.6
Col o Repollo	12.0	12.0	-
Cebolla de cabeza Roja	-	-	-
Otros Transitorios	251.8	96.2	155.7
2. CULTIVOS PERMANENTES	**148.8**	**148.8**	**-**
Propiamente dichos			
Manzano	4.8	4.8	-
Palto	114.1	114.1	-
Naranjo	15.0	15.0	-
Lima	15.0	15.0	-

Cuadro Nº 2.3: Superficie Cosechada Según tipo de agricultura (Fuente: ENAPROVE)

Los principales destinos de la producción agrícola son: el autoconsumo, la utilización como semilla para la siguiente campaña, mercado local (anexos y pueblos cercanos) donde es común el trueque (intercambio de productos) y un menor porcentaje al mercado regional (Huaraz, Chimbote y en algunos casos Lima). Son pocos los agricultores que destinan sus productos agrícolas a la venta en grandes cantidades, entre los productos que se comercializan tenemos a la papa, el maíz, el trigo, la cebada y el tarwi. La accesibilidad vial del área de estudio facilita el intercambio de productos entre provincias y distritos, convirtiendo a las capitales como Sihuas, Pomabamba, San Luis, y Huari en mercados locales importantes.

CAPÍTULO III. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA Y BASE DE DATOS ESPACIALES

3.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La amplia y diversa visión de las aplicaciones posibles de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), produce en la actualidad múltiples definiciones, pero ninguna de ellas totalmente satisfactoria, por lo que cada definición se aproximará al punto de vista que asuma cada autor. Pero en general, se puede definir a los SIG como *"una tecnología integradora que une varias disciplinas con el objetivo común de análisis, creación, adquisición, almacenamiento, edición, transformación, visualización, distribución, etc, de información geográfica"* (Goodchild, 2000 citado por Barredo y Gomez, 2005).

Desde el nacimiento de los SIG, en la década de los 60, las definiciones han evolucionado al mismo ritmo que su tecnología y aplicación. Así tenemos conceptos como el de Tomlinson (1967) que lo define como "*una aplicación informática cuyo objetivo era desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada"*, este concepto surgía junto al Sistema de Información Geográfica de Canadá - CGIS; Burrough (1986) lo define como *"un conjunto de herramientas para reunir, almacenar (en la computadora), recuperar, transformar y representar datos espaciales del mundo real para un grupo particular de propósitos"*; la National Center for Geographic Information and Análisis - NCGIA (1990) hace referencia *"a un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión"*; Cebrián (1994) lo concibe como *"una base de datos especializada que contiene objetos geométricos"*; Bosque (1997) lo define como *"una tecnología informática para gestionar y analizar información espacial"*. En estas definiciones se observa no solo su evolución cronológica sino también el aumento de su complejidad, Tomlinson hace referencia a una aplicación informática, Burrough lo considera como un conjunto de herramientas, la NCGIA la define como un sistema de software, hardware y procedimientos, Cebrián lo asume como una base de datos y Bosque como una tecnología informática.

El elemento fundamental de todo SIG es el ***dato espacial***, o con diferentes nombres como se expresa en las definiciones citadas: información geográfica digitalizada, datos espaciales del mundo real, datos referenciados espacialmente, objetos geométricos o información espacial. Este dato espacial es *"el que diferencia a los SIG de otras bases de datos especializadas, representando el centro en torno al cual giran todas las posibles aplicaciones de los SIG, así tenemos que el dato espacial contiene, en su acepción mas elemental, características de localización (X, Y) y tipo de característica temática (Z) en las cuales se asienta la base de todas las operaciones posibles de llevar a cabo en un SIG"* (Barredo y Gomez, 2005).

3.1.1 Elementos de un SIG

Básicamente un SIG esta constituído por cuatro elementos fundamentales, estos realizan la totalidad de operaciones y fueron definidas por Maguire (1991) como: Hardware o parte física del sistema, software o programas de aplicación, datos y liveware o parte viva el sistema.

El hardware es el conjunto de ordenadores que pueden ser: personales (PC) o potentes estaciones de trabajo (WorkStation) y periféricos de entrada y salida como tablas digitalizadoras, plotters, escáneres y unidades de almacenamiento, que constituyen el soporte físico del SIG.

El software es el encargado de realizar las operaciones y la manipulación de los datos, estos incluyen tanto el programa de gestión de SIG como otros programas de apoyo o conjunto de herramientas que permiten manejar estos datos de forma útil para diversos propósitos de investigación, docencia o gestión. Existen en el mercado paquetes SIG con características específicas de acuerdo al nivel del proyecto que se esté planificando.

Los datos, como hemos mencionado, es el elemento fundamental ya que sobre él se realizan todas la operaciones a desarrollarse en un SIG, además de ser el elemento que requiere un mayor esfuerzo para su implementación y según algunos autores pueden abarcar hasta un 70% del costo total del proyecto. Estos datos se almacenan en bases de datos que pueden ser espaciales, en las que la realidad se codifica mediante unos

modelos de datos específicos y temáticas, cuya vinculación con la base de datos espacial permite asignar a cada punto, línea o área del territorio unos valores temáticos.

Por ultimo, el liveware, que puede considerarse como parte viva del sistema, en el encontramos a la comunidad de usuarios que pueda demandar información espacial y a los administradores del sistema encargados de resolver los requerimientos de los usuarios utilizando las herramientas disponibles o bien produciendo nuevas herramientas.

3.1.2 Estructura de los SIG

Los datos espaciales presente en un SIG pueden concebirse como *"un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie, cada uno de los cuales representa una variable temática. Por ejemplo, red vial, hidrografía, ocupación del suelo, precipitación, etc. Una vez que una variable temática ha sido introducida en el SIG, recibe el nombre de capa temática, en ella se representa una tipología específica del mundo real"* (Barredo y Gomez, 2005). Una capa temática es la agrupación de elementos geográficos que están relacionados a un tema determinado, así cada capa almacena un tipo particular y homogéneo de objetos espaciales.

La estructuración de los datos espaciales en un SIG (Grafico Nº 3.1) se puede entender como una representación abstracta y estratificada de la realidad, en la que cada capa representa un tema especifico representado por ciertos objetos espaciales que pueden definirse como puntos, líneas, áreas o celdas. *"Al concebir la estructura de los SIG como una representación de la realidad, surge el concepto de modelo, en este caso circunscrito al modelo de datos espaciales, a través del cual la información del mundo real puede ser representada en un SIG"* (Barredo y Gómez, 2005).

Cada objeto espacial esta representado por información acerca de su posición (localización absoluta X, Y), relaciones topológicas (localización relativa en relación a otros objetos espaciales) y atributos de los objetos (características temáticas de cada uno). Estos aspectos espaciales son los que marcan la diferencia a los SIG con otros sistemas de información. La localización absoluta es sustancial para la realización de

operaciones espaciales como la superposición de capas ya que cada objeto espacial tiene exactamente la misma ubicación con respecto a otras capas de una misma área.



Figura Nº 3.1: Estructuración de los Datos Espaciales

3.1.3 Objetos Espaciales

Si consideramos la realidad como una unión de *objetos,* cualquier entidad que aparezca en el espacio (ciudades, carreteras, cordilleras, lagos, etc.) puede modelarse a la escala adecuada como un objeto geométrico (Figura Nº 3.2). Los objetos espaciales son las unidades básicas de manipulación y almacenamiento de la base de datos de un SIG. *"Un objeto espacial es el que representa la estructura y el comportamiento que tiene una entidad del mundo real en un espacio dado"* (Montilva y Ramos, 2000). Pueden ser clasificados por su dimensionalidad en 3 tipos:

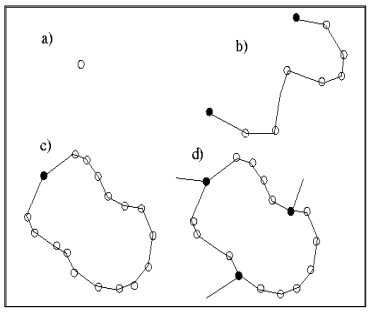


Figura Nº 3.2: Objetos Geométricos

Objetos puntuales (a), objetos geométricos de dimensión 0, su localización espacial se representa por un par de coordenadas (X, Y).

Objetos lineales (b), objetos geométricos de dimensión 1, su localización espacial se representa como una sucesión de pares de coordenadas llamados vértices, salvo el primero y el último que se denominan nodos.

Objetos poligonales (c) y (d), objetos geométricos de dimensión 2. Se representan como una línea cerrada (modelo Orientado a Objetos) o como una sucesión de líneas denominadas arcos (modelo Arco-Nodo).

El escoger un tipo u otro para representar determinado objeto, dependerá en gran manera de la escala y del tipo de abstracción que se pretenda hacer. Así, una ciudad puede ser puntual o poligonal y un cauce fluvial lineal o poligonal. Una ciudad sólo tendrá sentido considerarla poligonal en estudios de planificación urbana. Para casi todas las aplicaciones hidrológicas tiene más sentido representar los cauces como objetos lineales y codificar su anchura y profundidad como propiedades espaciales.

3.1.4 Modelo de Datos Espaciales

El componente espacial de los datos espaciales puede ser representado digitalmente en un SIG a través de dos modelos de datos: raster y vector (Figura Nº 3.3).

El modelo raster divide el área de estudio en una agrupación de celdas cuadradas ordenadas en una secuencia específica. Cada una de estas celdas recibe un único valor que se considera representativo para toda la superficie abarcada por la celda; por tanto, se considera que el modelo raster cubre la totalidad del espacio. Este hecho supone una ventaja fundamental respecto a la otra alternativa ya que pueden obtenerse valores de forma inmediata para cualquier punto del espacio. Un conjunto de celdas, junto con sus valores se denomina una capa raster. Sin embargo una capa raster, tal como se codifica en un ordenador, es simplemente una lista de números sin ninguna georeferenciación explícita. Se necesita, por tanto, cierta información sobre esta matriz que permita al programa y al usuario ubicarla en el espacio, leer sus valores y entender su significado. Esta información incluye: número de columnas, número de filas, coordenadas de las esquinas de la capa y resolución o tamaño de píxel en latitud o en longitud.

La estructura vectorial define objetos geométricos (puntos, líneas y polígonos) mediante la codificación explícita de sus coordenadas. Este formato resulta especialmente adecuado para la representación de objetos geométricos reales (carreteras, ríos, polígonos de usos del suelo), pero las operaciones son más difíciles y exigen mayor tiempo. Existen dos *submodelos lógicos* dentro del formato vectorial:

Modelo arco-nodo, es el formato utilizado por Arcinfo hasta la versión 8. Adecuado cuando los recursos informáticos son escasos para las tareas que se quiere ejecutar, sin embargo imposibilita algunas operaciones de análisis espacial. Cada línea se codifica una sola vez y los polígonos se construyen mediante la yuxtaposición de líneas.

Modelo orientado a objetos, aparece en Arcinfo 8. Algunos programas viejos de análisis espacial lo tenían ya. Cada polígono se codifica como una línea cerrada, aunque se repitan tramos de las líneas.

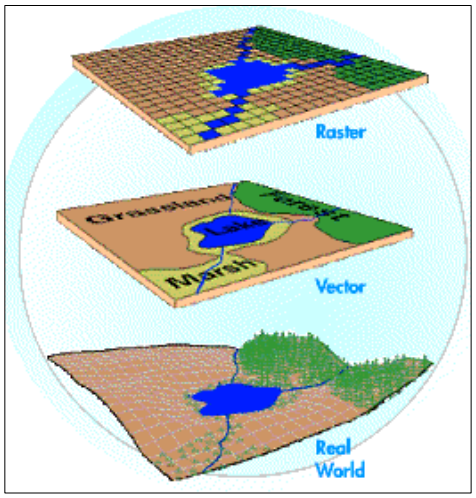


Figura Nº 3.3: Modelo de Datos Espaciales

3.1.5 Operaciones y Análisis en los SIG

"Las operaciones que puede llevar a cabo un SIG con los datos de la base de datos son diversas, pudiéndose realizar independientemente sobre la componente temática o espacial, o bien en procesos que involucren ambos componentes. Podemos apreciar seis grupos genéricos de operaciones: entrada de datos, operaciones sobre el aspecto temático, sobre el aspecto espacial, sobre ambos componentes simultáneamente, modelado cartográfico y espacial y salida de datos." (Barredo y Gomez, 2005).

Entrada de datos, es una etapa fundamental para la generación de la base de datos operativa y consistente. Por lo general, proviene de fuentes diversas como: digitalización de información donde se usa una foto o una reproducción escaneada de un plano, el ingreso de coordenadas a través de archivos digitales como la utilización de la información recogida de los GPS o estaciones totales e integración con datos satelitales que son introducidos al SIG en formato vectorial o raster.

Operaciones sobre el aspecto temático, engloba aquellas que se realizan sobre la información temática como puede ser la edición de atributos, análisis estadístico, recuperación de la información por condición numérica o lógica y filtrado de datos.

Operaciones sobre el aspecto espacial, engloba aquellas que se realizan sobre la información gráfica como la recuperación por condición geométrica, búsquedas o "query" espaciales, transformaciones espaciales, conversiones de proyecciones cartográficas y edición de objetos gráficos.

Operaciones sobre el aspecto temático y espacial, esta etapa es la que marca la diferencia con los sistemas de cartografía automatizada y los sistemas de diseño asistido por computadora, ya que aparte de las mediciones espaciales que pueden realizarse, tienen la capacidad de realizar funciones de superposición de capas temáticas, operaciones de vecindad y funciones de conectividad.

Modelado cartográfico, viene a ser una metodología para el análisis y síntesis de datos espaciales, que mediante operaciones o procedimientos busca soluciones a determinados problemas de tipo espacial, estas soluciones generan siempre una nueva información. Los procesos del modelo cartográfico se expresan en operaciones y procedimientos. Las operaciones consisten en unidades individuales de la actividad del proceso de datos, estas son la expresión de las funcionalidades básicas de un SIG. Los procedimientos son las secuencias lógicas finitas de dos o más operaciones que son aplicadas para dar sentido a los datos con una finalidad predeterminada.

Salida de datos, pueden ser de varios tipos pero los más frecuentes son los mapas analógicos, tablas de datos, videos con simulaciones, gráficos, representaciones en 3D. Actualmente, se esta haciendo mas frecuente la salida de la información por el Internet, existe ya un sinfín de aplicaciones para la generación de servicios de mapas, en el cual se tienen acceso desde cualquier punto de la tierra que tenga solo una conexión a Internet facilitando así la distribución de la información.

3.2 BASE DE DATOS ESPACIAL O GEODATABASE

Una Geodatabase es mas una forma de manejo de la información espacial que un tipo de formato. Técnicamente lo definiríamos como un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un Sistema Gestor de Base de Datos. Dicho modelo permite almacenar, además de elementos geográficos, el comportamiento de dichos elementos, lo que facilita la generación de una visión más completa de la realidad. De esta definición distinguimos dos elementos fundamentales: primero, el Geodatabase, que es un archivo de almacenamiento físico de información geográfica, dentro de un Sistema Manejador de Bases de Datos (DMBS); y el segundo, es un Modelo de Datos que soporta la edición multiusuario, así como el soporte de objetos con reglas o comportamientos específicos. Los comportamientos indican como un objeto o elemento espacial, va a ser desplegado y/o editado. Esto permite que los elementos espaciales puedan ser administrados más eficientemente.

Una Geodatabase puede representar datos geográficos de cuatro maneras diferentes: Objetos discretos mediante vectores, objetos continuos mediante raster, superficies mediante TINs y referencias de lugares mediante localizaciones o direcciones.

La Geodatabase es el modelo de datos mas reciente utilizado por Environmental Systems Research Institute (ESRI) a partir de las versiones 8.x de su suite de productos ArcGIS, para representar y almacenar elementos del mundo real.

3.2.1 Tipos de Geodatabase

"ArcGIS implementa la geodatabase bien como una colección de archivos organizados en un sistema, bien como una colección de tablas dentro de un sistema de bases de datos relacionales (SGBDR). En base a cómo se almacena, así como la funcionalidad que es posible implementar en cada caso, se pueden diferenciar tres tipos de Geodatabase:" (Esri España).

Geodatabase Personal (Access), se almacena en bases de datos Microsoft Access, permitiendo crear y editar elementos más o menos especializados (relaciones

espaciales, redes geométricas, topología, anotaciones, etc.), y realizar funciones más o menos avanzadas dependiendo del cliente. Soporta todas las funciones posibles en una Geodatabase, excepto la edición en modo multiusuario, el versionado y la replicación. Puede almacenar hasta 2 Gb.

Geodatabase de Fichero (File Geodatabase), disponible con ArcInfo, ArcEditor y ArcView, no está implementada sobre un sistema gestor de bases de datos, sino que usa una estructura de archivos. No soporta el mecanismo de versiones, tiene capacidad de almacenamiento ilimitada (con un límite de 1 TB por tabla, ampliable hasta 256 TB) y admite un único editor.

Geodatabase ArcSDE, las geodatabases implementadas sobre SGBDR se denominan Geodatabases ArcSDE. La tecnología ArcSDE incluida con los productos ArcGIS (ArcGIS Desktop y ArcGIS Server) es la que permite almacenar información geográfica en SGBDR siguiendo el modelo de datos de la geodatabase y aprovechando las ventajas del SGBDR.

Geodatabase Enterprise ArcSDE, es la geodabase tradicional con ArcSDE que había antes de ArcGIS 9.2, pensada para sistemas corporativos a gran escala. Está incluída como parte de ArcGIS Server Enterprise y puede estar implementada sobre Oracle, Microsoft SQL Server (2000 ó 2005), IBM DB2 o IBM Informix. Pemite la edición en modo multiusuario sin límites y el trabajo con versiones.

Geodatabase Workgroup ArcSDE, disponible con el nivel Workgroup de ArcGIS Server, está implementada sobre Microsoft SQL Server 2005 Express. Soporta funciones como versionado y archivado, y tiene un tamaño máximo de 4 GB por Geodatabase. Este tipo de geodatabases están recomendadas para organizaciones con grupos de usuarios de hasta 10 personas en lectura/edición.

Geodatabase personal ArcSDE, disponible con ArcInfo y ArcEditor, está implementada sobre Microsoft SQL Server 2005 Express. Aunque tiene un tamaño máximo de 4 GB por geodatabase y admite un máximo de cuatro usuarios (uno en edición), también posee funcionalidad avanzada como versionado, archivado y replicación de la información.

Con esta arquitectura escalable, la Geodatabase es el modelo idóneo para diseñar diferentes sistemas de información geográfica con un amplio espectro de aplicaciones.

3.2.2 Elementos de la Geodatabase

La Geodatabase organiza los datos geográficos en una jerarquía de objetos (Figura Nº 3.4). Este esquema del Geodatabase incluye definiciones, reglas integrales y el comportamiento por cada conjunto de datos. Algunos de los elementos que contiene una Geodatabase generada con ArcGIS son enumerados a continuación:

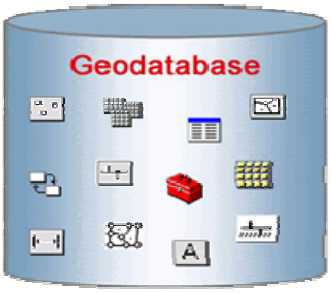


Figura Nº 3.4: Elementos de la Geodatabase



Annotation

Es un *Feature Class* (FC) especializado en el almacenamiento de textos o gráficos que proporcionan información sobre los *Features* contenidos en un mapa. Una *annotation* puede estar asociado a otro FC, cuando se edite un FC la *annotation* se actualiza automáticamente.



Dimension

Es un tipo especial de anotación del Geodatabase que muestra longitudes o distancias específicas en un mapa. Una *dimensión* indica la longitud de un lado de un predio urbano o parcela, a su vez puede indicar la distancia entre dos objetos.



Feature Class

Es una colección de *Features* geográficos con el mismo tipo de geometría (como puntos, polilíneas y polígonos), los mismos atributos y la misma referencia espacial.

Permite que los *Features* homogéneos sean agrupados en una sola unidad con el propósito de almacenamiento, por ejemplo los centros poblados, vías o predios rurales.



Feature Dataset

Es una colección de FC que presentan la misma referencia espacial y área geográfica común. Los *Feature Data Set* (FDS) son utilizados como ayuda en los modelos de relaciones espaciales entre los FC y su Topología.



Geometric Network

Es un sistema de red que representa una dirección-flujo, està compuesto por líneas (edge) y i las intersecciones de éstas (junctions). Este sistema es de uso general o hidrológico, en el cual la conectividad de *Features* se basa en la coincidencia geométrica.



Network Dataset

Es una colección de elementos de una red topológicamente conectados, que son derivadas desde una red de origen, es usado típicamente para representar flujos de estudios viales.



Raster Catalog

Es una colección o conjunto de raster definidos en una tabla, en el cual cada registro define al raster que esta incluido en este catálogo. Los *Raster Catalog* son usados para desplegar raster adyacentes o superpuestos.



Raster Dataset

Es cualquier raster de formato válido organizado en una o más bandas. Cada banda consiste en un arreglo de píxeles y cada píxel tiene un valor digital, por ejemplo las imágenes Landsat o Ikonos.



Relationship Class

Es una clase similar a las existentes en las bases de Datos Relacionales (RDBMS), los *Relationship Class* manejan las asociaciones entre objetos en una clase (tabla o FC) y los objetos de otra. Existen dos tipos de *Relationship Class:* el simple que se da entre registros de una tabla y el compuesto que se establece en la ubicación de los Features.



Schematic Dataset

Es un conjunto de datos que son usados para representar gráficamente la conectividad de una *Geometric Network* y sistemas de relaciones.



Survey Dataset

Es una colección integrada de FC topográficos y las medidas asociadas a estos.



Table

Es un conjunto de datos estructurado en arreglos de filas y columnas, donde cada fila representa un registro u objeto y cada columna representa los atributos de estos registros. Las tablas almacenan información alfanumérica o información asociada con la ubicación espacial tal como direcciones.



Terrain

Es una Red de Triángulos Irregulares (TIN) que utiliza un FC como data de origen para modelar, a diferentes resoluciones, el terreno dependiendo del valor de altura (z).



Toolbox

Es una colección de procesos de flujo de datos para realizar análisis y modelamiento de la información gráfica.



Topology

Son las reglas de comportamiento de los objetos puntos, líneas y polígonos, dentro de la Geodatabase. La topología define y hace cumplir estas reglas de integridad de los datos.

Dependiendo de la regla topológica, ésta puede afectar a un solo FC, como que los predios catastrados no pueden superponerse para evitar problemas de titulación, o pueden darse entre varios FC, como el caso en que una concesión minera o forestal no puede superponerse con un área reservada.

3.2.3 Modelado de una Base de Datos Espacial

Cuando se propone diseñar un sistema de información geográfica que utilice entidades espaciales, es necesario plantear un diseño en términos de modelamiento. El diseño mismo es un documento que será la base para la implementación posterior y que deben incluir los modelos entidad relación, modelo lógico y modelo físico.

MODELO ENTIDAD RELACIÓN (E-R)

El modelo entidad-relación es el modelo más utilizado para el diseño conceptual de bases de datos, en el contexto SIG una entidad está representado por objetos del mismo tipo de geometría y por un conjunto de atributos y relaciones. El conjunto de entidades representa todo objeto relevante para la Base de Datos, como por ejemplo ríos, lagos, vías, centros poblados, áreas protegidas, etc.

El conjunto de atributos representa las propiedades más relevantes que poseen las entidades. Estos atributos pueden ser espaciales o no-espaciales. Los atributos espaciales se clasifican en: Atributos Geométricos, que representan la geometría de la entidad y Relaciones Espaciales, que pueden ser del orden espacial, topológicas, difusas, métricas (Cuadro Nº 3.1).

De orden espacial	Topológicas	Difusas	Métricas
A está_frente _a B A está_detrás_de B A está_a_la_derecha_de B	A intersecta_a B A es_adyacente_a B A está_dentro_de B A se_solapa_con B A es_cubierta_por B	A está_cerca_de B A está_lejos_de B	A está_al_Norte_de B A está_a_X-mts_de B

Cuadro Nº 3.1: Relaciones Espaciales

De igual manera los atributos no espaciales se dividen en: Atributos Temáticos que son las variables o características del objeto, por ejemplo el nombre y área de los ríos o vías y Relaciones no Espaciales, que son las relaciones no vinculadas al

espacio. Generalmente un modelo de E-R se basa en la cardinalidad (Uno a Uno, Uno a Muchos, etc.) entre los registros de las tablas, pero al tratarse de entidades espaciales este tipo de modelo E-R nos limita a trabajar con los atributos temáticos. Por este motivo, para el modelo de E-R del estudio, optamos por estructurarlo en base a los atributos espaciales específicamente el de relaciones espaciales topológicas, ***ya que el modelamiento de la Geodatabase es para fines de almacenamiento*** de la base gráfica y no una plataforma para futuros sistemas basados en ella.

MODELO LÓGICO

Un modelo lógico es una vista estática de los objetos, en el cual se expresa el diseño de cada tabla asociada a cada entidad. El modelo lógico de una Base de Datos Espacial es solo realizable mediante la herramienta CASE Microsoft Visio (versión 2002 y 2003) o Rational Rose.

Dentro del modelo lógico los objetos se agrupan y/o son descritos por clases, estas pueden ser espaciales (Feature Class) y no espaciales (Object Class), dependiendo del tipo de objetos que ellas describan. Una clase espacial describe una colección de objetos espaciales que tienen todos los mismos atributos y comportamiento. Por ejemplo la totalidad de ríos dentro del área de estudio se representa mediante objetos espaciales o instancias de la clase Ríos.

MODELO FÍSICO

Una vez realizado el modelo lógico, este ya está preparado para ser implementado en una Geodatabase, este modelo ya implantado es el modelo físico que se realiza en base a las herramientas del ArcGIS.

Dentro del modelo físico los objetos se agrupan en espaciales (Features Data Set y Feature Class) y no espaciales (Tables). Dentro del modelo físico estos objetos ya están acondicionados para recibir la información gráfica que pueden ser de diferentes orígenes, soportar procesos de modelamiento espacial y publicarse en múltiples formatos.

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)

4.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y ANTECEDENTES DE LA EMC

La Evaluación multicriterio es un conjunto de técnicas que nos permite tomar decisiones apoyadas en una gran variedad de criterios. La toma de decisiones multicriterio se puede entender como un "*mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decidores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios. Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la teleología: objetivos, metas, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad*" (Colson y De Bruin, 1989 citado por Barredo y Gómez, 2005).

El propósito de la EMC es analizar un número de alternativas bajo el enfoque de múltiples criterios y seleccionar aquella alternativa que satisfaga las preferencias del decisor. "*Las técnicas de EMC y los modelos de decisión multiobjetivo ofrecen la oportunidad de obtener un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas de Planificación, particularmente debido a que varios efectos intangibles, como los sociales y las repercusiones ambientales pueden ser considerados cabalmente*" (Nijkamp y Van Delf, 1977 citado por Bosque, 2005).

Los antecedentes de la EMC se sitúan en el siglo XVIII, en las reflexiones políticas en Francia sobre la acción de los jueces y su traslación política. A finales del siglo XIX e inicio del siglo XX, se centró en estudios del comportamiento de los agentes económicos, basado en elecciones de consumo o producción. Tras finalizar la II Guerra Mundial, dentro del período de la Nueva Economía del Bienestar se consolida la convergencia de las corrientes económicas y políticas. A partir de 1960, es cuando la EMC se individualiza con su propia terminología y problemática y es tal como la conocemos en la actualidad. En los años 80' se da otro impulso con el ingreso de la informática, y que no sólo se agilizan las técnicas de cálculo sino también las aplicaciones con Inteligencia Artificial y Redes Neuronales.

En la actualidad son más los trabajos desarrollados en el campo de la decisión territorial y los que integran esta técnica con las herramientas SIG esto gracias al esfuerzo de muchos investigadores.

4.2 ELEMENTOS DE LA EMC EN EL CONTEXTO DE LOS SIG

4.2.1 Objetivos y Alternativas

El objetivo es aquella expresión que guía el proceso de toma de decisiones. "*En el mundo de la EMC un objetivo se puede entender como una función a desarrollar, aquí el objetivo indica la estructuración de la regla de decisión o el tipo de regla de decisión a utilizar*" (Eastman, 1993 citado por Barredo y Gómez, 2005). Los objetivos son parte esencial para el desarrollo de un proyecto de EMC.

Según el tipo de problema de planificación que se plantee los objetivos puedes clasificar de la siguiente manera:
Objetivos Simples, en este caso la evaluación responderá a un único objetivo. (Figura Nº 4.1)
Objetivos Múltiples, según la naturaleza de los objetivos se dan dos casos; que sean:
Objetivos complementarios, en este caso la evaluación buscara cumplir con dos o mas objetivos en forma simultanea.
Objetivos conflictivos o antagónicos, en este caso la evaluación determinara que a un área solo puede asignarse a uno de los objetivos planteados.

Estos objetivos deben ser planteados sobre elementos determinados es decir sobre las alternativas. "*Desde el punto de vista de la Planificación Territorial, se trataría de cada una de las partes del territorio susceptibles de ser evaluadas y sobre la que se realizará la selección final (aplicando la regla de decisión planteada por los agentes decidores). Cada alternativa está caracterizada o definida por los distintos criterios o factores que intervienen en su evaluación*" (Barredo y Gómez, 2005).

Las alternativas son cada una de las soluciones posibles a un problema, dotadas de ventajas e inconvenientes diferente. En el contexto de los SIG, las alternativas están representadas por objetos espaciales, puntos, polilíneas y polígonos en modelo vector y

celdas en el modelo raster, representando una ubicación en el espacio, lo que constituye una capa temática del conjunto global de alternativas de selección. "*La mayoría de los métodos de EMC han sido desarrollados para evaluar un número pequeño de alternativas sobre la base de un número limitado de criterios, en el orden de ocho alternativas y ocho criterios, lo que viene a ser un aspecto fundamental al momento de decantarse por alguno de estos métodos*" (Voogd, 1983 citado por Barredo y Gómez, 2005). Si asumimos este número limitado de alternativas, se tornaría difícil su resolución, puesto que una capa temática posee generalmente más de ocho polígonos, por esta razón se agregará una nueva geometría al modelo vector, este es el multipolígono, que viene a ser la asociación de un registro de la base de datos alfanumérica con múltiples polígonos de la base de datos grafica.

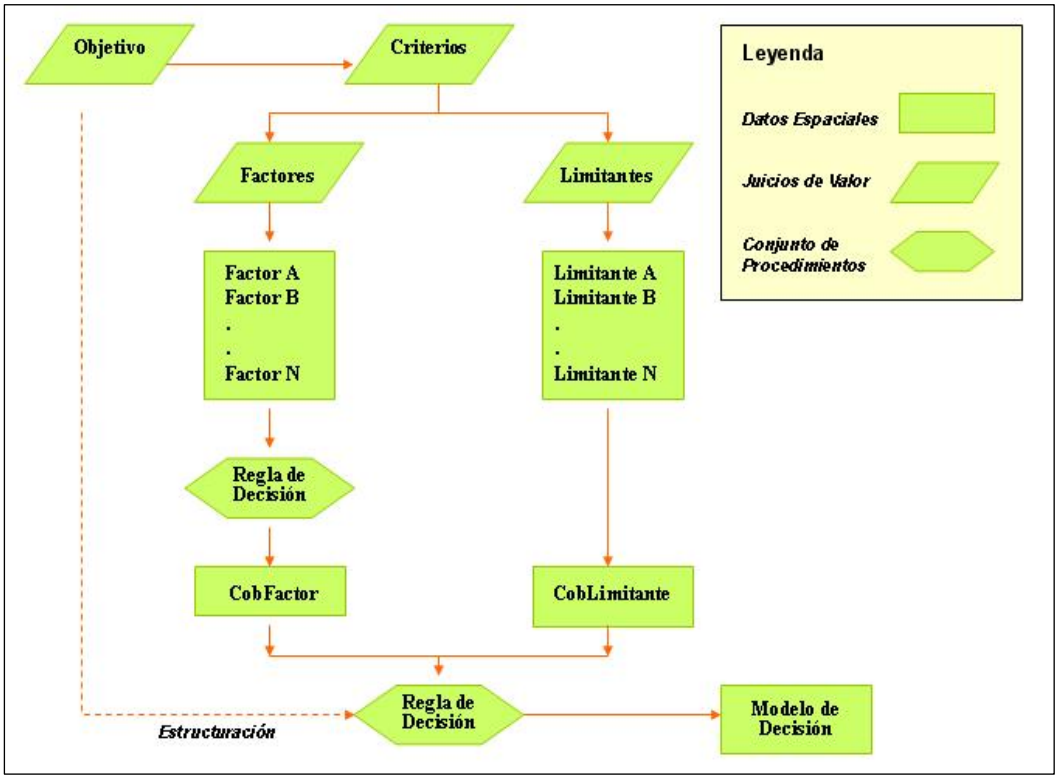


Figura Nº 4.1: Integración entre SIG y EMC

4.2.2 Los Criterios: factores y limitantes

Los criterios son la base para la toma de decisiones, afectan significativamente a los objetivos y debe expresar la preferencia de los decisores, representan diferentes aspectos de la realidad que inciden en las ventajas o inconvenientes de las alternativas adecuadas como soluciones al problema. "*Un criterio es cierta base para la toma de una decisión, esta puede ser medida o evaluada. Es la evidencia sobre la cual se basa*

una decisión" (Eastman, 1993 citado por Barredo y Gómez, 2005). Las técnicas de EMC necesitan criterios que valoren el territorio desde el punto de vista de la decisión y de los objetivos a obtener. Los criterios pueden ser de dos tipos: factor o limitante (Figura Nº 4.1).

Los factores, son aspectos que aumentan o disminuyen la valoración de una alternativa, pueden ser cuantitativos u ordinales. "*Un factor es un criterio que realza o retracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, éste por lo tanto debe ser medido en una escala contínua*" (Eastman, 1993 citado por Barredo y Gómez, 2005). En el contexto de los SIG, se determina un factor en base a una capa temática, por ejemplo si tenemos la capa temática de vías, ésta servirá de insumo para la generación del factor de accesibilidad.

Los limitantes absolutos, son aspectos de la realidad que restringen o limitan en su totalidad el objetivo o meta de una de las alternativas en consideración, las restricciones son siempre binarias (0= No y 1= Si). Por ejemplo los limitantes absolutos pueden ser de tipo legal, como el caso de áreas naturales protegidas.

4.2.3 Las Reglas de Decisión

La regla de decisión, se formula a partir del o los objetivos planteados, es el mecanismo mediante el cual se combinan los diferentes criterios para producir una única valoración a cada alternativa, lo que permite seleccionar una de ellas como la más adecuada. La regla de decisión puede ser tan simple cuando se trata de una evaluación de un único criterio o tan compleja cuando se trata de múltiples criterios. Existen varios tipos de regla de decisión como el de la combinación booleana, donde todos los criterios son restricciones; los ordinales, donde los factores son medidos por la escala ordinal y los cuantitativos, que son los factores medidos en la escala de intervalos o de razón, en este tipo de regla encontramos a sumatoria lineal ponderada y análisis del punto ideal.

La regla de decisión realiza dos tipos de procedimientos: la Función de Selección y la Selección Heurística.

El primero de ellos "*ofrece un medio matemático para comparar alternativas. Realizando algún tipo de optimización (como maximizar o minimizar alguna*

característica medible), para lo cual requiere teóricamente que cada alternativa sea evaluada" (Eastman, 1993 citado por Barredo y Gómez, 2005). Este procedimiento clasifica las alternativas en función de una característica medible.

Por otro lado, la Selección Heurística "*especifica un procedimiento a seguir, en vez de una función a evaluar, (…), la selección heurística es de uso común debido a su simplicidad de comprensión e implementación*" (Eastman, 1993 citado por Barredo y Gómez, 2005). Este procedimiento obtiene una selección de solo algunas alternativas de un conjunto global de éstas.

4.2.4 La Evaluación y Las Matrices la EMC

La evaluación es el proceso utilizado para aplicar la regla de decisión a los criterios y será el que producirá finalmente el modelo de decisión. "La regla de decisión incluye procedimientos para llevar a cabo la EMC, así como para actuar sobre los resultados de la evaluación" (Eatman, 1993 citado por Barredo y Gómez, 2005).

Los métodos de EMC nos puede servir para inventariar, clasificar, analizar y ordenar convenientemente una serie de alternativas, a partir de los criterios que se consideren un una evaluación.

Las matrices representan en los procedimientos de EMC la mejor manera de organizar y presentar la relación de los criterios y alternativas y punto de vista; son tres los tipos de matrices utilizados en las evaluaciones multicriterio.

La matriz de evaluación, es la más conocida y utilizada, contiene en las filas cada una de las alternativas disponibles y en las columnas cada uno de los criterios que se consideran relevantes para la valoración de las alternativas como soluciones al problema planteado (Figura Nº 4.2). En esta matriz se determina el valor o nivel de adecuación que obtiene cada alternativa en función de cada criterio y a este valor se le conoce como puntuación de los criterios. "*Siendo a partir de aquí donde los distintos métodos de EMC basan todo su funcionamiento intrínseco, para lograr la evaluación de las alternativas*" (Barredo y Gómez, 2005).

		ALTERNATIVAS (i) 1 2 3 4… ...i
CRITERIOS (j)	1 2 3 . J	PUNTUACIÓN DE CRITERIOS (X_{ij})

Figura Nº 4.2: Matriz de Evaluación

La fase de asignación de valores a las alternativas por parte del centro decidor, es importante por que es la etapa que marca el proceso de evaluación, debido a que las medidas con las que se presentan las variables frecuentemente están en escalas nominales. Así que el centro decidor deberá asignarle los valores cuantitativos a las categorías correspondiente a cada criterio.

Después de establecer la matriz de evaluación, es necesario considerar si existe un orden de importancia por cada criterio en la evaluación que se realizará, porque de ser así el ente decisor necesitará asignarle un valor específico a cada criterio según nivel de importancia relativa. "*Este valor recibe el nombre de "peso o ponderación" cuando se expresa de forma cuantitativa y jerarquía cuando se expresa de modo cualitativo*". (Voogd, 1983 citado por Barredo y Gómez, 2005).

Una vez asignados los pesos a los criterios, se puede llevar estos valores a *la matriz de prioridades*, matriz que considera los distintos puntos de vista que puede darse en un proyecto, especialmente en un grupo multidisciplinario como son los equipos de proyectos de planificación territorial, donde cada punto de vista debe tenerse en cuenta para otorgar un peso adecuado a cada criterio (Figura Nº 4.3).

		CRITERIOS (j) 1 2 3 4… ...i
PUNTOS DE VISTA (v)	1 2 3 . j	PESOS (W_j)

Figura Nº 4.3: Matriz de Prioridades

A partir de este punto se puede acceder a alguno de los procedimientos de EMC, debido a que se tiene la valoración de cada alternativa a partir de cada criterio y también se tiene la valoración de cada punto de vista con respecto a los criterios. Una vez establecidas estas matrices se puede elaborar una tercera matriz que es *la matriz de valoración o de decisión multicriterio* donde se le asignará un valor a cada alternativa a la luz de los criterios de cada punto de vista, en la cual cada alternativa ha obtenido un valor, según cada uno de los puntos de vista (Figura Nº 4.4).

		ALTERNATIVAS (i)
		1 2 3 4… ...i
PUNTOS DE VISTA (v)	1 2 3 . v	VALORES (r_i)

Figura Nº 4.4: Matriz de Valoración

Y los valores asignados a las alternativas en esta matriz, estarán en función del número y naturaleza de los criterios, las prioridades empleadas y las técnicas aritméticas aplicadas.

4.3 INTEGRACIÓN DE LOS MÉTODOS DE LA EMC Y LOS SIG

La integración de estos métodos representa una potente herramienta para apoyar a los procesos de análisis espacial, sobre todo en los requeridos al momento de hacer ordenamiento del territorial.

4.3.1 Posibilidades y problemas en la integración de los SIG y a EMC

Los SIG presentan una carencia analítica especialmente a nivel de la administración, y esto ha llevado a muchos investigadores a buscar una alternativa donde se pueda aprovechando su potencial; como solución a esta carencia se ha buscado integrar a los SIG determinados módulos analíticos especializados que pretende mejorar las capacidades de los SIG en descripción y predicción, integrando otros programas con modelos analíticos socioeconómicos. Como muestra de las posibilidades de la

integración, se conoce la toma de decisiones participativas donde se considera la opinión del público y se le muestra espacialmente las posibles soluciones.

Dentro de los problemas espaciales de la EMC en un SIG tenemos:

> Que los problemas territoriales suelen tener muy numeras alternativas a evaluar, lo que dificulta la aplicación de algunas metodologías como la basada en pares porque hace tedioso el proceso de evaluación además de las restricciones que presentan los actuales sistemas informáticos en este sentido.
>
> Cada punto del territorio puede ser una alternativa a evaluar. Con tantas alternativas algunos métodos de combinación y de evaluación funcionan con ciertos problemas. Esto hace un poco difícil el análisis de los resultados.

Otro de los problemas es el desconocimiento del procedimiento interno de los métodos por parte de usuarios no especialistas en EMC. Y por tanto desconfianza en la utilización de estos métodos.

Los inconvenientes presentados en la integración de estas dos técnicas no deben de tener mas valor que las posibilidades, que creemos serán incrementadas con el avance tecnológico, las investigaciones y el desarrollo de trabajos en este tema.

Al momento de desarrollar un proyecto con métodos de EMC y SIG debemos considerar el tipo de procedimiento de EMC mas adecuado a utilizar en la evaluación esto teniendo en cuenta también los recursos disponibles.

4.3.2 Fases de aplicación de un proceso de EMC

Las fases de aplicación de los métodos de EMC siguen un modelo racional de toma de decisiones y se estructura de la siguiente manera. (Figura Nº 4.5)

1) **Definición del problema**

   En esta fase se plantea el problema al que se desea dar solución, el espacio donde se desarrollara la evaluación y el número y tipos de objetivos a evaluar.

2) Búsqueda de alternativas y selección de criterios

La búsqueda de alternativas consistirá en plantear las posibles alternativas o potenciales soluciones al problema, en los problemas de planificación estas son representadas por el territorio a evaluar que representan el espacio potencial donde se desarrollara la actividad propuesta. Y se establece los criterios con los cuales se evaluara las alternativas.

3) Evaluación de las alternativas

Se calcula el nivel de adecuación e impacto de cada alternativa, que se planteo en la fase de búsqueda de alternativas, en función de los criterios.

4) Selección de alternativas

Una vez evaluadas las alternativas estas se tienen que ordenar o categorizar según el o los objetivos planteados. Se puede presentar de manera sencilla ordenando las alternativas de la más deseable a la menos deseable y se realiza la selección final.

5) Análisis de Sensibilidad

En esta etapa se realiza modificaciones sobre los componentes del modelo generado, para comprobar la estabilidad del proceso realizado.

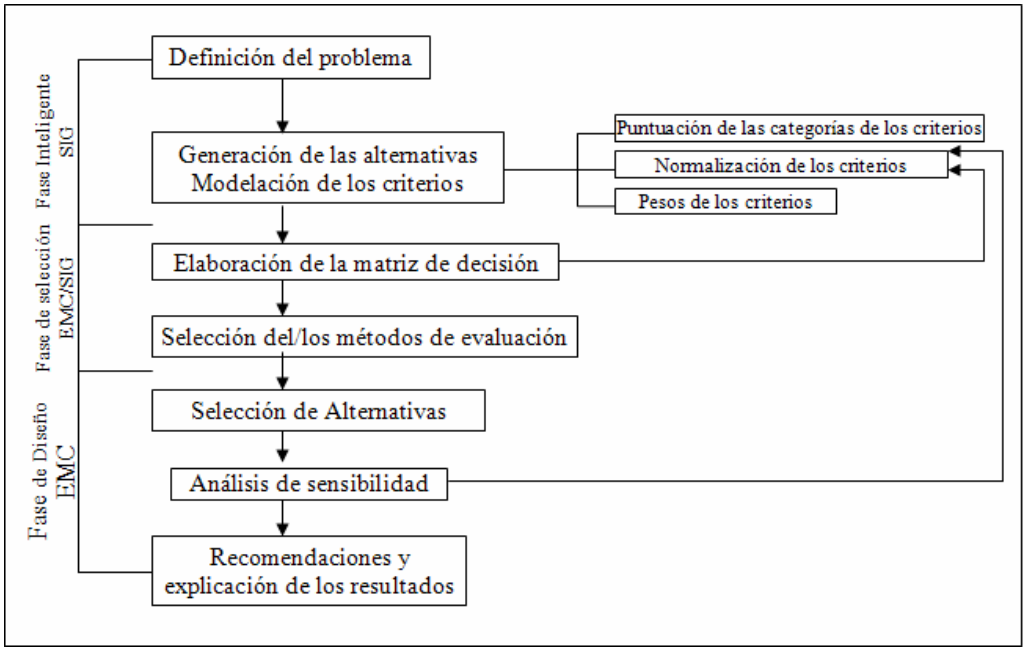


Figura Nº 4.5: Fases de un proceso de EMC en un entorno SIG (Joaquín Bosque Sendra)

4.4 MÉTODOS DE EMC

Los métodos de EMC se diferencian en el procedimiento aritmético-estadístico que se realizan sobre las matrices de evaluación y de prioridades. Cada método EMC cuenta con sus propias características, requerimiento y propiedades. Además, el tipo de método a utilizar dependerá del tipo de evaluación, tipo de datos a considerar, las características de los objetivos, así como el punto de vista del centro decidor.

La clasificación realizada por Jankowshi (1995) agrupa los métodos de EMC por el tipo de procedimientos que desarrolla (Figura Nº 4.6). "*En esta clasificación las técnicas de EMC son clasificados de acuerdo al nivel del proceso de demanda cognitiva que demandan del centro decidor y el método de agregación de puntuaciones de criterios y prioridades establecidas*". (Barredo y Gómez, 2005).

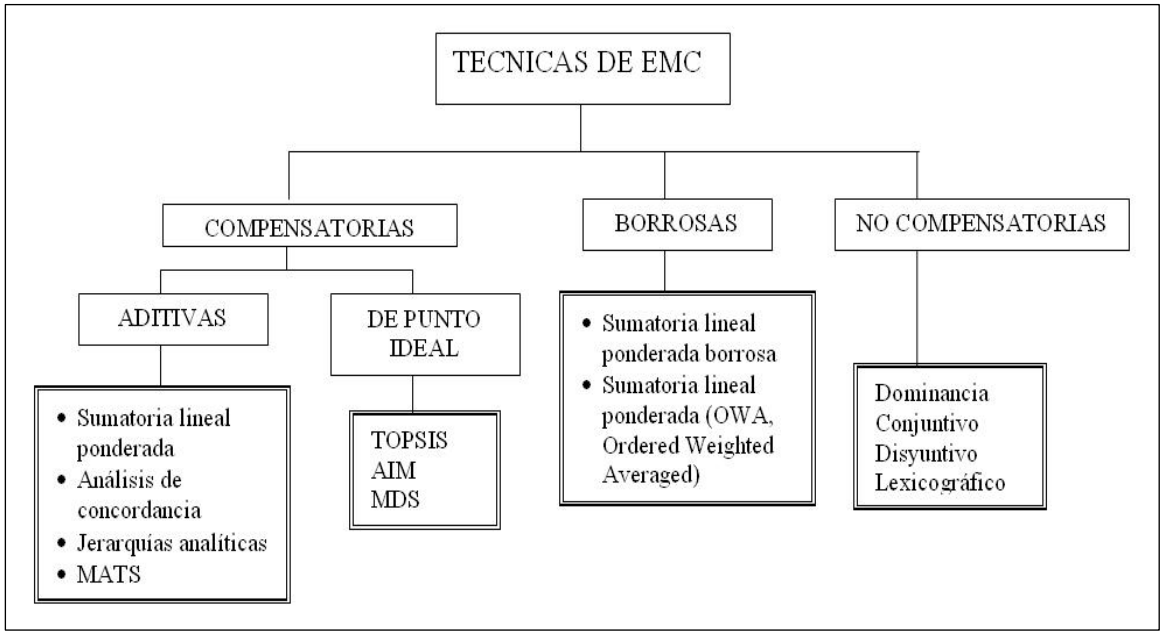


Figura Nº 4.6: Técnicas de Evaluación Multicriterio (Barredo y Gómez, 2005)

Técnicas Compensatorias: son las que requieren un mayor proceso cognitivo porque necesitan que el centro decisor especifique los pesos de los criterios como valores cardinales o funciones de prioridad. Estas se basan en la suposición de que un valor alto de una alternativa en un criterio puede compensar un valor bajo de la misma alternativa en otro criterio. Las subclases de estas técnicas son:

Las técnicas aditivas, en estas el valor obtenido por cada alternativa es el producto del peso del criterio y las puntaciones del los criterios, siendo la alternativa que obtenga el valor mas alto la mas adecuada o la mejor para la actividad evaluada. En estas destacan la sumatoria lineal ponderada, el método de las Jerarquías Analíticas, el procedimiento Concordancia – Discordancia y el Sistema de Propiedades Multi-Atributo (MATS).

Las técnicas basadas en la aproximación del punto ideal, en estas técnicas el centro decisor ubica en un espacio n-dimensional una alternativa que se considera la ideal o mejor posible, definiendo sus coordenadas como el valor mas alto en cada un de los criterios establecidos. Luego de esto se calcula la distancia entre cada alternativa y dicho punto ideal. En este grupo destacan: el método TOPSIS (Technique for Order Preferente by Similarity to Ideal Solution), AIM (Aspiration-level Interactive Method), MDS (Multi-Dimensional Scaling) y Análisis de Punto Ideal.

Técnicas no compensatorias: requieren un menor proceso cognitivo del centro decisor, ya que estas por lo general requieren una jerarquización ordinal de los criterios basadas en prioridades del centro decisor. En estas técnicas la valoración de un criterio no puede ser compensada o equilibrada como en las compensatorias, aquí las alternativas son comparadas en todos los criterios, sin realizar operaciones entre los mismos. En esta clase destacan las técnicas de Dominancia, el Método Conjuntivo, el Método Disyuntivo y el Método Lexicografito.

Técnicas Borrosa, tienen como base la lógica borrosa, que en su concepción esencial es una metodología para hacer cálculos con palabras. Donde se trata de procesar de manera muy sencilla información borrosa e imprecisa. Es una teoría diseñada para tratar problemas, elementos, clase, etc., sin límites bien definidos y se sustentan en la idea de que el mundo no esta compuesto de partículas elementales indivisibles y discretas sino que se trata de un continuo con diferentes propiedades en diferentes localizaciones. (Barredo y Gómez, 2005). La aplicación de estas técnicas se encuentra en gran parte en el campo de la geografía, la teledetección y la clasificación de imágenes de satélite. En esta clase destacan dos métodos la sumatoria lineal ponderad borrosa y la sumatoria lineal ponderada ordenada.

CAPÍTULO V. METODOLOGÍA

5.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información es un proceso previo e indispensable para la realización de cualquier estudio. En esta etapa se obtuvo el material bibliográfico (libros, revistas, impresos, datos digitales alfanuméricos, entre otros) y cartográficos (cartas digitales, imágenes satelitales, mapas temáticos digitales, entre otros). A continuación describimos la información cartográfica digital utilizada en el presente estudio:

a.- Carta Nacional IGN escala 1: 100,000

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Ministerio de Educación (MINEDU)
- Sistema de Coordenada : UTM
- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape de ArcGIS
- Descripción : Se cuenta con información de cuadricula de hoja, hidrografía de ríos, quebradas, lagos e hipsografía de las hojas 17h, 17i, 18h, 18i, 19h, 19i, 19j, 20i y 20j.

b.- Límites Políticos Administrativos 2002 escala 1: 100,000

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
- Sistema de Coordenada : Geográfica
- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con información de los departamentos, provincias y distritos.

c.- Base de Datos de los Recursos Renovables para el Desarrollo Socio-Económico del País: Departamento de Ancash escala 1: 250,000

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
- Sistema de Coordenada : Geográfica

- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con información de la capacidad de uso mayor del suelo (CUM) y riesgo de vulnerabilidad.

d.- Base de Datos de los Recursos Naturales con Base Cartográfica del Mapa Planimétrico

Departamento de Ancash escala 1: 250,000

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
- Sistema de Coordenada : UTM
- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con información de las zonas de vida.

e.- Base de Datos Predial 2006 escala 1: 25,000

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural (PETT)
- Sistema de Coordenada : UTM
- Datum : PSAD 56
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con información predial de los proyectos catastrales P025, P025A y P026 del Departamento de Ancash.

f.- Ancash Vial 2004

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
- Sistema de Coordenada : Geográfica
- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con información de la red vial del departamento de Ancash, originalmente en formato pdf.

g.- Base de Datos de Áreas Naturales Protegidas 2006 escala 1: 1'000,000

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
- Sistema de Coordenada : Geográfica
- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con los límites del Parque Nacional del Huascarán.

h.- Catastro Minero Nacional Vigente 2007

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero (INACC)
- Sistema de Coordenada : UTM
- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con información del plano catastral minero del área de estudio.

i.- Ancash: Resultados de la Construcción del Marco de Área 2004 escala 1: 100,000

- Tipo de formato : Vectorial
- Fuente : Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas (ENAPROVE)
- Sistema de Coordenada : UTM
- Datum : WGS 84
- Formato de archivo : shape
- Descripción : Se cuenta con la información de los marcos de área de todos los distritos del área de estudio.

5.2 SELECCIÓN DE CRITERIOS (FACTORES Y LIMITANTES ABSOLUTOS)

La selección de los criterios, que determinarán la capacidad de acogida del uso agrícola, se basará en factores de localización. El estudio de los factores de localización permite conocer cuáles son los principales aspectos a considerar al momento de seleccionar las zonas que mejor acojan la actividad agrícola. Los factores de localización para el estudio son los siguientes:

- Áreas que posean suelos aptos para la actividad agrícola
- Zonas de vida que sean propicias para la agricultura
- Espacios próximos a redes viales
- Espacios potenciales en recurso hídrico
- Espacios que se ubiquen en zonas de mínima vulnerabilidad física
- Territorios saneados física y legalmente
- Territorios que posean un alto índice de desarrollo humano
- Áreas que no se encuentren en protección por la legislación actual
- Áreas de concesiones no agrarias

En base a estos factores de localización, se identificó los criterios y los consiguientes factores y limitantes absolutos que intervendrán en la realización del modelo de capacidad de acogida de la actividad agrícola. (Cuadros 5.1 y 5.2)

Criterio	Factor
Aptitud de la tierra para la actividad agricultura	Capacidad de Uso Mayor de las Tierras
Zonas de vida propicias para la agricultura	Ecología
Potencial en fuentes hídricas	Potencial Hídrico
Accesibilidad de Centros Poblados a la red vial	Accesibilidad
Mínima probabilidad de ocurrencias	Vulnerabilidad
Saneamiento físico y legal	Áreas Catastradas (Rural)
Valores altos de IDH	Índice de Desarrollo Humano

Cuadro Nº 5.1: Factores

Criterio	Limitante Absoluto
Áreas no protegidas por el estado	Áreas Protegidas
Áreas de concesiones no agrarias	Concesiones Mineras

Cuadro Nº 5.2: Limitantes Absolutos

Así, el factor **Capacidad de Uso Mayor de las Tierras** (CUM), se basa en el estudio: Base de Datos de los Recursos Renovables para el Desarrollo Socio-Económico del País - Departamento de Ancash. Este estudio fue elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) *"…suministra una información de carácter práctico, netamente interpretativa, basada en la aptitud natural que poseen las Tierras para soportar sosteniblemente un determinado uso, sea: agrícola, pastoreo, forestal y/o protección, y muestra la distribución espacial de las diferentes unidades de CUM"*. Según el Decreto Supremo Nº 0062/75-AG sobre el reglamento de Clasificación de Tierras, se define Grupo de Capacidad de Uso Mayor, al agrupamiento de suelos que tienen características similares en cuanto a su aptitud natural para la producción ya sea de Cultivo en Limpio, Permanente, Pastoreo, Producción Forestal y de Protección.

El factor **Ecología** se basa en el Mapa Ecológico del Perú que fue elaborado por la Ex - Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) *"…define en forma cuantitativa la relación que existe en el orden natural entre los factores principales del clima y la vegetación. La biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental, que conforman los factores climáticos fundamentales, son considerados como factores "independientes", mientras que los factores bióticos son considerados como esencialmente "dependientes", es decir, subordinados a la acción directa del clima en cualquier parte del mundo"*.

El factor **Potencial Hídrico** se basa en la mayor cantidad de Recursos Hídricos presentes en una cuenca y de las características físicas predominantes de cada una de ellas. *"Las características físicas de una cuenca dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelo, la cubierta vegetal, la geología, los usos del suelo, etc. Estas características influyen de manera decisiva en la respuesta hidrológica de la cuenca."* (Nanía, 2002).

El factor **Accesibilidad** se basa en la distancia que existe entre los centros poblados y las vías de acceso, *"ya que la existencia de una red vial permite el acceso de los productos a los principales mercados, situación que se hace dificultosa o imposible*

cuando los ejes de circulación son escasos o inexistentes, llevando un atraso económico y social a las zonas que presentan estas características" (Valpreda, 2005).

El factor de **Vulnerabilidad** se basa en el estudio: Base de Datos de los Recursos Renovables para el Desarrollo Socio-Económico del País - Departamento de Ancash. Este estudio fue elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) "*El Modelo representa los diferentes grados de capacidad de resistencia de los ecosistemas a los procesos geodinámicos naturales o a aquellos inducidos por las actividades del hombre. En su elaboración considera condiciones naturales como: Estabilidad geológica, tipos de cobertura, grado de inclinación del terreno (pendiente), condiciones climáticas, y el factor antrópico Uso de la Tierra"*.

El factor **Área Catastrada** se basa en que la tenencia de tierras, resalta la importancia de la situación legal de los territorios con aptitud agrícola, permitiendo a los propietarios de dichos terrenos tener un amparo jurídico ante situaciones limítrofes o de usurpación; así mismo abre la posibilidad para la formación de organizaciones y solicitudes de créditos agrarios. La tenencia de tierras se basa en el Decreto Legislativo Nº 667, o Ley del Registro de Predios Rurales, que fue publicado el 13 de septiembre de 1991.

El factor **Índice de Desarrollo Humano** (IDH) se basa en las mediciones realizadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *"El desarrollo humano es el proceso de expansión de las capacidades y derechos de las personas, dentro de un marco de igualdad de oportunidades, en el cual todas las personas pueden progresar en libertad. Así, el desarrollo humano (DH) es un proceso permanente, en el cual debe progresar cada persona, al mismo tiempo que progresan todos"* (PNUD, 2005) lo que indica que el desarrollo humano no se da a un nivel individual sino dentro de estructura social. El IDH se basa en tres componentes: la extensión de la vida (cuyo indicador es la esperanza de vida), el logro educativo (cuyos indicadores serían dos partes de alfabetismo y una de matriculación bruta en el sistema regular), y uno tercero, de acceso a recursos (que mantiene el indicador de PBI per cápita).

El limitante **Áreas Protegidas** se basa en el ámbito perteneciente al Parque Nacional del Huascarán, que fue creado el 01 de Julio de 1975 en base al Decreto Supremo Nº 0622-75-AG con una extensión de 340,000 ha; tiene como objetivos la protección de la cordillera tropical mas extensa del mundo, con su riqueza en flora y fauna, formaciones geológicas, nevados y belleza escénica existentes.

El limitante **Concesiones Mineras** se basa en el ámbito perteneciente a las concesiones amparadas en la Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero según el Decreto Legislativo Nº 708, que fue promulgado el 06 de Noviembre de 1991. El Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero (INACC) define una concesión como el *"derecho que confiere a su titular, la facultad de extraer o concentrar la parte valiosa de un agregado de minerales desarraigados y/o fundir, purificar o refinar metales, ya sea mediante un conjunto de procesos físicos, químicos y/o físicos-químicos"*.

5.3 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL - GEODATABASE

La construcción de una base de datos espacial se basa en tres modelos: el modelo entidad – relación, modelo lógico y modelo físico.

El modelo Entidad - Relación (E-R) comprende todas las entidades u objetos espaciales que han sido utilizados para el desarrollo del estudio así como las relaciones que entre ellos existe. Estas entidades han sido clasificados por la función que van a desempeñar dentro del estudio, así tenemos a las Entidades, las entidades Criterio y las entidades Modelo (Figura Nº 5.1).

Las Entidades incluyen AESTUDIO, DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO, HIPSOGRAFÍA, CCPP, VÍAS, RÍO, QUEBRADA, LAGUNA, CUENCA, CUM, ECOLOGÍA, IDH, VULNERABILIDAD, ACATASTRADA, APROTEGIDA, CONMINERA Y MARCOAREA; que representa todas las entidades esenciales para el desarrollo del estudio ya que son utilizados como referencia de ubicación y limites espaciales así como de base para la construcción de los criterios.

Modelo Entidad Relación E-R

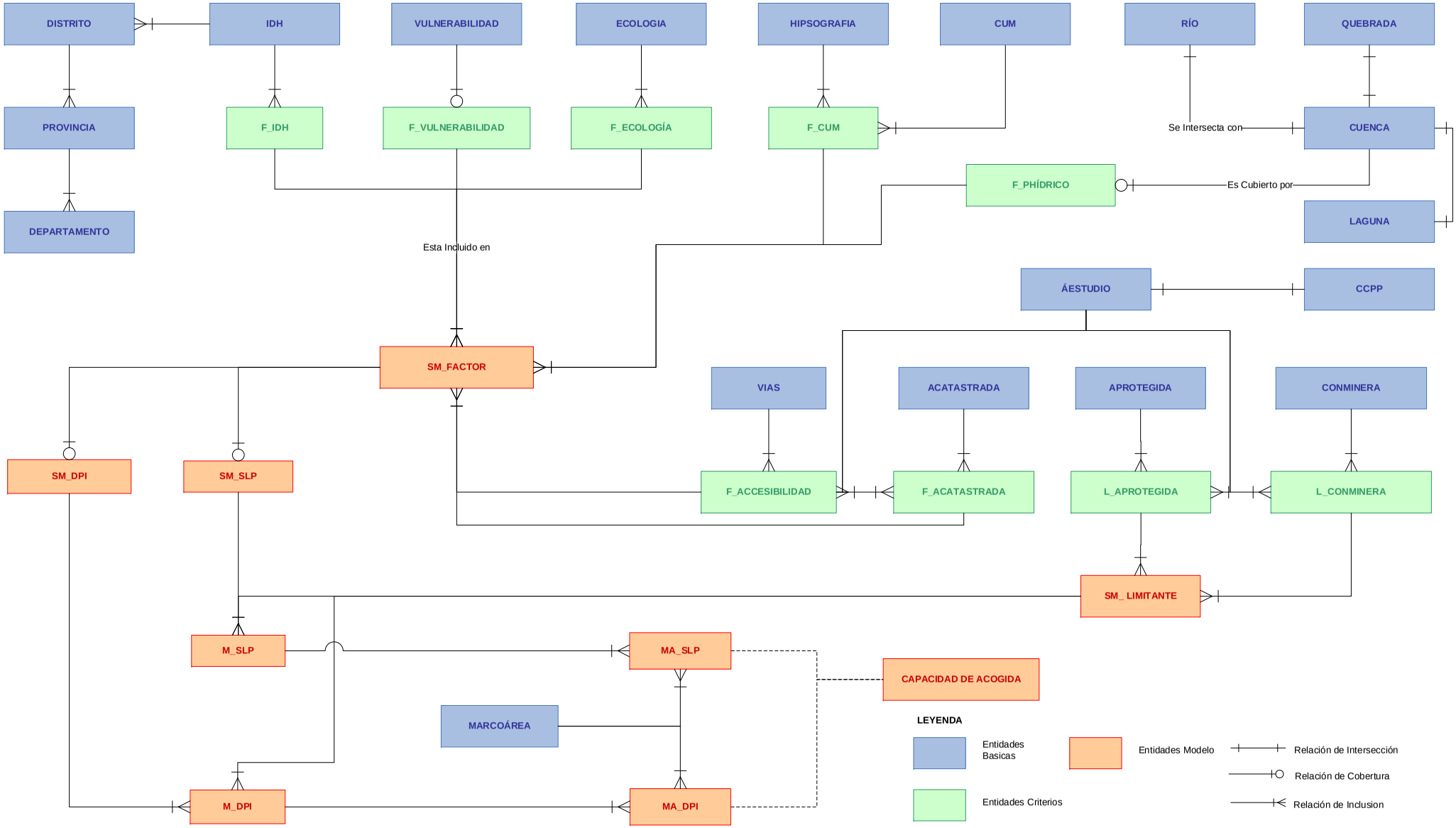


Figura 5.1: Modelo Entidad - Relación

Las entidades Criterio incluyen a F_IDH, F_VULNERABILIDAD, F_ECOLOGÍA, F_CUM, F_PHÍDRICO, F_ACCESIBILIDAD, F_ACATASTRADA, L_APROTEGIDA y L_CONMINERA; estas entidades son las procesadas por las técnicas de evaluación multicriterio y base para las entidades Modelo.

Las entidades Modelo incluyen a los modelos SM_FACTOR, SM_SLP, SM_DPI, SM_LIMITANTE, M_SLP, M_DPI, MA_SLP y MA_DPI; estas entidades son las que representan todo el cálculo y análisis que se utilizó para la determinación de un modelo de Capacidad de Acogida.

Dentro del Modelo E-R se han identificado tres tipos de relaciones topológicas entre las Entidades Básicas, Entidades Criterio y Entidades Modelo:

1. Relación de Intersección, que representa las superposiciones entre entidades de diferente geometría y/o constituyen parte de una entidad.
2. Relación de Igualdad, que representa a dos entidades que ocupan el mismo espacio y la misma representación entre sus objetos.
3. Relación de Inclusión, que representa a dos entidades que ocupan el mismo espacio pero no la misma representación o geometría entre sus objetos.

El modelo lógico plasma el modelo entidad – relación, complementándolo con la estructura de los atributos asociados a cada entidad. El modelo lógico crea para cada entidad un Feature Class (FC) y mantiene la clasificación del modelo entidad – relación (Entidades, Criterio y Modelo), creando para cada una de ellas un Feature Data Set (FDS), se asignan el nombre a cada FC y el nombre de los campos que presenta cada uno de ellos así como el tipo (esriFieldType). Dentro de este modelo se toman en consideración criterios de normalización, este modelo se desarrolló en el software Visio 2003.

El modelo lógico está organizado de la siguiente manera: Un workspace denominado CAP_ACOGIDA (Figura Nº 5.2), que contiene 03 Feature Data Set (FDS), FDS_ENTIDADES (Figura Nº 5.3), FDS_CRITERIOS (Figura Nº 5.4) y FDS_MODELOS (Figura Nº 5.5). Cada FDS del modelo lógico contiene las mismas entidades que el modelo entidad – relación.

Workspace CAP_ACOGIDA

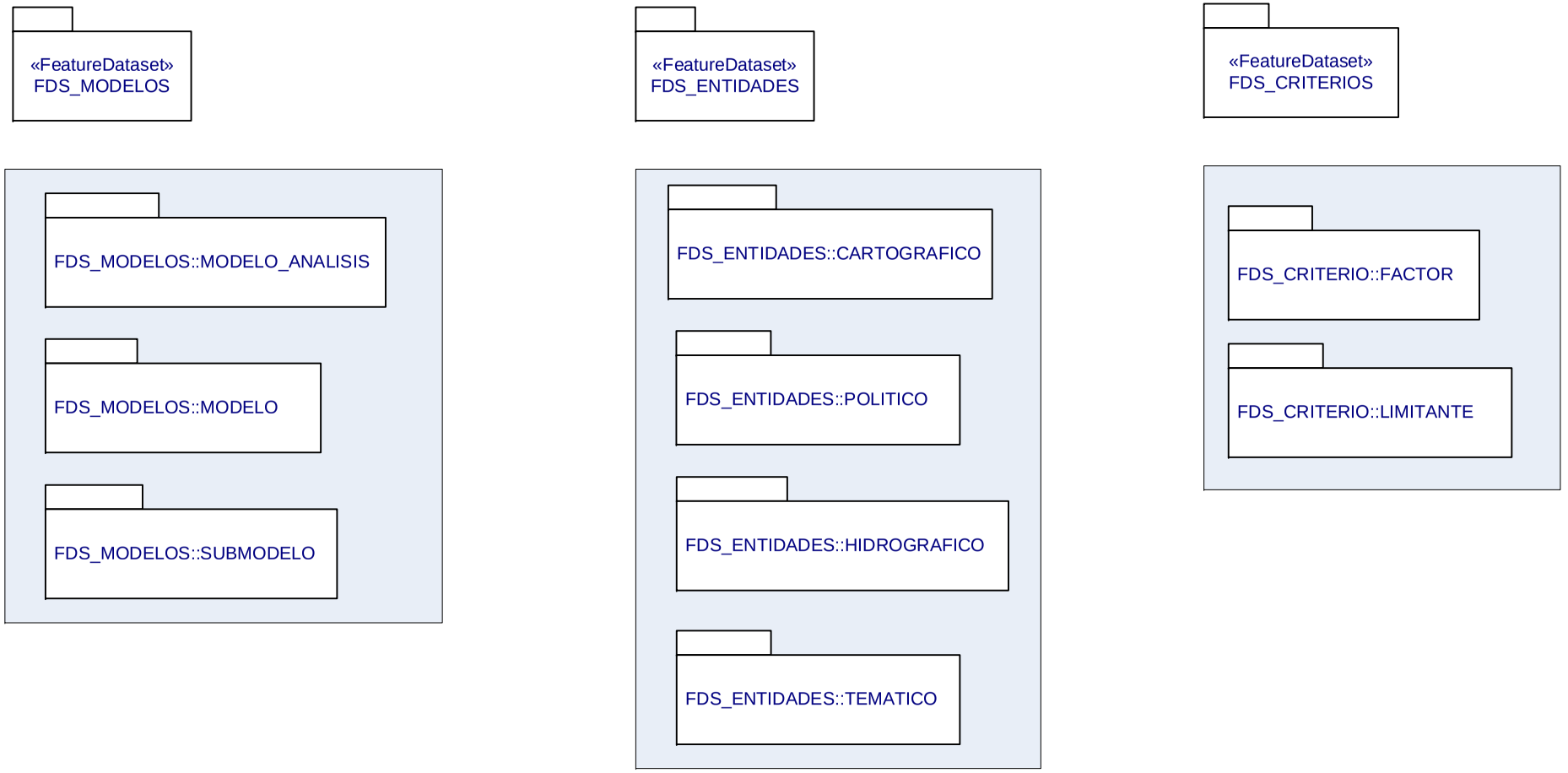


Figura 5.2: Modelo Lógico - WorkSpace

Feature Data Set ENTIDADES

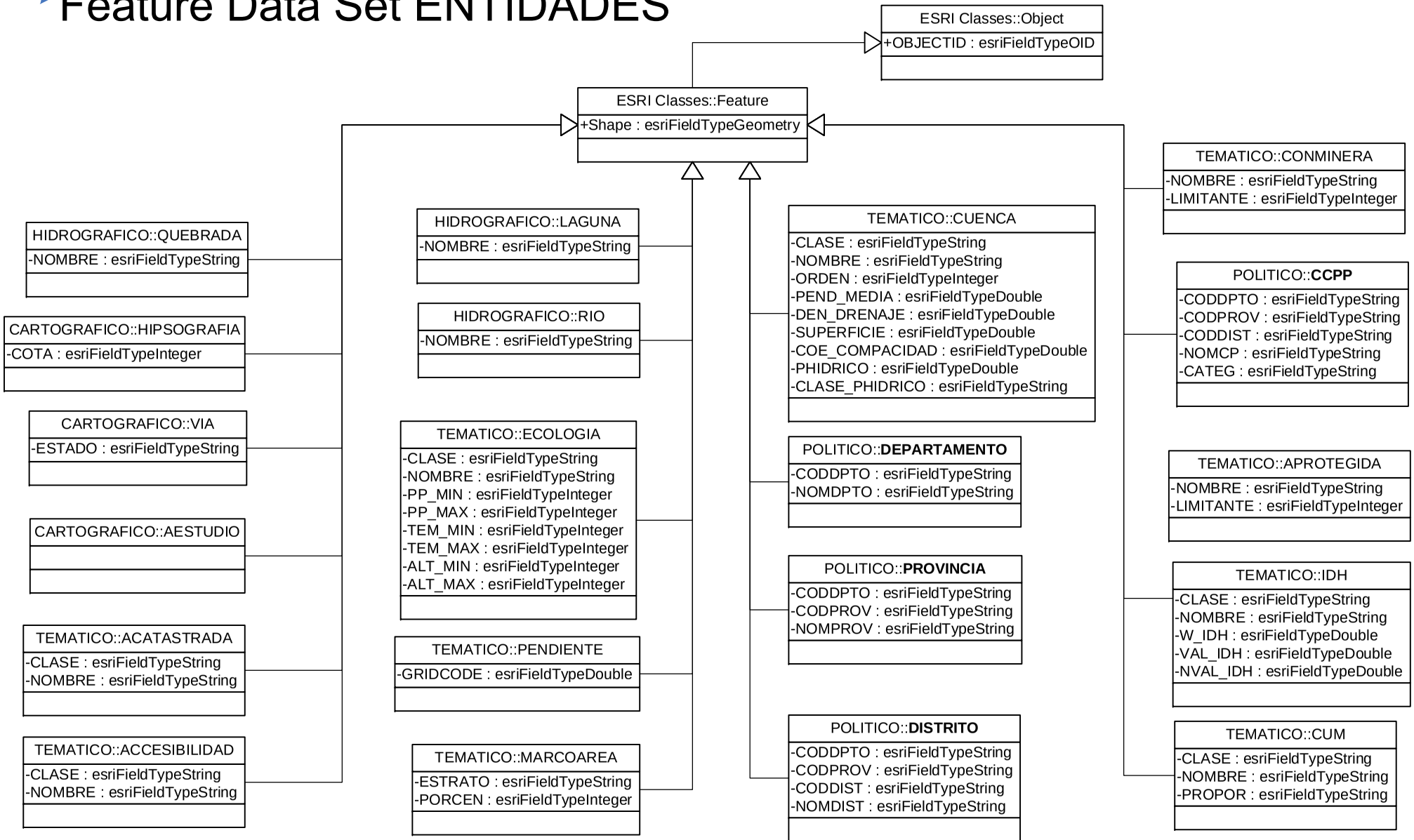


Figura 5.3: Modelo Lógico - Entidades

Feature Data Set CRITERIO

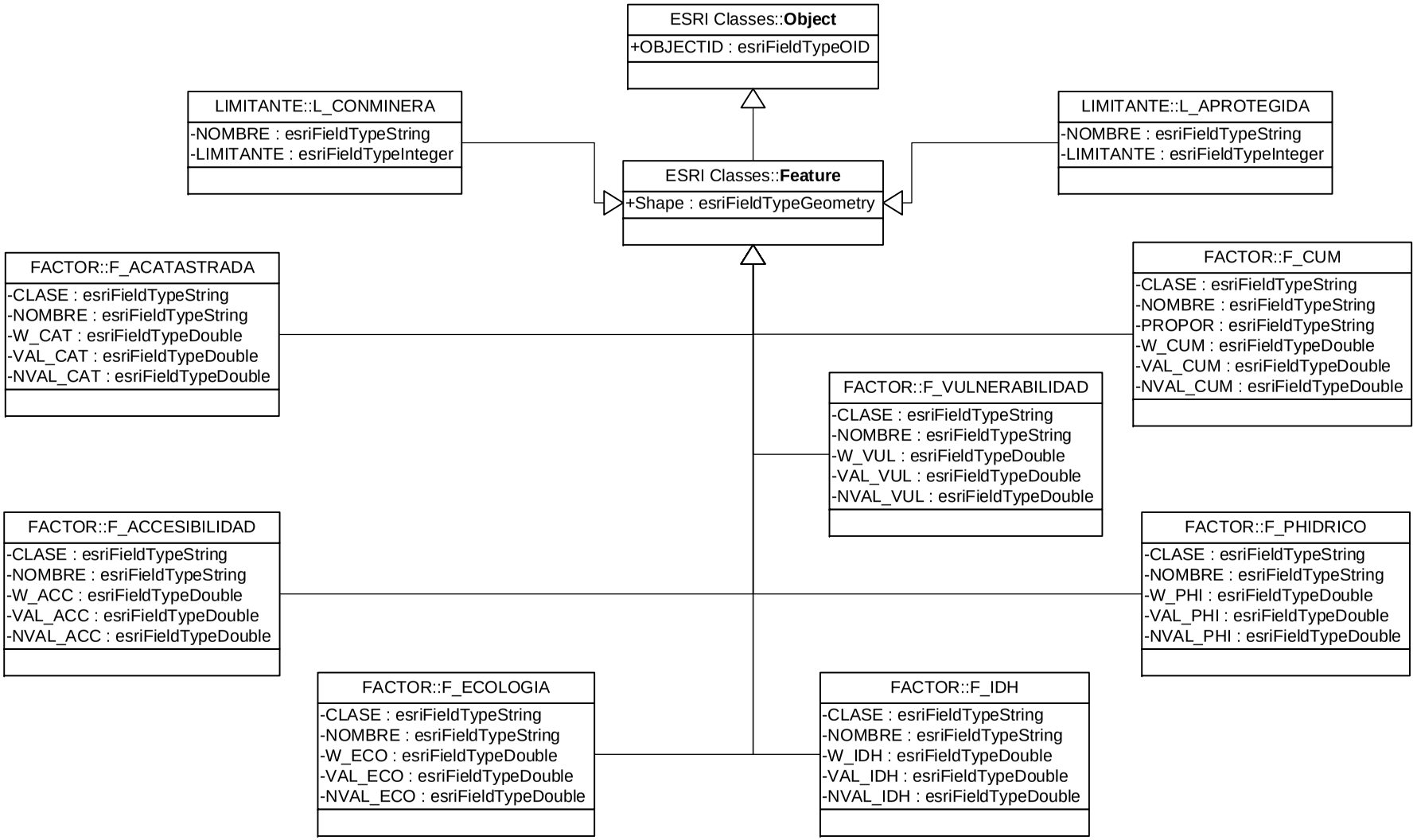


Figura 5.4: Modelo Lógico - Criterios

Feature Data Set MODELO

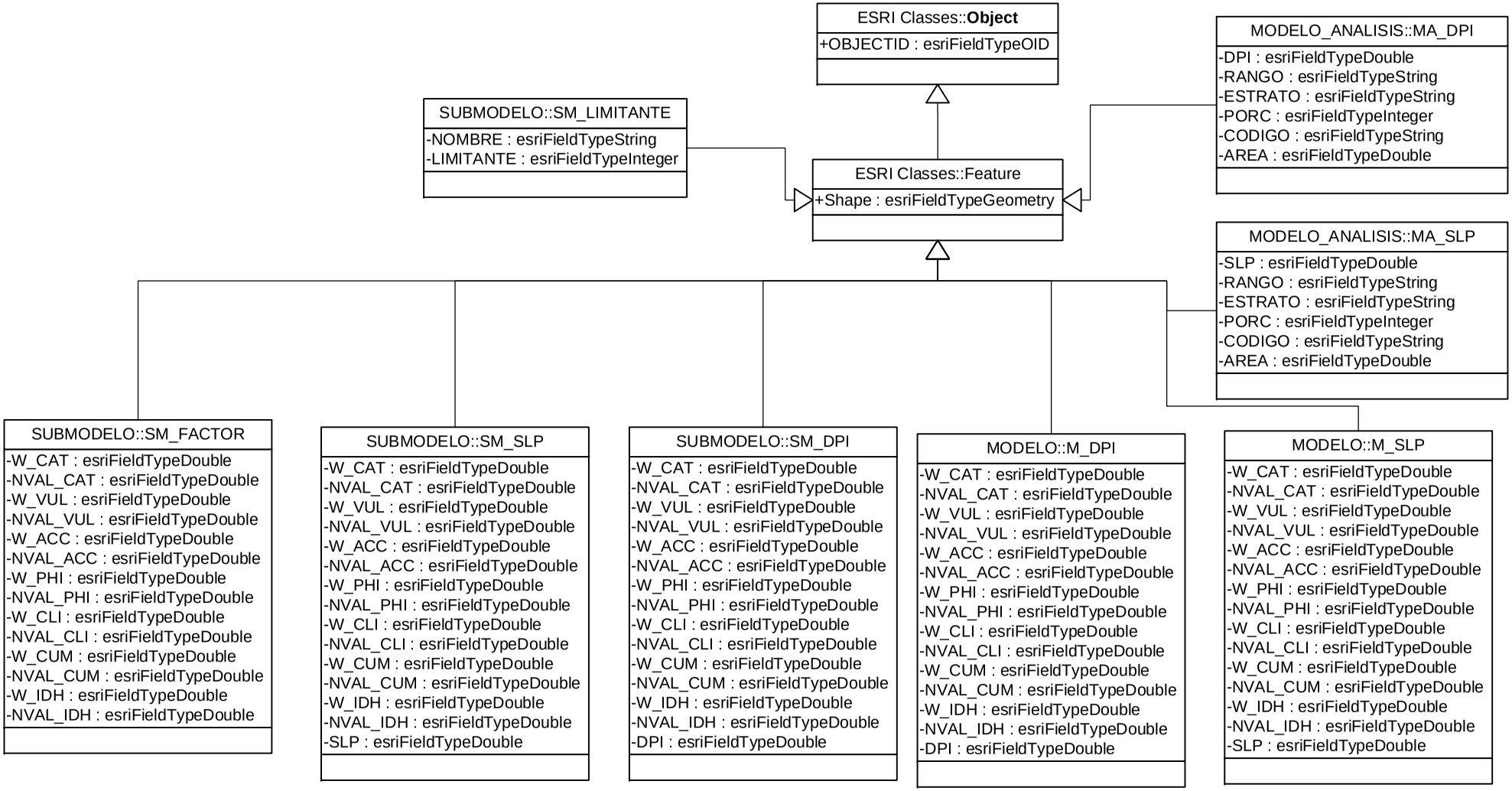


Figura 5.5: Modelo Lógico - Modelos

El modelo Físico es la estructura de todos los datos espaciales ya presente en un file Geodatabase, manteniendo la estructura y clasificación inicial del modelo E-R, se genera importando el modelo lógico de Visio 2003 (que es un archivo *.xml) al software ArcCatalog con la herramienta Schematic Wizard del ArcGIS, es esta importación donde a los FC se les define el sistema de coordenadas y el tipo de geometría que van a presentar, así como la longitud de los tipos de campo. A partir de este modelo se agrega todo la información presente, en diferentes formatos, a los nuevos FC para la construcción de los temáticos que intervendrán a lo largo del estudio (Figura Nº 5.6).

5.4 MODELAMIENTO ESPACIAL EN LA ELABORACIÓN DE FACTORES Y LIMITANTES ABSOLUTOS

5.4.1 Modelamiento Espacial

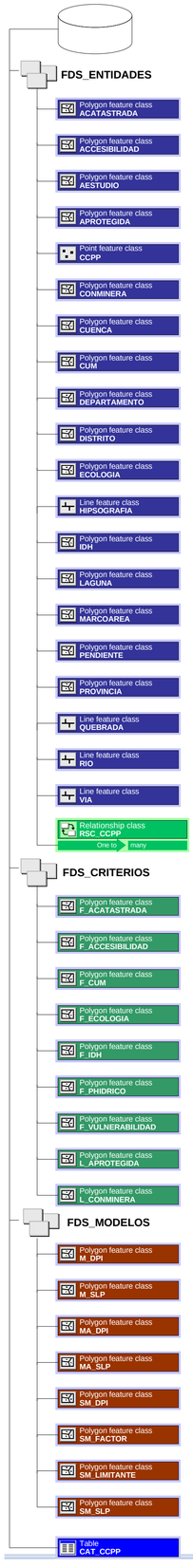
El modelamiento espacial es la representación de los procesos de *"manipulación básica de un Sistema de Información Geográfica (SIG) bajo una secuencia lógica para resolver problemas espaciales complejos, sin importar cual será el software a utilizar"* (Villacorta, 2002).

La forma más habitual de representar el modelamiento espacial o modelamiento funcional es a través de un flujograma operacional que muestra las secuencias de operaciones que se aplicarán sobre las entidades iniciales del SIG hasta llegar a niveles o capas temáticas concluyentes. Una convención estándar en SIG consiste en identificar con un rectángulo las entidades, con óvalos las operaciones y con flechas la secuencia respectiva (Figura Nº 5.7).



Figura Nº 5.7: Proceso del Modelamiento Espacial

Diagrama del Modelo Físico de la Base de Datos Espacial



CRITERIOS

Simple feature class **F_ACATASTRADA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					5
NOMBRE	String	Yes					30
W_CAT	Double	Yes			0	0	
VAL_CAT	Double	Yes			0	0	
NVAL_CAT	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **F_PHIDRICO** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	
CLASE	String	Yes					5
NOMBRE	String	Yes					30
W_PHI	Double	Yes			0	0	
VAL_PHI	Double	Yes			0	0	
NVAL_PHI	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **L_CONMINERA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
NOMBRE	String	Yes					30
LIMITANTE	Long integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **F_ACCESIBILIDAD** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					5
NOMBRE	String	Yes					30
W_ACC	Double	Yes			0	0	
VAL_ACC	Double	Yes			0	0	
NVAL_ACC	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **F_VULNERABILIDAD** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					5
NOMBRE	String	Yes					30
W_VUL	Double	Yes			0	0	
VAL_VUL	Double	Yes			0	0	
NVAL_VUL	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **F_ECOLOGIA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	
CLASE	String	Yes					10
NOMBRE	String	Yes					50
W_ECO	Double	Yes			0	0	
VAL_ECO	Double	Yes			0	0	
NVAL_ECO	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **F_CUM** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					20
W_CUM	Double	Yes			0	0	
VAL_CUM	Double	Yes			0	0	
NVAL_CUM	Double	Yes			0	0	
NOMBRE	String	Yes					150
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **F_IDH** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					5
W_IDH	Double	Yes			0	0	
VAL_IDH	Double	Yes			0	0	
NVAL_IDH	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	
NOMBRE	String	Yes					30

Simple feature class **L_APROTEGIDA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
NOMBRE	String	Yes					30
LIMITANTE	Long integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

MODELOS

Simple feature class **SM_DPI** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
W_CAT	Double	Yes			0	0	
NVAL_CAT	Double	Yes			0	0	
W_ACC	Double	Yes			0	0	
NVAL_ACC	Double	Yes			0	0	
W_ECO	Double	Yes			0	0	
NVAL_ECO	Double	Yes			0	0	
W_PHI	Double	Yes			0	0	
NVAL_PHI	Double	Yes			0	0	
W_VUL	Double	Yes			0	0	
NVAL_VUL	Double	Yes			0	0	
W_CUM	Double	Yes			0	0	
NVAL_CUM	Double	Yes			0	0	
W_IDH	Double	Yes			0	0	
NVAL_IDH	Double	Yes			0	0	
DPI	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **M_SLP** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
W_CAT	Double	Yes			0	0	
NVAL_CAT	Double	Yes			0	0	
W_ACC	Double	Yes			0	0	
NVAL_ACC	Double	Yes			0	0	
W_ECO	Double	Yes			0	0	
NVAL_ECO	Double	Yes			0	0	
W_PHI	Double	Yes			0	0	
NVAL_PHI	Double	Yes			0	0	
W_VUL	Double	Yes			0	0	
NVAL_VUL	Double	Yes			0	0	
W_CUM	Double	Yes			0	0	
NVAL_CUM	Double	Yes			0	0	
W_IDH	Double	Yes			0	0	
NVAL_IDH	Double	Yes			0	0	
SLP	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **M_DPI** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
W_CAT	Double	Yes			0	0	
NVAL_CAT	Double	Yes			0	0	
W_ACC	Double	Yes			0	0	
NVAL_ACC	Double	Yes			0	0	
W_ECO	Double	Yes			0	0	
NVAL_ECO	Double	Yes			0	0	
W_PHI	Double	Yes			0	0	
NVAL_PHI	Double	Yes			0	0	
W_VUL	Double	Yes			0	0	
NVAL_VUL	Double	Yes			0	0	
W_CUM	Double	Yes			0	0	
NVAL_CUM	Double	Yes			0	0	
W_IDH	Double	Yes			0	0	
NVAL_IDH	Double	Yes			0	0	
DPI	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **MA_DPI** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
DPI	Double	Yes			0	0	
RANGO	String	Yes					1
ESTRATO	String	Yes					2
PORC	Short integer	Yes			0		
CODIGO	String	Yes					14
AREA	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **SM_FACTOR** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
W_CAT	Double	Yes			0	0	
NVAL_CAT	Double	Yes			0	0	
W_ACC	Double	Yes			0	0	
NVAL_ACC	Double	Yes			0	0	
W_ECO	Double	Yes			0	0	
NVAL_ECO	Double	Yes			0	0	
W_PHI	Double	Yes			0	0	
NVAL_PHI	Double	Yes			0	0	
W_VUL	Double	Yes			0	0	
NVAL_VUL	Double	Yes			0	0	
W_CUM	Double	Yes			0	0	
NVAL_CUM	Double	Yes			0	0	
W_IDH	Double	Yes			0	0	
NVAL_IDH	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **SM_LIMITANTE** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
NOMBRE	String	Yes					30
LIMITANTE	Long integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **SM_SLP** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
W_CAT	Double	Yes			0	0	
NVAL_CAT	Double	Yes			0	0	
W_ACC	Double	Yes			0	0	
NVAL_ACC	Double	Yes			0	0	
W_ECO	Double	Yes			0	0	
NVAL_ECO	Double	Yes			0	0	
W_PHI	Double	Yes			0	0	
NVAL_PHI	Double	Yes			0	0	
W_VUL	Double	Yes			0	0	
NVAL_VUL	Double	Yes			0	0	
W_CUM	Double	Yes			0	0	
NVAL_CUM	Double	Yes			0	0	
W_IDH	Double	Yes			0	0	
NVAL_IDH	Double	Yes			0	0	
SLP	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **MA_SLP** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
SLP	Double	Yes			0	0	
RANGO	String	Yes					1
ESTRATO	String	Yes					2
PORC	Short integer	Yes			0		
CODIGO	String	Yes					14
AREA	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

ENTIDADES

Simple feature class **ACATASTRADA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					5
NOMBRE	String	Yes					30
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **ACCESIBILIDAD** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					5
NOMBRE	String	Yes					30
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **AESTUDIO** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **APROTEGIDA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
NOMBRE	String	Yes					30
LIMITANTE	Long integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **CUENCA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
ORDEN	Short integer	Yes			0		
PEND_MEDIA	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	
CLASE	Short integer	Yes			0		
DEN_DRENAJE	Double	Yes			0	0	
SUPERFICIE	Double	Yes			0	0	
COE_COMPACIDAD	Double	Yes			0	0	
PHIDRICO	Double	Yes			0	0	
NOMBRE	String	Yes					30
CLASE_PHIDRICO	String	Yes					5

Simple feature class **CUM** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					20
PROPOR	String	Yes					10
NOMBRE	String	Yes					150
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **DEPARTAMENTO** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
SHAPE	Geometry	Yes					
CODDPTO	String	Yes					2
NOMDPTO	String	Yes					40
SHAPE_Length	Double	Yes			0	0	
SHAPE_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **DISTRITO** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CODDPTO	String	Yes					2
CODDPROV	String	Yes					2
CODDIST	String	Yes					2
NOMDIST	String	Yes					40
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **ECOLOGIA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
PP_MIN	Short integer	Yes			0		
PP_MAX	Short integer	Yes			0		
TEM_MIN	Short integer	Yes			0		
TEM_MAX	Short integer	Yes			0		
ALT_MIN	Short integer	Yes			0		
ALT_MAX	Short integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	
CLASE	String	Yes					10
NOMBRE	String	Yes					50

Simple feature class **HIPSOGRAFIA** — Geometry: Polyline; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
COTA	Long integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
MOD	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **CONMINERA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
NOMBRE	String	Yes					30
LIMITANTE	Long integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **VIA** — Geometry: Polyline; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
ESTADO	String	Yes					2
Shape_Length	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **IDH** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CLASE	String	Yes					5
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	
NOMBRE	String	Yes					30

Simple feature class **RIO** — Geometry: Polyline; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
NOMBRE	String	Yes					40
Shape_Length	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **QUEBRADA** — Geometry: Polyline; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
TIPO	String	Yes					5
NOMBRE	String	Yes					40
Shape_Length	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **LAGUNA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
NOMBRE	String	Yes					40
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **MARCOAREA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
ESTRATO	String	Yes					2
PORCEN	Long integer	Yes			0		
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **PENDIENTE** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
GRIDCODE	Double	Yes			0	0	
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **PROVINCIA** — Geometry: Polygon; Contains M values: No; Contains Z values: No

Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					2
CODDPTO	String	Yes					2
CODPROV	String	Yes					40
NOMPROV	String	Yes					
Shape_Length	Double	Yes			0	0	
Shape_Area	Double	Yes			0	0	

Simple feature class **CCPP** — Geometry: Point; Contains M values: No; Contains Z values: No

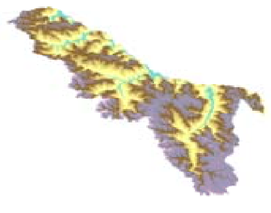
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
CODDPTO	String	Yes					2
CODPROV	String	Yes					2
CODDIST	String	Yes					2
NOMCP	String	Yes					40
CATCCPP	String	Yes					2

Relationship class **RSC_CCPP**
Type: Simple
Cardinality: *One to many*
Notification: *None*
Forward label: *CAT_CCPP*
Backward label: *CCPP*
Origin feature class: Name *CCPP*; Primary key *CATCCPP*; Foreign key *CATCCPP*
Destination table: Name *CAT_CCPP*
No relationship rules defined.

Table **CAT_CCPP**

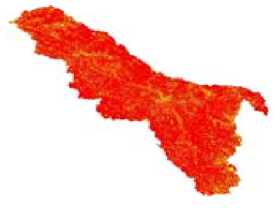
Field name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Length
OBJECTID	Object ID						
CATCCPP	String	Yes					2
NOMCAT	String	Yes					30

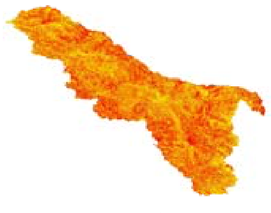
RASTER


elevacion


hillshade_pendiente


ImagenSatelital


reclass_pendiente


slope_pendiente

CRITERIOS

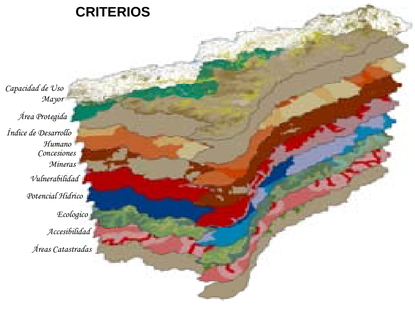


Figura 5.6: Modelo Fisico

Así por ejemplo, para la elaboración del factor F_IDH se sometió al temático IDH a un proceso de generalización (herramienta Dissolve del ArcGIS) en base a un atributo común, que en el caso del temático IDH fue el nombre de la clase.

En el diagrama de modelamiento espacial (Figura Nº 5.8) se observan un total de 34 entidades, que se clasifican de la siguiente manera: tres **entidades de origen** (Vías, Hipsografía y Área de estudio); cuatro **entidades concluyentes** (TIN, Elevación, Slope_pendiente y Reclass_pendiente); diez **entidades temáticas** (Accesibilidad, IDH, Ecología, CUM, Pendiente, Cuenca, Área catastrada, Concesiones mineras, Área protegida y Marco de área); siete **factores** (F_Accesibilidad, F_Acatastrada, F_IDH, F_Ecología, F_CUM, F_Phídrico y F_Vulnerabilidad); dos **limitantes Absolutos** (L_Conmineras y L_Aprotegidas); cuatro **submodelos** (SM_Factor, SM_SLP, SM_DPI y SM_Limitante); dos **modelos** (M_SLP y M_DPI) y dos **modelos de análisis** (MA_SLP y MA_DPI). Por otra parte, se presentan 24 procesos realizados por las herramientas del ArcGIS como Geoprocessing (union, intersect, disssolve y clip), Calculate (calculadora de campos), 3D analyst (generación de TIN y GRID) y spatial analyst (reclasificación).

5.4.2 Mapa Base

En el se presentan diversos componentes de información básica, en el estudio esta información ha sido agrupada en dos mapas; todos los mapas han sido elaborados en el sistema de coordenadas proyectadas Universal Transverse Mercator (UTM), con el datum World Geodetic System del año 1984 (WGS 84) y la Zona Geográfica 18 Sur (18S).

El primero de los mapas es el Mapa Topográfico (Mapa Nº 01), en el se presentan las curvas de nivel o hipsografía (cada curva se presenta a un intervalo de 500 metros), la hidrografía que contiene a los ríos principales, quebradas y lagos y un mosaico de dos imágenes satelitales (Path 008 Row 066 y Path 008 Row 067) que realzan la cobertura vegetal mediante la combinación de las bandas 5-4-3, la resolución espacial de este mosaico es de 15 metros y se obtuvo mediante la multiplicación de la imagen combinada 5-4-3 (de resolución de 30 metros) con la banda pancromática (de resolución de 15 metros).

Diagrama de Modelamiento Espacial

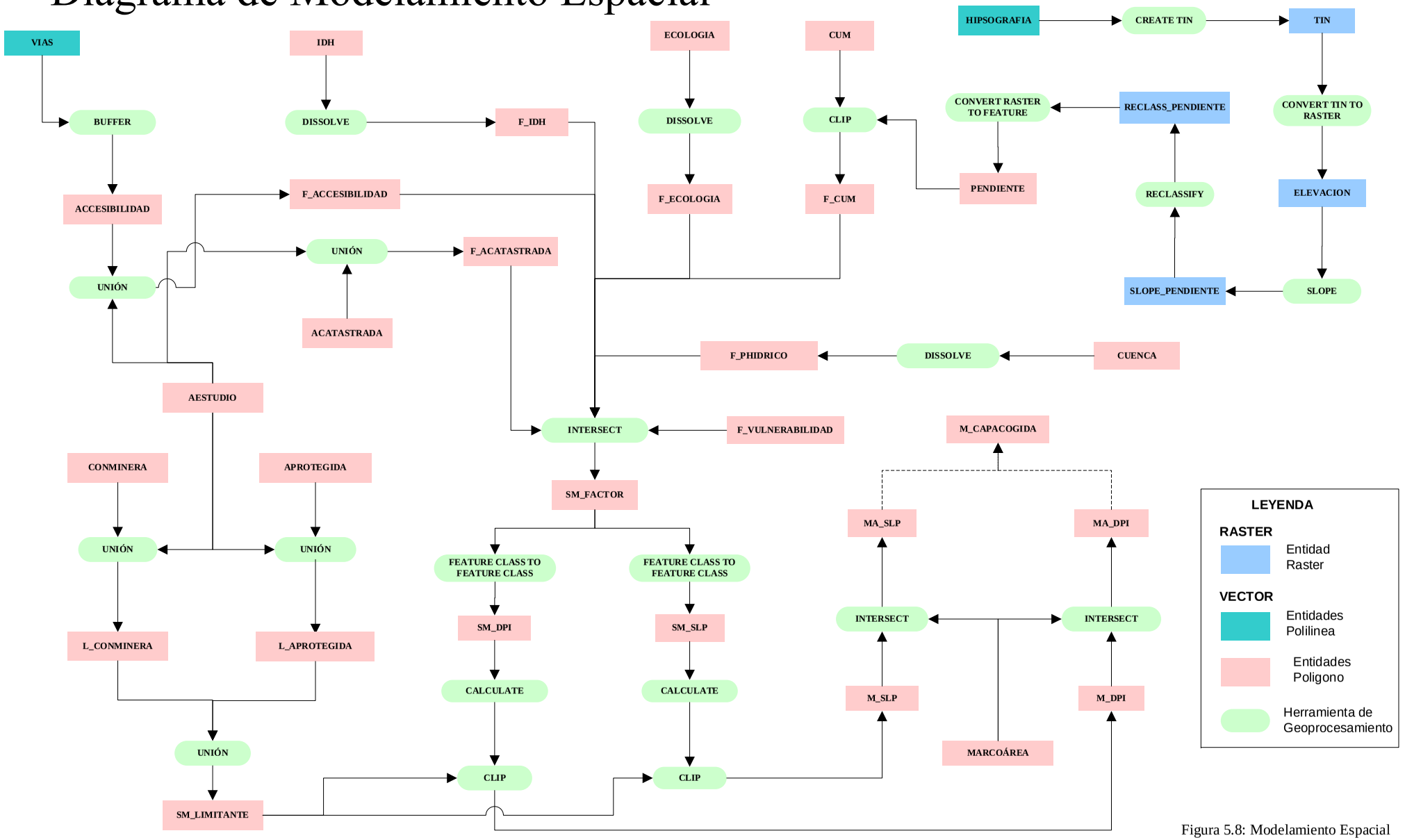
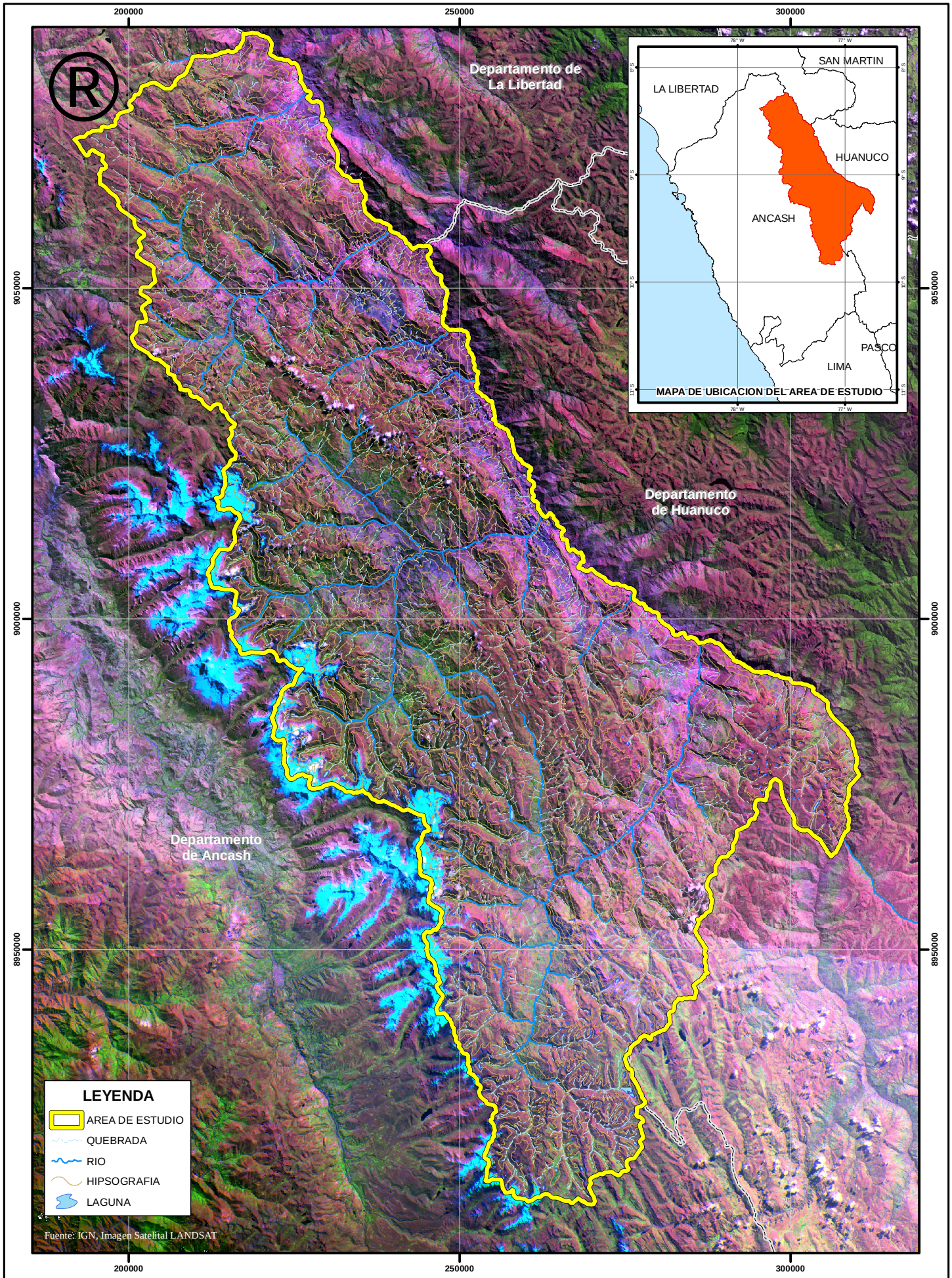


Figura 5.8: Modelamiento Espacial



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

TOPOGRAFICO

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 01

Fecha: Julio 2007

Escala: 1:750,000

El siguiente mapa es el Mapa Político (Mapa Nº 02), que es una representación de los límites administrativos, en el se presentan los departamentos, provincias, distritos, centros poblados y la red vial.

5.4.3 Factor de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

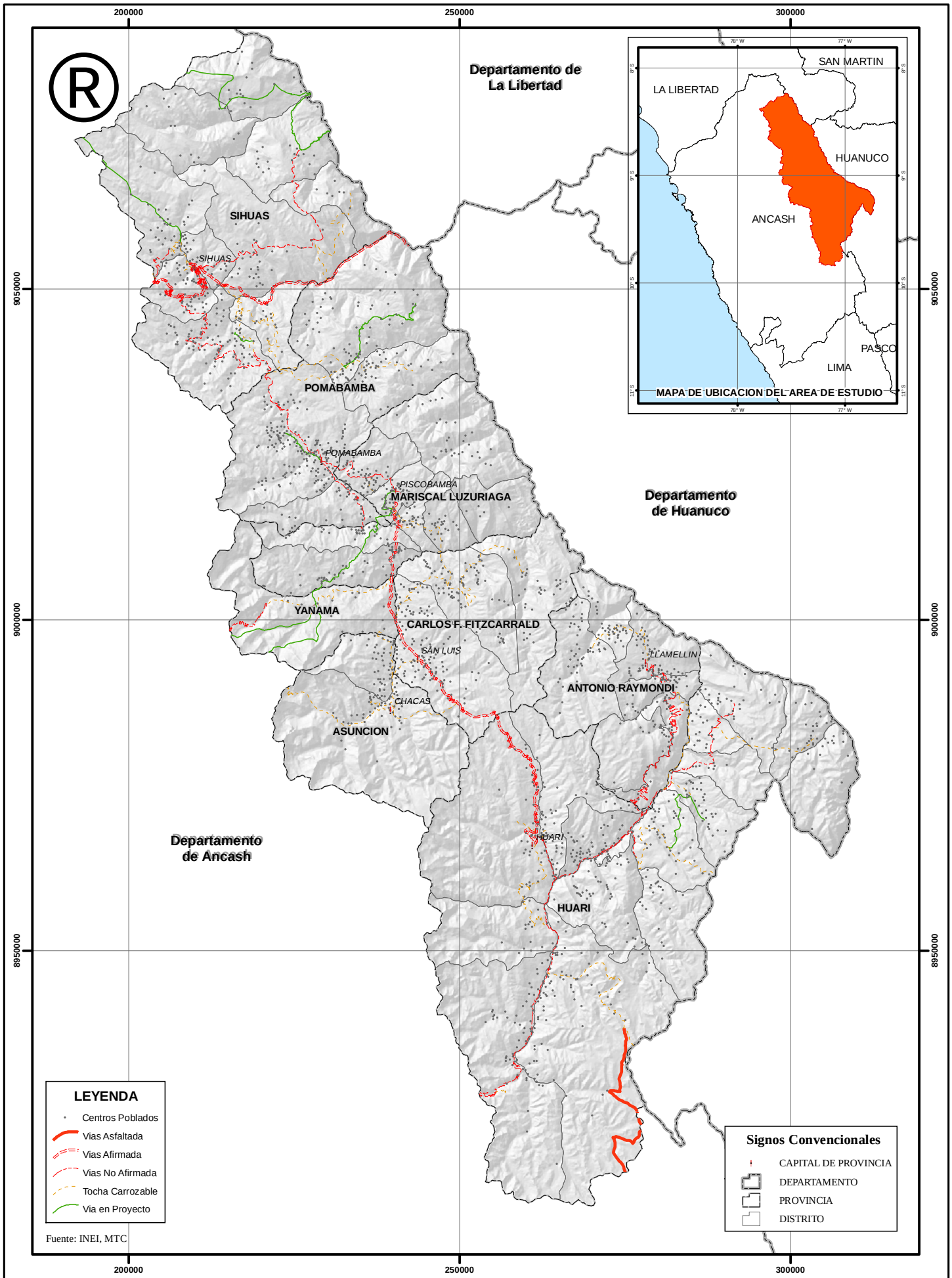
El factor de capacidad de Uso Mayor de las Tierras (**F_CUM)** es producto del cruce entre el temático de Capacidad de Uso Mayor (**CUM**) y el temático de pendiente (**PENDIENTE**) (Mapa Nº 03).

Inicialmente, se escoge entre las clases del temático **CUM** las clases que son idóneas para acoger la actividad agrícola. La zona de estudio no presenta una calidad agrológica propicia para la agricultura, presenta muchas limitaciones de suelo y problemas de erosión, lo que generó que se de mayor importancia a la calidad agrológica y al porcentaje de las tierras para los cultivos en limpio y permanentes que en general representan el 10% de la zona de estudio, por lo que se seleccionaron 05 clases que contienen estas características:

- **Pastoreo de Páramo, Calidad Agrícola Media / Protección (P2sc-Xse).** Presenta una calidad agrológica media con limitación por suelo y clima con un porcentaje de 70% / 30%. Protección. Limitación por suelo, erosión y clima.

- **Protección / Cultivos Permanentes / Cultivo en Limpio (Xse-C3se(r)-A3se(r)).** Presenta una calidad agrológica baja y un porcentaje de 75% / 15% / 10%. Limitación por suelo, erosión, requieren riego. Los cultivos que pueden hallarse son: manzana, membrillo, durazno, uva, higo, pera, etc. y de ser adecuada la disponibilidad de agua durante todo el año, especies de maíz, papa, hortalizas, arveja, alfalfa, calabaza, haba, cebolla, ajo; y en las partes mas altas, cebada, trigo, oca, quinua.

- **Protección / Pastoreo / Cultivo Limpio (Xse-P3se-A3se(r)).** Presenta una calidad agrológica baja y un porcentaje de 75% / 15% / 10%. Limitación por suelo, erosión, requiere riego. Las especies de pastos que pueden hallarse son: Festuca olicophilla, Poa equigluma, Calamagrosti ovata, Calamagrostis heterophilla, Alchemilla innata,



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

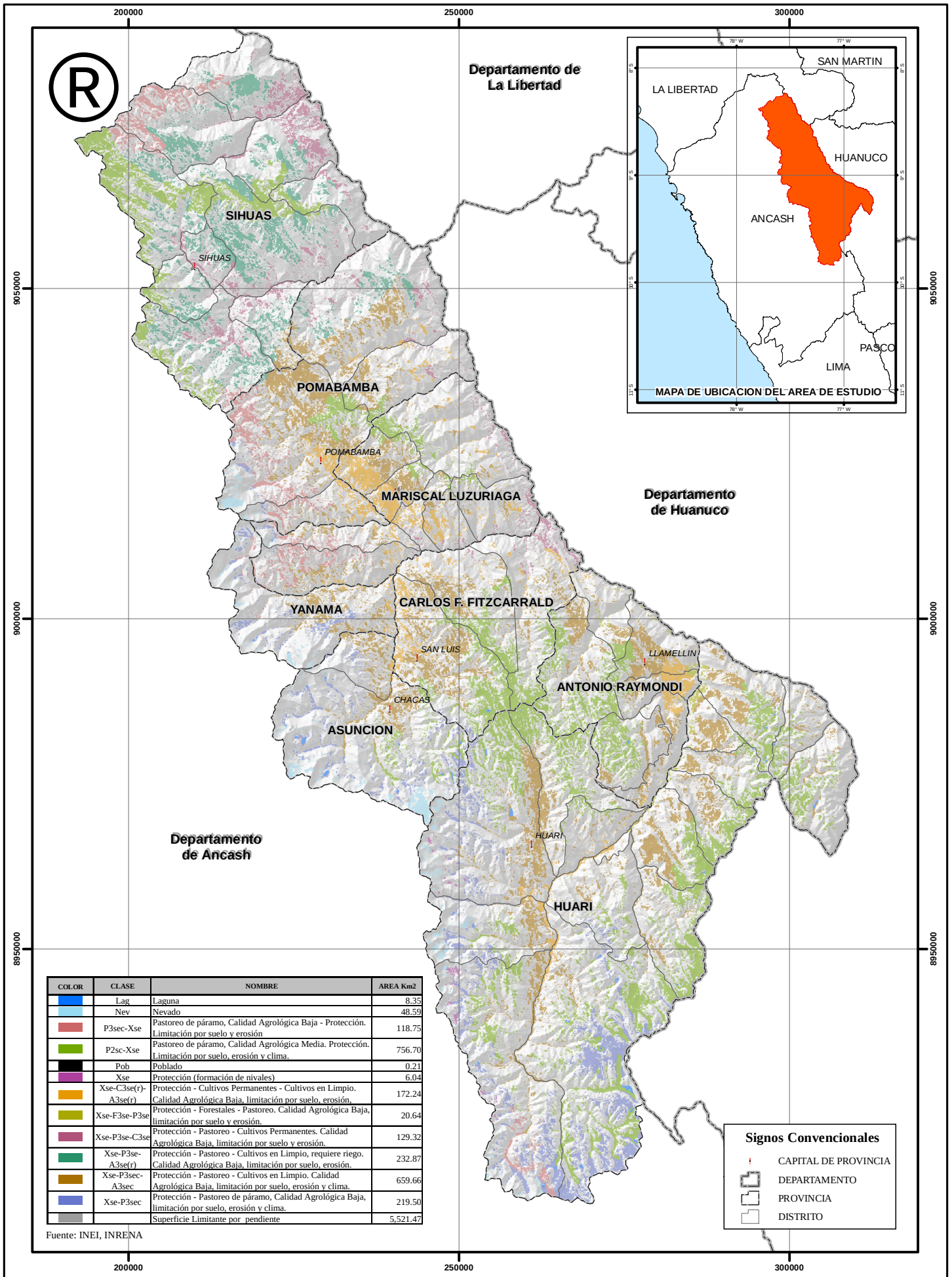
POLITICO

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 02

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000



COLOR	CLASE	NOMBRE	AREA Km2
	Lag	Laguna	8.35
	Nev	Nevado	48.59
	P3sec-Xse	Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Baja - Protección. Limitación por suelo y erosión	118.75
	P2sc-Xse	Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Media. Protección. Limitación por suelo, erosión y clima.	756.70
	Pob	Poblado	0.21
	Xse	Protección (formación de nivales)	6.04
	Xse-C3se(r)-A3se(r)	Protección - Cultivos Permanentes - Cultivos en Limpio. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión.	172.24
	Xse-F3se-P3se	Protección - Forestales - Pastoreo. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo y erosión.	20.64
	Xse-P3se-C3se	Protección - Pastoreo - Cultivos Permanentes. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo y erosión.	129.32
	Xse-P3se-A3se(r)	Protección - Pastoreo - Cultivos en Limpio, requiere riego. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión.	232.87
	Xse-P3sec-A3sec	Protección - Pastoreo - Cultivos en Limpio. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión y clima.	659.66
	Xse-P3sec	Protección - Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión y clima.	219.50
		Superficie Limitante por pendiente	5,521.47

Fuente: INEI, INRENA

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

CAPACIDAD DE USO MAYOR

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 03

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

Mulembergia ligularis, Eragrostis sp Poa; y en las partes mas altas los cultivos de cebada, trigo, oca, quinua.

- **Protección / Pastoreo / Cultivos Permanentes (Xse-P3se-C3se).** Presenta una calidad agrológica baja y un porcentaje de 60% / 30% / 10%. Limitación por suelo y erosión. Las especies de pastos que pueden hallarse son: Festuca olicophilla, Poa equigluma, Calamagrosti ovata, Calamagrostis heterophilla, Alchemilla innata, Mulembergia ligularis, Eragrostis sp Poa; y entre los frutales nativos tenemos: almendro, anona, guanábana. También se pueden considerar especies frutales de porte arbóreo como mamey.

- **Protección / Pastoreo / Cultivo en Limpio (Xse-P3sec-A3sec).** Presenta una calidad agrológica baja y un porcentaje de 75% / 15% / 10%. Limitación por suelo, erosión y clima. Las especies de pastos que pueden hallarse son: Festuca, Bromus, Poa, Muhlembergia, Trifolium, Vicia, Eragrostis gilgiane, Calamagrostis cephalanta, Calamagrostis ovata, Festuca orthophylla. Entre los cultivos se encuentra la papa amarga y la maca.

Por consiguiente, las clases que no cumplen las características propicias para la agricultura, que están presentes en el temático CUM son las siguientes:

- **Pastoreo de Páramo, Calidad Agrícola Baja / Protección (P3sec-Xse).** Calidad agrológica baja y un porcentaje de 80% / 20%. Protección, limitación por suelo, erosión y clima.

- **Protección / Forestales / Pastoreo (Xse-F3se-P3se).** Calidad agrológica baja y un porcentaje de 85% / 10% / 05%. Limitación por suelo y erosión.

- **Protección / Pastoreo de Páramo (Xse-P3sec).** Calidad agrológica baja y un porcentaje de 80% / 20%. Limitación por suelo, erosión y clima.

- **Protección – Formación de Nivales (Xse).** Protección (formación de nivales) y un porcentaje del 100%.

- **Nevados**

- **Lagunas (Lag).** Cuerpos de agua presentes en el área de estudio.

- **Poblados (Pob).** Asentamientos humanos presentes en el área de estudio.

Posteriormente, se generó una Red de Triángulos Irregulares (TIN, del inglés Triangular Irregular Network) en base a las curvas de nivel de las cartas nacionales que distan cada 50 metros, de este **TIN** se generó un Modelo Digital del Terreno (DTM del inglés Digital Terrain Model) en formato ESRI GRID al que denominamos **ELEVACIÓN**, que contiene los valores de altitud del terreno en una resolución espacial de 100 metros; se calcula la pendiente en grados a partir de el DTM lo que generó, en formato ESRI GRID y conservando los 100 metros de resolución espacial, el modelo **SLOPE_PENDIENTE**.

Según la cátedra *Control de Erosión para la Protección del Suelo* (Casanova, 2001), las clases de Capacidad de Uso I, II, III y IV son capaces de soportar cultivos, las clases V, VI y VII son destinados al pastoreo o forestal y la clase VIII solo destinado a la protección o vida silvestre. Asimismo, determina el porcentaje de pendiente asociado a las clases, la clase I presenta pendiente hasta el 3%, la clase II entre 3-8%, la clase III entre 8-15%, la clase IV entre 15-30%, la clase VI entre 30-40% y la clase VII mayor a 40%.

En base a esto, el modelo **SLOPE_PENDIENTE** se reclasificó de acuerdo a las pendientes en grados (Cuadro Nº 5.3), lo que generó, en formato ESRI GRID, el modelo **RECLASS_PENDIENTE** que contiene las clases de Capacidad de Uso. Posteriormente el ESRI GRID **RECLASS_PENDIENTE** es convertido a formato vector, con un tipo de geometría polígono, denominado **PENDIENTE**.

Ya elaborados los temáticos **CUM** y **PENDIENTE**, se procede a elaborar el factor **F_CUM**, esto se logra extrayendo la información del temático **CUM** en base a las clases aptas para cultivos intensivos y permanentes (Clases I, II, III, IV y VI) del temático **PENDIENTE**.

El factor **F_CUM** esta presente en un 30.06% de la zona de estudio; asimismo, las clases que son idóneas para acoger la actividad agrícola representa el 24.71% (Cuadro Nº 5.4), concentrándose éstas en los distritos de Ragash y Hayllabamba de la provincia de Sihuas, en el distrito de Pomabamba de la provincia de Pomabamba, en los distritos de Casca y Piscobamba de la provincia de Mariscal Luzuriaga, en los distritos de San Luis y Yauya de la provincia de Carlos F. Fitzcarrald, en los distritos de Llamellin y Chingas de la provincia de Antonio Raymondi, en los distritos de Huari, Huantar, Ponto y Huacachi de la provincia de Huari.

CLASE	PENDIENTE EN PORCENTAJE	PENDIENTE EN GRADOS	CAPACIDAD DE USO
I	0 – 3%	0 –1.72º	Tierras aptas para cultivos intensivos
II	3 – 8%	1.72 – 4.57º	
III	8 – 15%	4.57º – 8.53º	
IV	15 – 30%	8.53 – 16.70º	
VI	30 – 40%	16.70º – 21.80º	Tierras aptas para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal
VII	> 40%	> 21.80º	Tierras marginales para uso agropecuario

Cuadro Nº 5.3: Pendiente en Grados según Clase

CLASE	NOMBRE	ÁREA Km^2	PORCENTAJE
Lag	Laguna	8.35	0.11
Nev	Nevado	48.59	0.62
P3sec-Xse	Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Baja - Protección. Limitación por suelo y erosión	118.75	1.50
P2sc-Xse	Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Media. Protección. Limitación por suelo, erosión y clima.	756.70	9.59
Pob	Poblado	0.21	0.00
Xse	Protección (formación de nivales)	6.04	0.08
Xse-C3se(r)-A3se(r)	Protección - Cultivos Permanentes - Cultivos en Limpio. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión, requieren riego.	172.24	2.18
Xse-F3se-P3se	Protección - Forestales - Pastoreo. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo y erosión.	20.64	0.26
Xse-P3se-C3se	Protección - Pastoreo - Cultivos Permanentes. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo y erosión.	129.32	1.64
Xse-P3se-A3se(r)	Protección - Pastoreo - Cultivos en Limpio, requiere riego. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión.	232.87	2.95
Xse-P3sec-A3sec	Protección - Pastoreo - Cultivos en Limpio. Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión y clima.	659.66	8.36
Xse-P3sec	Protección - Pastoreo de páramo, Calidad Agrológica Baja, limitación por suelo, erosión y clima.	219.50	2.78

Cuadro Nº 5.4: Clases del Factor F_CUM

5.4.4 Factor de Ecología

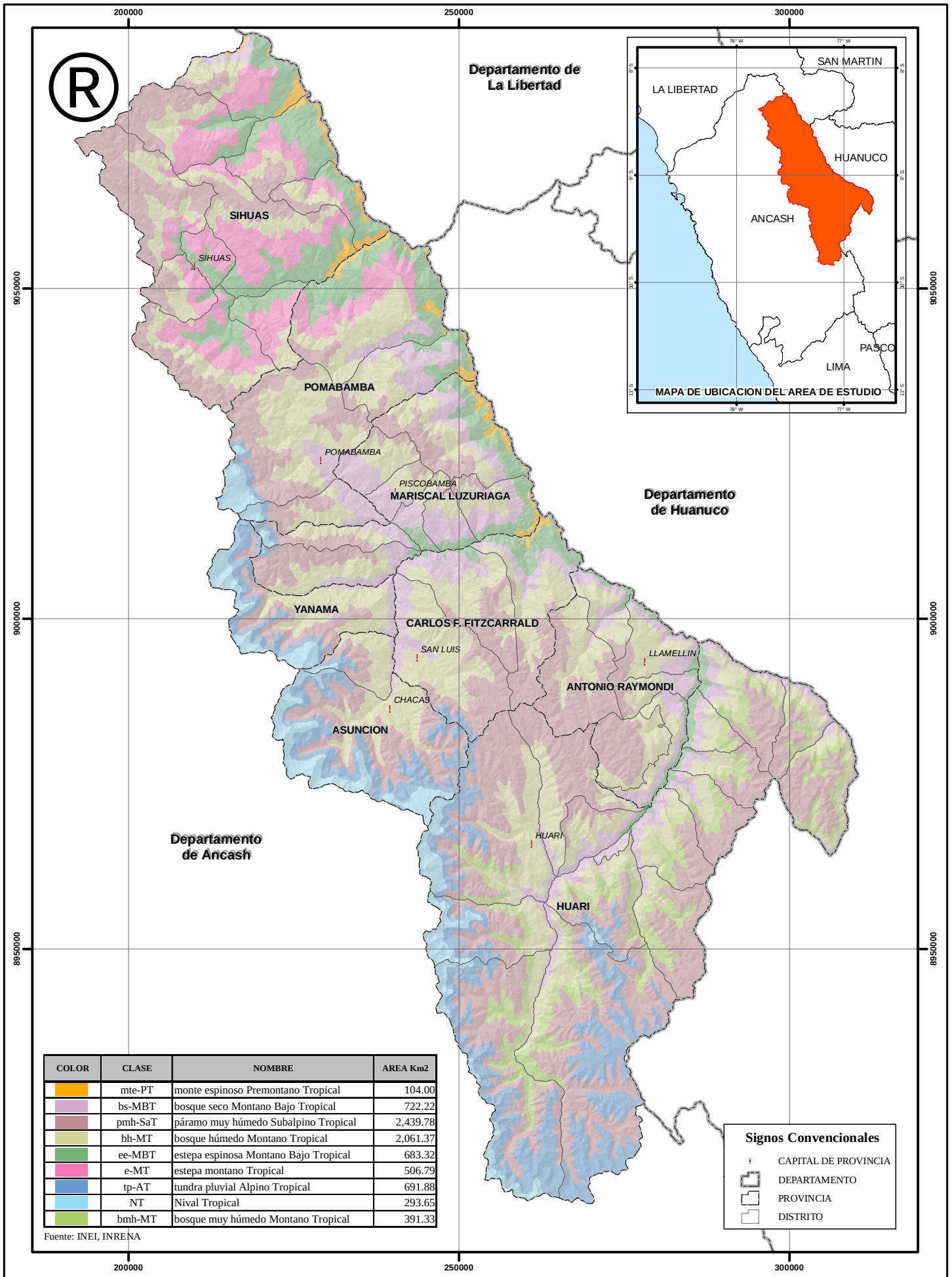
El factor ecología (**F_ECOLOGÍA)** es producto de la generalización del temático **ECOLOGÍA** en base al atributo nombre de la Clase (Mapa Nº 04).

Una vez realizada la generalización se selecciona entre las clases del factor **F_ECOLOGÍA** las clases que son idóneas para acoger la actividad agrícola, el criterio de esta clasificación se basó en la presencia de aptitud agrícola en las clases y en el potencial o vocación para esta actividad (Cuadro Nº 5.5), por lo que se seleccionaron 05 clases:

- **monte espinoso Premontano Tropical (mte-PT).** Presenta una biotemperatura media anual máxima de 24.5ºC y una mínima de 18.8ºC, un promedio máximo de precipitación de 532.8mm y un mínimo de 226.0mm, lo que lo ubica en una provincia húmeda Semiárida. El relieve topográfico predominante es la quebrada. El escenario edáfico esta representado por suelo de profundidad variable, de naturaleza calcárea y bajo contenido de materia orgánica.

- **estepa espinosa Montano Bajo Tropical (ee-MBT).** Presenta una biotemperatura media anual máxima de 18.2ºC y una mínima de 12.1ºC, un promedio máximo de precipitación de 522.4mm y un mínimo de 231.3mm, lo que lo ubica en una provincia húmeda Semiárida. El relieve topográfico predominante es empinado. El escenario edáfico esta representado por suelo de naturaleza calcárea, relativamente profundas, de textura tendiente a arcillosas y bajo contenido de materia orgánica.

- **bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT).** Presenta una biotemperatura media anual máxima de 16.5ºC y una mínima de 10.9ºC, un promedio máximo de precipitación de 972.9mm y un mínimo de 449.3mm, lo que lo ubica en una provincia húmeda Subhúmeda. El relieve topográfico predominante es empinado con escasas zonas suaves. El escenario edáfico esta representado por suelo de textura media o pesada, una reacción neutra a calcárea de buen drenaje.



COLOR	CLASE	NOMBRE	AREA Km2
	mte-PT	monte espinoso Premontano Tropical	104.00
	bs-MBT	bosque seco Montano Bajo Tropical	722.22
	pmh-SaT	páramo muy húmedo Subalpino Tropical	2,439.78
	bh-MT	bosque húmedo Montano Tropical	2,061.37
	ee-MBT	estepa espinosa Montano Bajo Tropical	683.32
	e-MT	estepa montano Tropical	506.79
	tp-AT	tundra pluvial Alpino Tropical	691.88
	NT	Nival Tropical	293.65
	bmh-MT	bosque muy húmedo Montano Tropical	391.33

Fuente: INEI, INRENA

Signos Convencionales

- CAPITAL DE PROVINCIA
- DEPARTAMENTO
- PROVINCIA
- DISTRITO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

ECOLOGIA

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 04

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

- **estepa Montano Tropical (e-MT).** Presenta una biotemperatura media anual máxima de 14.1ºC y una mínima de 9.5ºC, un promedio máximo de precipitación de 541.8mm y un mínimo de 244.5mm, lo que lo ubica en una provincia Subhúmeda. El relieve topográfico varia de suave o plano típico de las terrazas a inclinado típico de laderas. El escenario edáfico esta representado por suelo de naturaleza calcárea, suelos un tanto profundos y de textura media.

- **bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT).** Presenta una biotemperatura media anual máxima de 13.1ºC y una mínima de 7.3ºC, un promedio máximo de precipitación de 1154.0mm y un mínimo de 498.0mm, lo que lo ubica en una provincia Húmeda. El relieve topográfico predominante es empinado. El escenario edáfico esta representado por suelos relativamente profundos, arcillosos de reacción ácida.

Por consiguiente, las clases que no cumplen las características para acoger la actividad agrícola, que están presentes en el temático Ecología son las siguientes:

- **bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh-MT).**

- **páramo muy húmedo Subalpino Tropical (pmh-SaT).**

- **tundra pluvial Alpino Tropical (tp-AT).**

- **Nival Tropical (NT).**

El factor **F_ECOLOGÍA** esta presente en la totalidad de la zona de estudio; asimismo, las clases que son idóneas para acoger la actividad agrícola representa el 51.65% (Cuadro Nº 5.6), concentrándose estas en las provincias de Sihuas, Pomabamba, Mariscal Luzuriaga, Carlos F. Fitzcarrald, Antonio Raymondi y Huari.

CLASE	NOMBRE	USO ACTUAL	POTENCIAL O VOCACIÓN
mte-PT	monte espinoso Premontano Tropical	Agricultura sobre la base de arroz, caña y frutales (incluye cítricos). Pastoreo estacional.	Buen potencial en áreas de topografía suave y con riego permanente.
bs-MBT	bosque seco Montano Bajo Tropical	Agricultura de secano limitada.	Buen potencial con riego.
pmh-SaT	páramo muy húmedo Subalpino Tropical	Ganadería lanar extensiva a base de pastos naturales altoandinos.	Buen potencial para actividad ganadera.
bh-MT	bosque húmedo Montano Tropical	Agricultura de secano (tuberosas, leguminosas comestibles y algunos cereales de grano chico). Ganadería extensiva.	Buen potencial para cultivos criofílicos. Favorable para plantaciones forestales.
ee-MBT	estepa espinosa Montano Bajo Tropical	Agricultura muy limitada solo con riego. Pastoreo estacional.	Potencial regular debido a limitaciones topográficas y deficiencias de agua.
e-MT	estepa Montano Tropical	Agricultura de secano (cereales de grano chico).	Buen potencial para cultivos criofílicos con riego.
tp-AT	tundra pluvial Alpino Tropical	Ganadería lanal (ovinos y auquénidos).	Bajo potencial y actualmente muy degradado por sobrepastoreo.
NT	Nival Tropical	Sin uso.	Como recurso hidrológico y para desarrollo del turismo.
bmh-MT	bosque muy húmedo Montano Tropical	Uso agrícola muy limitado. Ganadería extensiva a base de pastos naturales y cultivados.	Potencial muy bajo para fines agrícolas y pecuarios por limitaciones topográficas y climáticas. Mayor vocación Bosque de Protección.

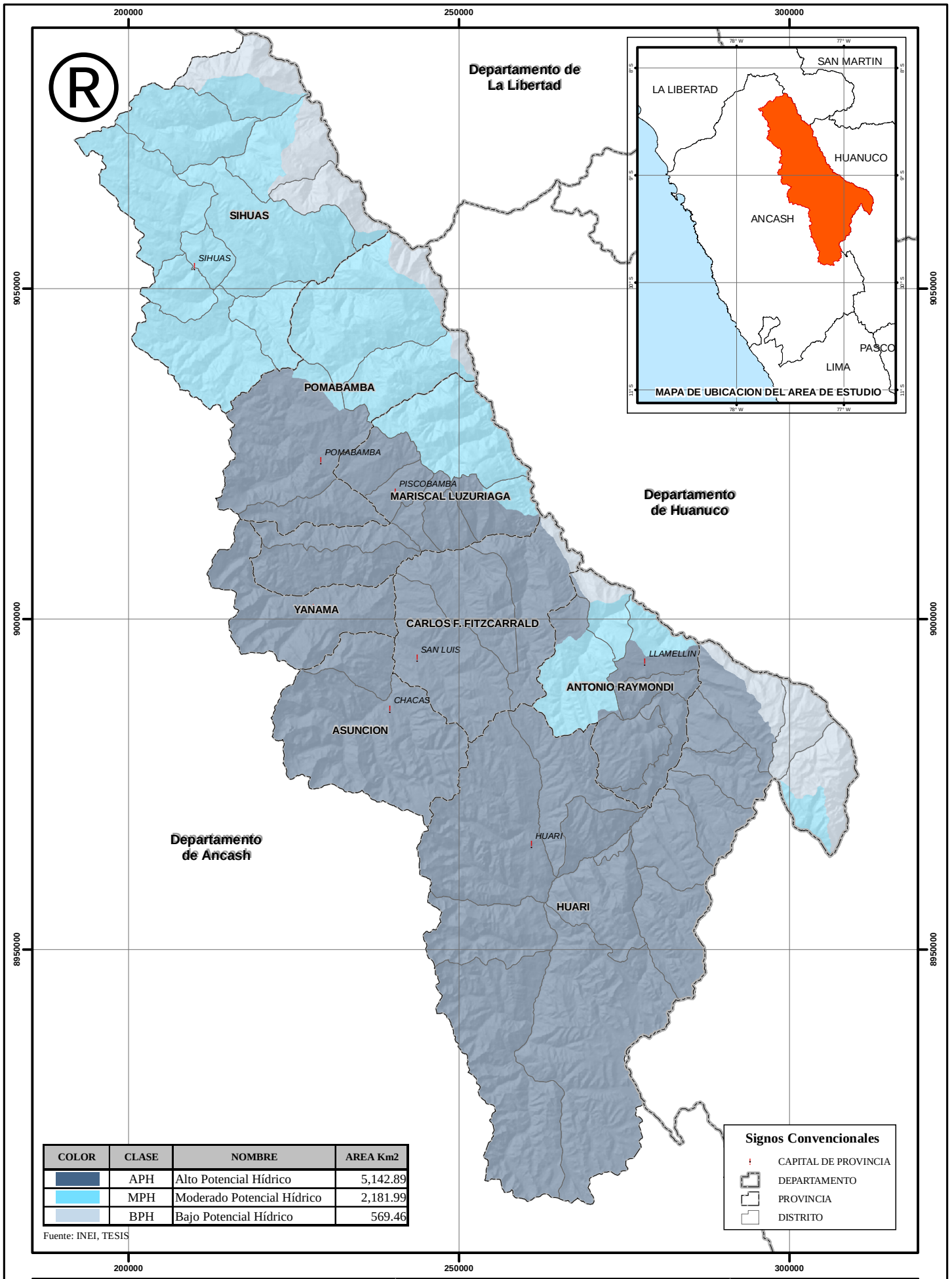
Cuadro Nº 5.5: Uso actual y Vocación o Potencial de las Clases del Factor F_ECOLOGÍA

CLASE	NOMBRE	ÁREA (Km^2)	PORCENTAJE
mte-PT	monte espinoso Premontano Tropical	104.00	1.32
bs-MBT	bosque seco Montano Bajo Tropical	722.22	9.15
pmh-SaT	páramo muy húmedo Subalpino Tropical	2439.78	30.91
bh-MT	bosque húmedo Montano Tropical	2061.37	26.11
ee-MBT	estepa espinosa Montano Bajo Tropical	683.32	8.66
e-MT	estepa montano Tropical	506.79	6.42
tp-AT	tundra pluvial Alpino Tropical	691.88	8.76
NT	Nival Tropical	293.65	3.72
Bmh-MT	bosque muy húmedo Montano Tropical	391.33	4.96

Cuadro Nº 5.6: Clases del factor F_ECOLOGÍA

5.4.5 Factor de Potencial Hídrico

El factor de potencial hídrico (**F_PHÍDRICO)** es producto de la generalización del temático **CUENCAS** en base al atributo nombre de la Clase (Mapa Nº 05).



COLOR	CLASE	NOMBRE	AREA Km2
	APH	Alto Potencial Hídrico	5,142.89
	MPH	Moderado Potencial Hídrico	2,181.99
	BPH	Bajo Potencial Hídrico	569.46

Fuente: INEI, TESIS

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

POTENCIAL HIDRICO

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 05

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

Para generar el temático **CUENCAS**, se delimitaron las cuencas e intercuencas en base a los ríos y quebradas principales presentes en el área de estudio; asimismo, se determinó las características físicas útiles para determinación del valor de potencial hídrico de cada cuenca. Al existir intercuencas en el área de estudio, se acordó que estas tendrían un tratamiento similar al de las cuencas, diferenciándose de estas con una valoración inferior.

Se construyeron 11 cuencas y 8 intercuencas, de las cuales 8 cuencas se formaron de los ríos Actuy, Cunyac, Manta, Mayas, Mirgas, Puchca, Rupac y Yanamayo; adicionándose 3 formadas para fines de análisis, por el área agrícola que se observó en la imagen de satélite, con las quebradas Shapalmonte, Jauranga y Contan; todos estos ríos y quebradas son afluentes del río Marañón.

Para determinar las características físicas se consideraron los siguientes parámetros: Clase de Cuenca, Densidad de drenaje, Superficie de la cuenca, Orden de la cuenca, Pendiente Media y Coeficiente de Compacidad (coeficiente de Gravelius).

Clase de cuenca (C_c): Las unidades presentes en el área de estudio se clasificaron en cuencas, con un valor asignado de 01 e intercuencas con un valor asignado de 00.

Densidad de drenaje (D_d): Este valor nos indica que tan drenada puede ser una cuenca, así tenemos que el valor de la densidad que presente menos de 0.6 Km. / km^2 será una cuenca pobremente drenada y cuando este valor sea mayor a 3 Km. /km^2 se tendrá una cuenca bien drenada. La formula que se utilizo es:

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S}$$

Donde $\sum L_i$ es la suma de la longitud de todos los cursos de agua de la cuenca (Km.) y S es la superficie de la cuenca (Km^2).

Superficie de la cuenca (%S): Es el porcentaje de área que representa cada cuenca dentro del área de estudio, este porcentaje ha sido dividido entre 10.

Orden de la cuenca (O_c): Este valor nos indica el grado de ramificación de la red de drenaje. Para esto se realiza una clasificación de los cauces presentes en cada área delimitada. El orden de la cuenca se presenta como el valor del cauce principal a la salida de la cuenca (Figura Nº 5.9).

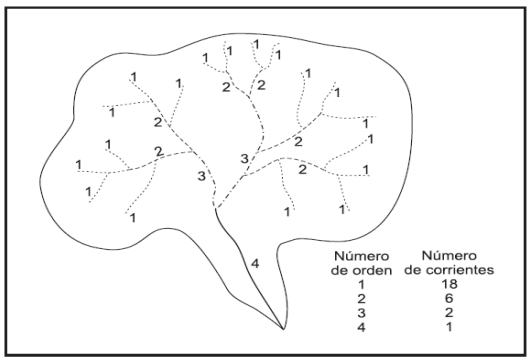


Figura Nº 5.9: Orden de las cuencas

Pendiente Media (P_m): Este valor está relacionado con la infiltración, con el escurrimiento superficial, con la contribución del agua subterránea a la corriente y con la duración del escurrimiento. Para este caso utilizaremos el método de Wisler y Brater cuya formula es:

$$P = \frac{DL}{A}$$

Donde: D es el intervalo entre las curvas de nivel (Km.), L la longitud total de las curvas de nivel (Km.) y A es el área de la cuenca (Km^2).

Coeficiente de compacidad (K_c): Para este caso utilizaremos el coeficiente de Gravelius; este coeficiente nos indica que cuando mas próximo esté el valor a 1, la cuenca tiende a tener forma circular, y se sabe que las cuencas con forma circular provocan un aumento brusco del caudal en poco tiempo cuando ocurre una precipitación fuerte. La formula que se utilizó es:

$$K_c = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde P es el perímetro de la cuenca (Km.) y A es la superficie de la cuenca (Km^2), este coeficiente ha sido dividida entre 2.

Los valores resultantes para cada característica hallada se muestran en los cuadros Nº 5.7 y 5.8; donde se nombra a cada cuenca por su cauce principal, para el caso de las intercuencas se tomaron como referencia las quebradas mas ramificadas.

Nombre	Clase (C_c)	Densidad de drenaje (D_d)	Superficie (%S)	Orden (O_c)	Pendiente Media (P_m)	Coeficiente de compacidad (Kc)
RIO YANAMAYO	01	0.56	29.83	5	0.49	1.45
RIO RUPAC	01	0.60	12.24	4	0.46	1.49
RIO PUCHCA	01	0.58	35.32	6	0.49	1.53
RIO MIRGAS	01	0.57	2.33	3	0.48	1.47
RIO MAYAS	01	0.48	0.54	4	0.57	1.41
RIO MANTA	01	0.67	2.39	4	0.50	1.42
RIO CUNYAC	01	0.61	1.27	3	0.57	1.30
RIO ACTUY	01	0.41	5.47	4	0.47	1.48
Q. SHAPALMONTE	01	0.57	0.44	3	0.54	1.28
Q. JAURANGA	01	0.50	0.49	3	0.49	1.45
Q. CONTAN	01	0.58	1.16	4	0.49	1.21

Cuadro Nº 5.7: Cuencas

Nombre	Clase (C_c)	Densidad de drenaje (D_d)	Superficie (%S)	Orden (O_c)	Pendiente Media (P_m)	Coeficiente de compacidad (Kc)
Q. YANAPACCHA	00	0.36	0.55	2	0.73	1.61
Q. TULLA	00	0.36	1.16	2	0.61	1.75
Q. TIHUANGA Y Q. MANGO	00	0.46	0.55	2	0.61	1.46
Q. SIN NOMBRE	00	0.30	0.20	1	0.65	1.49
Q. SANACHGAN, PARCO	00	0.58	2.43	3	0.60	1.46
Q. MESOPATA	00	0.35	0.63	2	0.85	1.87
Q. JAROC	00	0.14	0.54	1	0.58	2.10
Q. CHOCCHIAN	00	0.48	0.56	2	0.55	1.48
Q. CAÑAS, PUCA ALPA	00	0.40	1.87	3	0.56	1.68

Cuadro Nº 5.8: Intercuencas

Finalmente se procedió aplicar el siguiente algoritmo:

$$\mathbf{PHÍDRICO = 2\,(C_c + D_d) + \%S + O_c + P_m + Kc}$$

Con el que se determinó el valor del potencial hídrico. Ya elaborado el temático **CUENCA**, se procede a elaborar el factor **F_PHÍDRICO**, esto se logra generalizando el temático en base a intervalos de valor.

El factor **F_HÍDRICO** esta presente en la totalidad de la zona de estudio; asimismo, la clase con un Alto Potencial Hídrico representa el 65.15% (Cuadro Nº 5.9), concentrándose en el sector central-sur del área de estudio, es parte de las provincias de Pomabamba, Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga; y se encuentran en su totalidad en el distrito de Yanama y en las provincias de Asunción, Huari y Carlos F. Fitzcarrald.

CLASE	NOMBRE	AREA (Km^2)	PORCENTAJE
APH	Alto Potencial Hídrico	5142.89	65.15
MPH	Moderado Potencial Hídrico	2181.99	27.64
BPH	Bajo Potencial Hídrico	569.46	7.21

Cuadro Nº 5.9: Clases del factor F_PHIDRICO

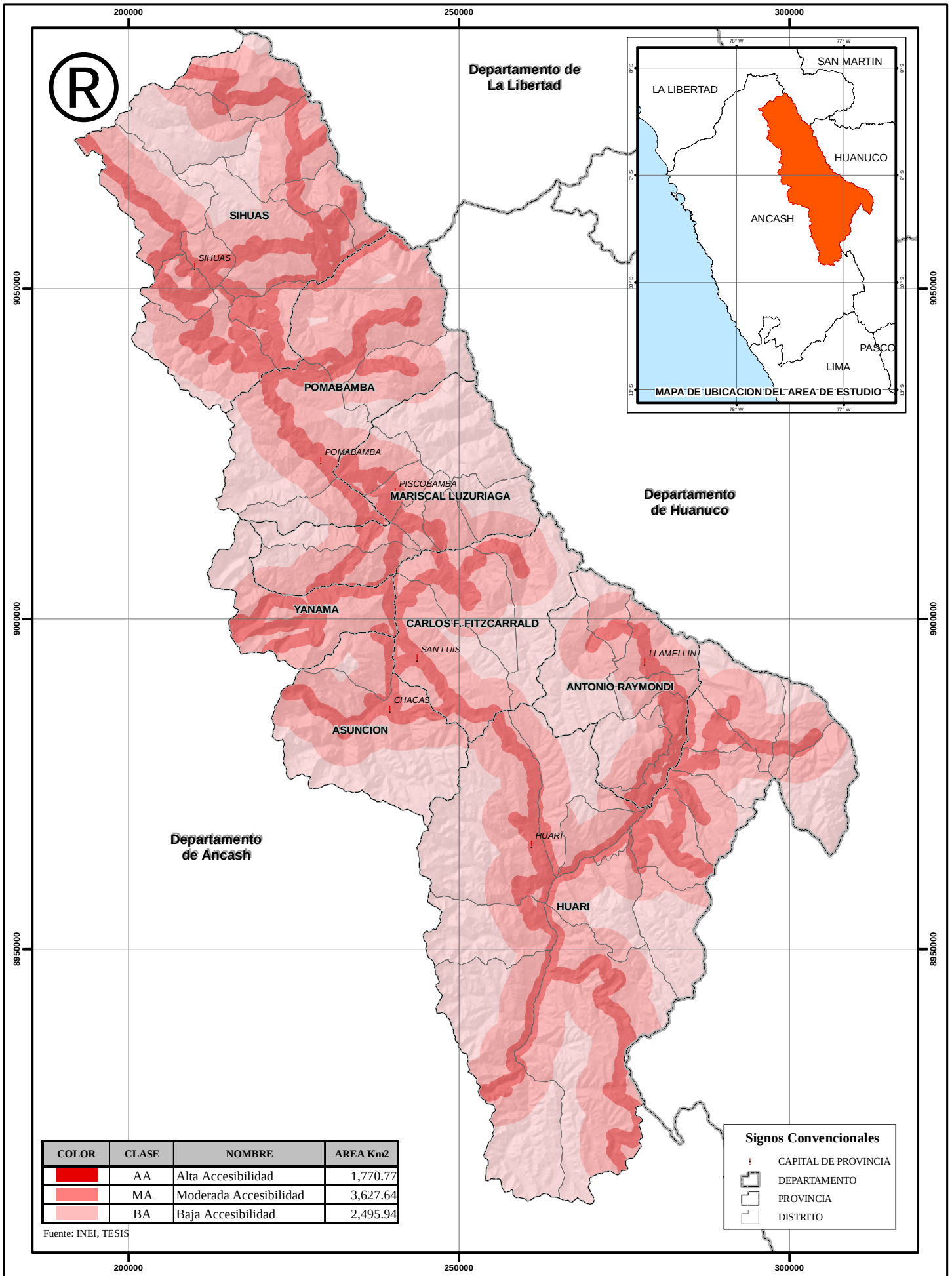
5.4.6 Factor de Accesibilidad

El factor de Accesibilidad (**F_ACCESIBILIDAD)** es producto del cruce entre el temático **ACCESIBILIDAD** y del área de estudio (**AESTUDIO**) (Mapa Nº 06).

Para generar el temático **ACCESIBILIDAD**, se generaron áreas de influencia a partir de la red vial de la zona de estudio. Para estas áreas de influencia se determinaron distancias óptimas en base a la concentración de centros poblados (Figura Nº 5.3); es decir, la distancia que hay de los centros poblados a la red vial, obteniendo como resultado que los centros poblados se concentran mayormente a una distancia menor a 1 Km. y decrecen estas concentraciones mientras aumenta la distancia, de esto se determinaron los valores con los que se generan las áreas de influencia (Cuadro Nº 5.10).

Ya elaborado el temático **ACCESIBILIDAD**, se procede a elaborar el factor **F_ACCESIBILIDAD**, esto se logra uniendo la información del temático **ACCESIBILIDAD** y **AESTUDIO**.

El factor **F_ACCESIBILIDAD** esta presente en la totalidad de la zona de estudio; asimismo, la clase que representa una Alta Accesibilidad representa el 22.43% (Cuadro Nº 5.11), concentrándose estas en las provincias de Sihuas, Mariscal Luzuriaga, Carlos F. Fitzcarrald, Huari y en el distrito de Yanama.



COLOR	CLASE	NOMBRE	AREA Km2
	AA	Alta Accesibilidad	1,770.77
	MA	Moderada Accesibilidad	3,627.64
	BA	Baja Accesibilidad	2,495.94

Fuente: INEI, TESIS

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

ACCESIBILIDAD

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 06

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

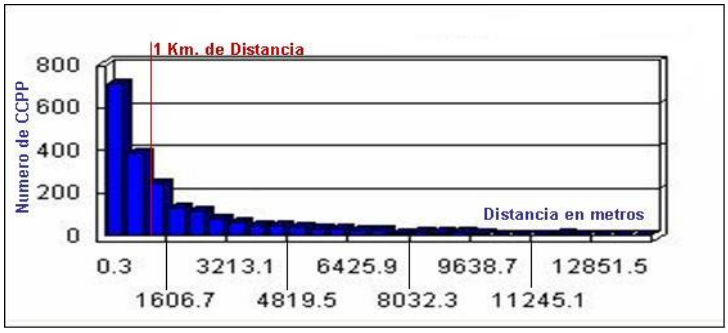


Figura Nº 5.10: Frecuencia de Distribución de las distancias de los CCPP a las Vías

CLASE	NOMBRE	AREA DE INFLUENCIA
AA	Alta Accesibilidad	Concentración de Centros Poblados a una distancia menor de 1km.
MA	Moderada Accesibilidad	Concentración de Centros Poblados a una distancia mayor igual a 1km y menor a 5km.
BA	Baja Accesibilidad	Concentración de Centros Poblados a una distancia mayor igual a 5km.

Cuadro Nº 5.10: Áreas de Influencia

CLASE	NOMBRE	AREA (Km^2)	PORCENTAJE
AA	Alta Accesibilidad	1770.77	22.43
MA	Moderada Accesibilidad	3627.64	45.95
BA	Baja Accesibilidad	2495.94	31.62

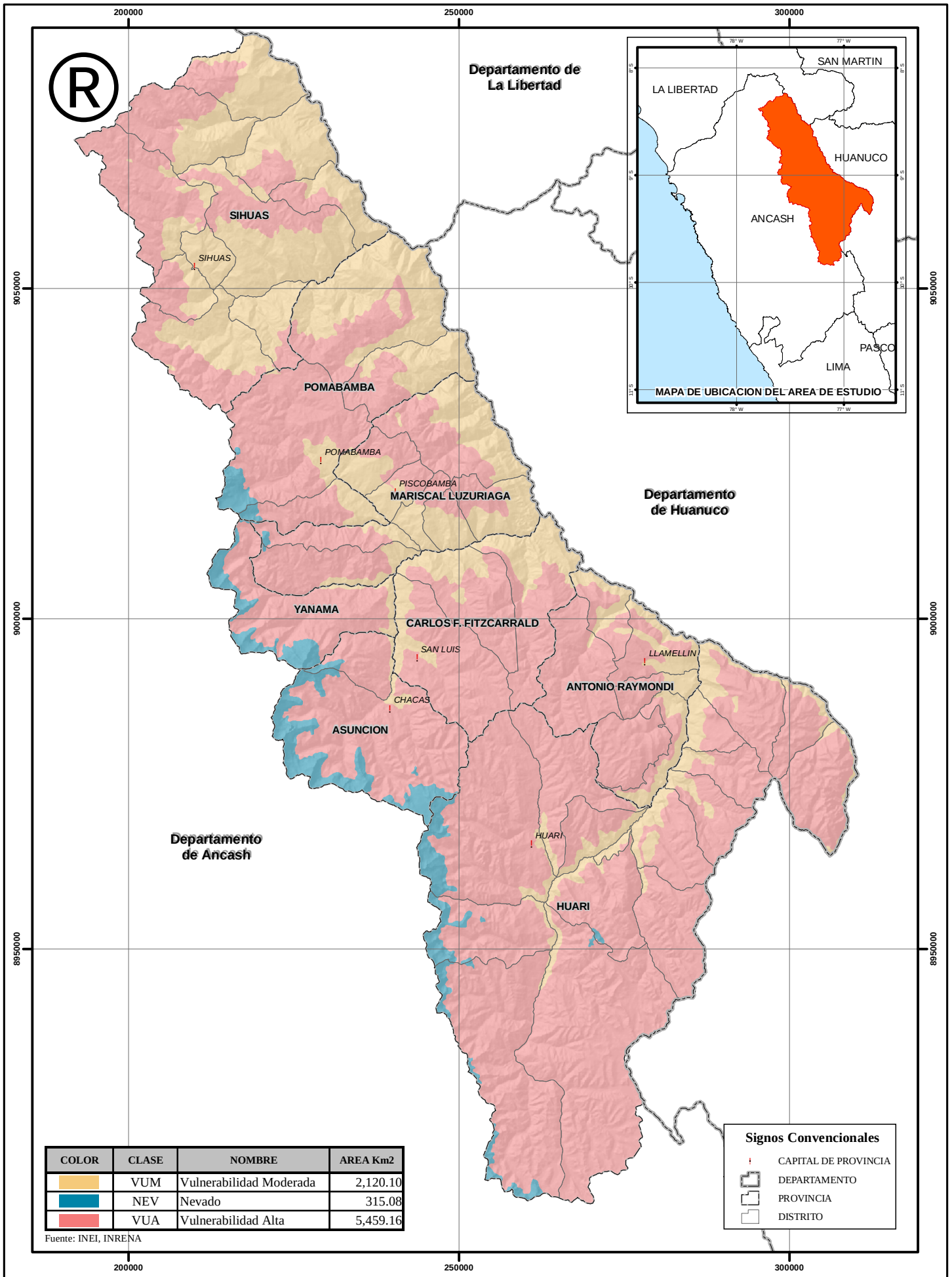
Cuadro Nº 5.11: Clases del factor F_ACCESIBILIDAD

5.4.7 Factor de Vulnerabilidad

El factor de vulnerabilidad (**F_VULNERABILIDAD)** es producto de la generalización del temático **VULNERABILIDAD** en base al atributo nombre de la Clase (Mapa Nº 07). Dicho temático presenta 03 clases:

- **Vulnerabilidad Alta,** cuando las tierras que presentan deterioro y degradación de suelos, relieve fuertemente disectado, altas precipitaciones y pendientes empinadas a escarpadas. Geológicamente son muy inestables, con procesos morfodinámicos activos (erosión en surcos, cárcavas, deslizamientos), vegetación de tipo variable. La actividad antrópica incrementa la inestabilidad, haciéndolas altamente vulnerables. Deben utilizarse con fines de protección de cuencas y planificar medidas de protección de cuencas, infraestructura y mitigación de desastres.

- **Vulnerabilidad Moderada**, tierras con relieve disectado. La estabilidad geológica es variable, presenta procesos morfodinámicos activos (erosión en surcos, cárcavas, deslizamientos), clima variado, vegetación natural variable. Su uso está supeditado a la



COLOR	CLASE	NOMBRE	AREA Km2
	VUM	Vulnerabilidad Moderada	2,120.10
	NEV	Nevado	315.08
	VUA	Vulnerabilidad Alta	5,459.16

Fuente: INEI, INRENA

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

VULNERABILIDAD

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 07

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

ejecución de prácticas de conservación de suelos. Comprende tierras que tienen moderadas probabilidades de riesgo económico por causas naturales.

- **Nevados**, son afectados principalmente por los deshielos, producido por el calentamiento de la tierra, reduciendo precipitadamente su volumen.

El factor **F_VULNERABILIDAD** esta presente en la totalidad de la zona de estudio; asimismo, la clase que representa una Vulnerabilidad Moderada representa el 26.86% (cuadro Nº 5.12), concentrándose en el sector norte del área de estudio, en los distritos de Sihuas, Sicsibamba, Quiches y Guayllabamba en la provincia de Sihuas, Eleazar Guzmán Barrón en la provincia de Mariscal Luzuriaga y Parobamba en la provincia de Pomabamba.

CLASE	NOMBRE	AREA (Km^2)	PORCENTAJE
VUM	Vulnerabilidad Moderada	2120.103	26.86
NEV	Nevado	315.08	3.99
VUA	Vulnerabilidad Alta	5459.16	69.15

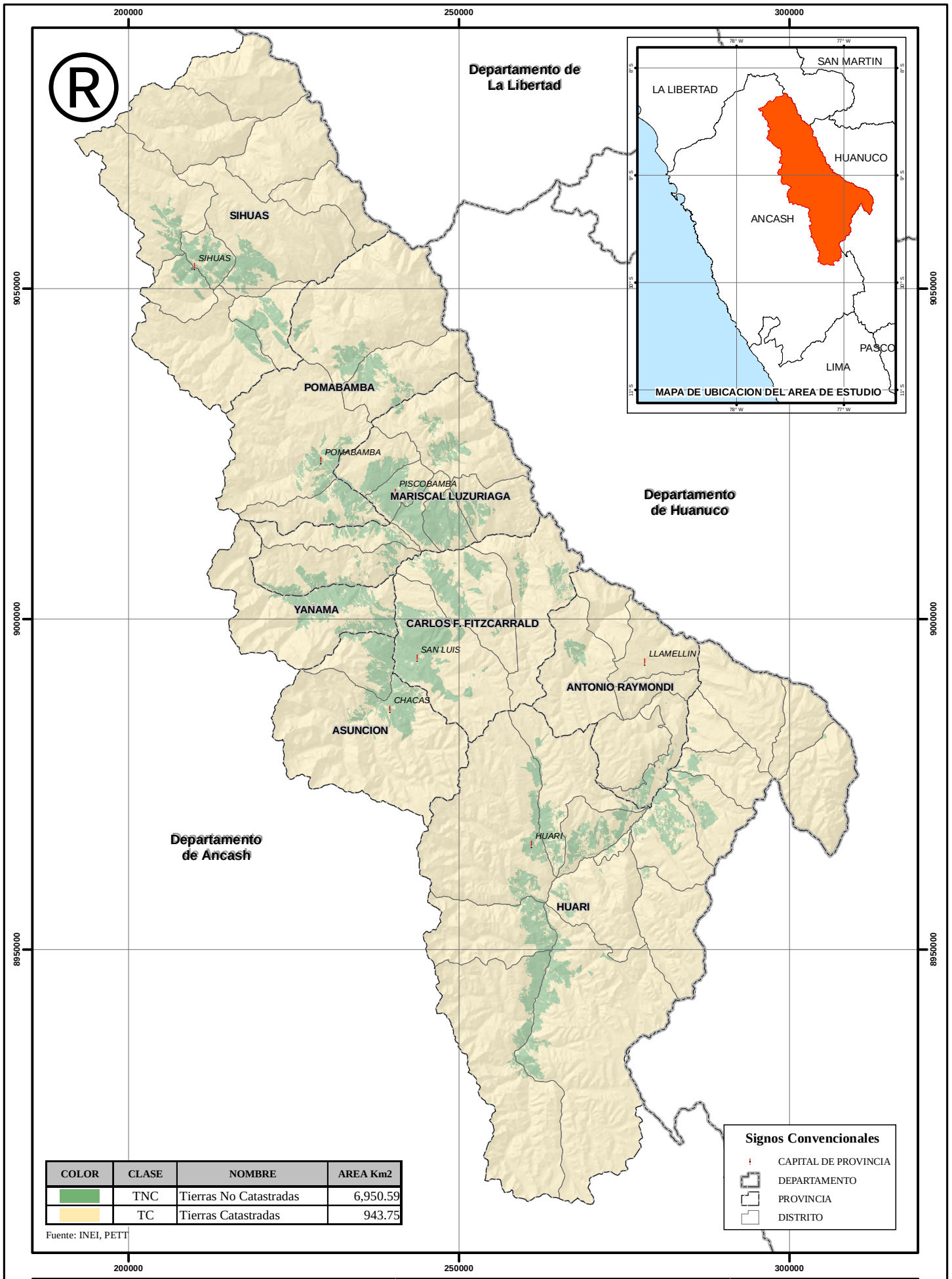
Cuadro Nº 5.12: Clases del factor F_VULNERABILIDAD

5.4.8 Factor del Área catastrada (F_ACATASTRADA)

El factor **F_ACATASTRADA** es producto del cruce entre el temático **ACATASTRADA** y del área de estudio (**AESTUDIO**) (Mapa Nº 08).

El temático **ACATASTRADA** fue elaborado en base a la información de las áreas catastradas (predios completos para Registros Públicos, en proceso, pendiente, observados y anulados) por el Proyecto Especial Titulación de Tierras y Catastro Rural (PETT) que fue levantado en el mes de Julio del 2006 con aproximadamente 168,000 unidades catastrales. Este temático es el único que presenta dos clases, que podría confundirse con un limitante, pero se diferencia de éste porque las áreas no catastradas no son excluyentes de la aptitud agrícola.

Ya elaborado el temático **ACATASTRADA**, se procede a elaborar el factor **F_ ACATASTRADA**, esto se logra uniendo la información del temático **ACATASTRADA** y **AESTUDIO**.



COLOR	CLASE	NOMBRE	AREA Km2
	TNC	Tierras No Catastradas	6,950.59
	TC	Tierras Catastradas	943.75

Fuente: INEI, PETT

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

AREA CATASTRADA

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 08

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

El factor **ACATASTRADA** esta presente en la totalidad de la zona de estudio; asimismo, la clase que representa las tierras o áreas catastradas representa el 11.95% (Cuadro Nº 5.13), concentrándose en las provincias de Sihuas, Mariscal Luzuriaga, Carlos F. Fitzcarrald, Asunción y Huari.

CLASE	NOMBRE	AREA (Km^2)	PORCENTAJE
TNC	Tierras No Catastradas	6950.59	88.05
TC	Tierras Catastradas	943.75	11.95

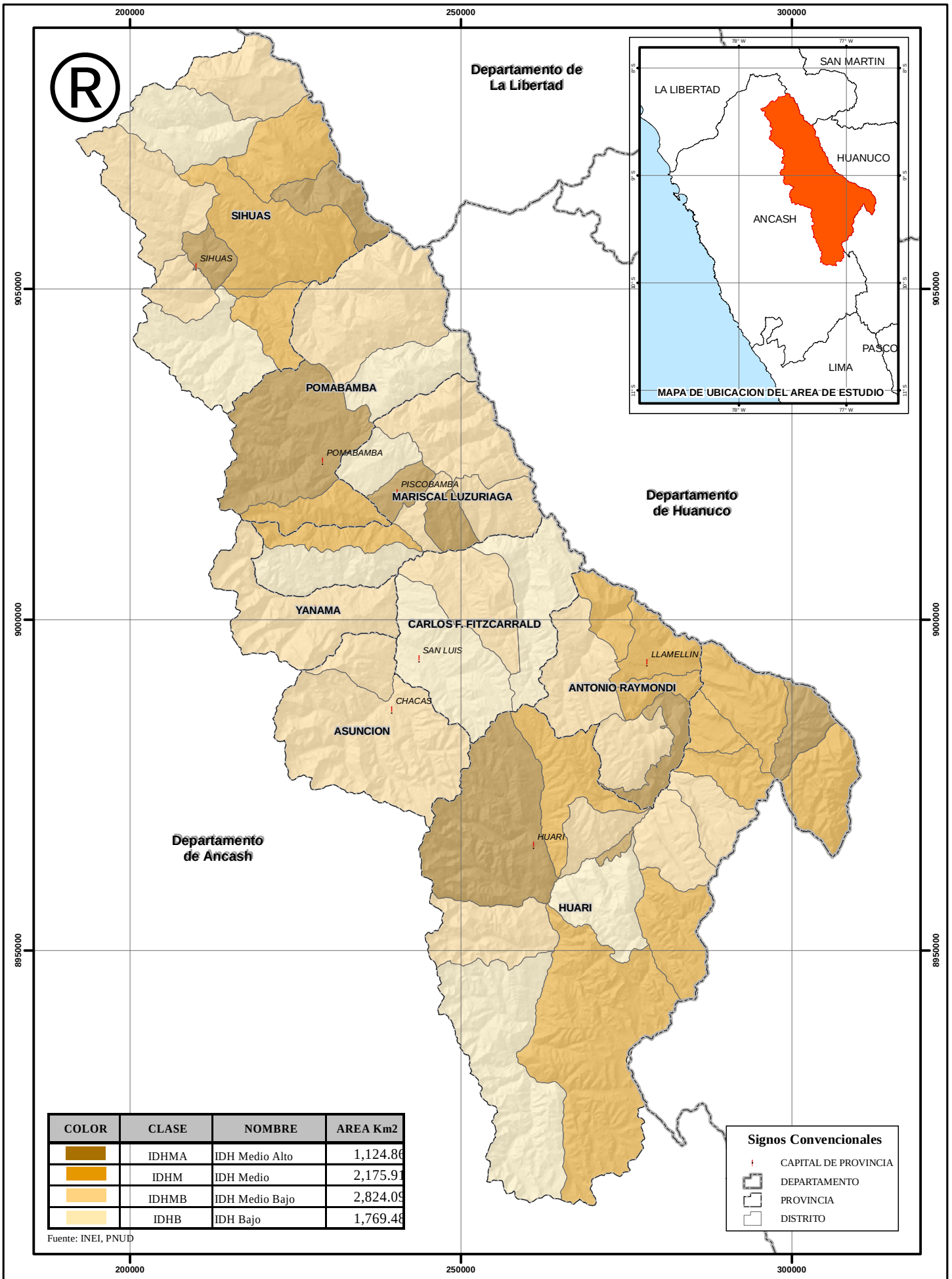
Cuadro Nº 5.13: Clases del factor F_ACATASTRADA

5.4.9 Factor de Índice de Desarrollo Humano

El factor de Índice De Desarrollo Humano (**F_IDH)** es producto de la generalización del temático **IDH** en base al atributo nombre de la Clase (Mapa Nº 09).

Este índice se basa en un indicador social estadístico compuesto por tres parámetros: Vida larga y saludable (medida según la esperanza de vida al nacer), Educación (medida por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y terciaria) y Nivel de vida digno (medido por el PIB per cápita en USD). El PNUD / Perú clasifica el IDH en 05 clases, de las cuales en el área de estudio solo se hacen presentes las cuatro últimas clasificaciones:

- **Índice Desarrollo Humano Alto**, entre los índices de 0.6011 y 0.7883.
- **Índice Desarrollo Humano Medio Alto**, entre los índices de 0.5509 y 0.6009.
- **Índice Desarrollo Humano Medio**, entre los índices de 0.5046 y 0.5508.
- **Índice Desarrollo Humano Medio Bajo**, entre los índices de 0.4580 y 0.5045.
- **Índice Desarrollo Humano Bajo**, entre los índices de 0.3227 y 0.4579.



COLOR	CLASE	NOMBRE	AREA Km2
	IDHMA	IDH Medio Alto	1,124.86
	IDHM	IDH Medio	2,175.91
	IDHMB	IDH Medio Bajo	2,824.09
	IDHB	IDH Bajo	1,769.48

Fuente: INEI, PNUD

Signos Convencionales

- CAPITAL DE PROVINCIA
- DEPARTAMENTO
- PROVINCIA
- DISTRITO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

INDICE DE DESARROLLO HUMANO

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 09

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

El factor **F_IDH** esta presente en la totalidad de la zona de estudio, asimismo la clase que representa un Índice de Desarrollo Humano Medio Alto representa el 14.25% (cuadro Nº 5.14), concentrándose en los distritos de Sihuas y Alfonso Ugarte en la provincia de Sihuas, Piscobamba y Llama en la provincia de Mariscal Luzuriaga, Pomabamba en la provincia de Pomabamba y Huari, Rahuapampa, Aczo y Huacchis en la provincia de Huari.

CLASE	NOMBRE	ÁREA (Km^2)	PORCENTAJE
IDHMA	IDH Medio Alto	1124.86	14.25
IDHM	IDH Medio	2175.91	27.56
IDHMB	IDH Medio Bajo	2824.09	35.77
IDHB	IDH Bajo	1769.48	22.41

Cuadro Nº 5.14: Clases del factor F_IDH

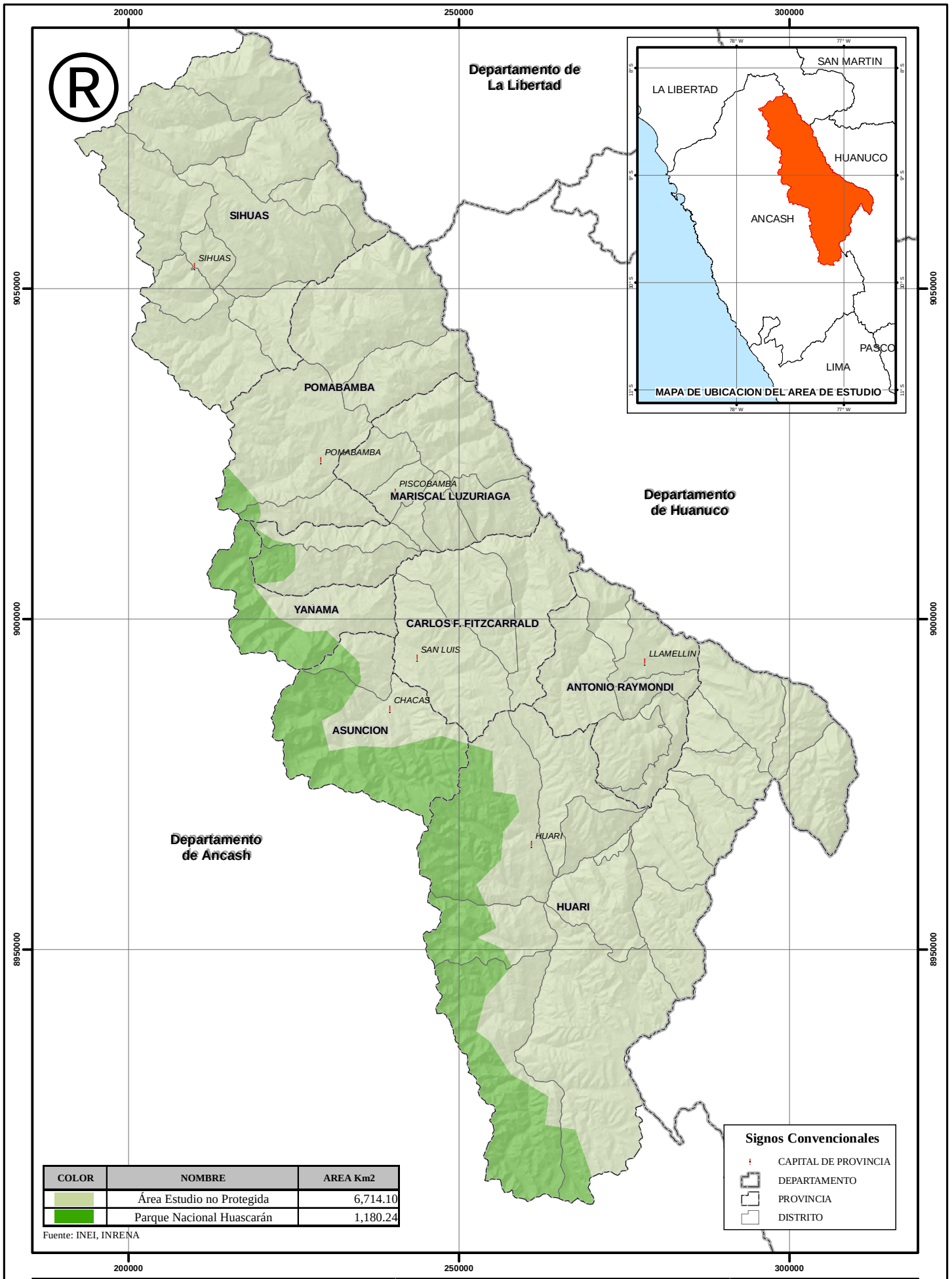
5.4.10 Limitante Absoluto de Áreas Protegidas (L_APROTEGIDAS)

El limitante absoluto **L_APROTEGIDAS** es producto del cruce entre el temático **APROTEGIDAS** y del área de estudio (**AESTUDIO**) (Mapa Nº 10). El temático **APROTEGIDAS** se creó en base al Parque Nacional del Huascarán, que fue creado el 01 de Julio de 1975 por el Decreto Supremo Nº 0622-75-AG con una extensión de 340,000 ha.

Ya elaborado el temático **APROTEGIDAS**, se procede a elaborar el factor **F_APROTEGIDAS**, esto se logra uniendo la información del temático **APROTEGIDAS** y **AESTUDIO**. Al tratarse de un área protegida legalmente, la actividad agrícola presente en ella tiene una regulación adecuada a su realidad que está definida en el Plan Maestro del Parque Nacional del Huascarán 1990. El área de amortiguamiento incluido en la extensión del parque no ha sido considerado como excluyente de la actividad agrícola ya que no esta normado por dicho plan. La clase que representa las áreas no influenciadas por el Parque Nacional del Huascarán presenta el 85.05% (cuadro Nº 5.15), siendo las provincias de Sihuas, Carlos F. Fitzcarrald y Antonio Raymondi las no influenciadas.

NOMBRE	ÁREA (Km^2)	PORCENTAJE
Área Estudio no Protegida	6714.10	85.05
Parque Nacional Huascarán	1180.24	14.95

Cuadro Nº 5.15: Clases del limitante Absoluto L_APROTEGIDAS



COLOR	NOMBRE	AREA Km2
	Área Estudio no Protegida	6,714.10
	Parque Nacional Huascarán	1,180.24

Fuente: INEI, INRENA

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

AREA NATURAL PROTEGIDA

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 10

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

5.4.11 Limitante Absoluto de Concesiones Mineras (L_CONMINERAS)

El limitante absoluto **L_CONMINERAS** es producto del cruce entre el temático **CONMINERAS** y del área de estudio (**AESTUDIO**) (Mapa Nº 11). El temático **CONMINERAS** se creó en base a la información del catastro minero sobre concesiones mineras del Instituto Nacional de Concesiones y Catastro Minero (INACC) donde se establece un total de 432 concesiones en su mayoría polimetálicas.

Ya elaborado el temático **CONMINERAS**, se procede a elaborar el factor **F_ CONMINERAS**, esto se logra uniendo la información del temático **CONMINERAS** y **AESTUDIO**.

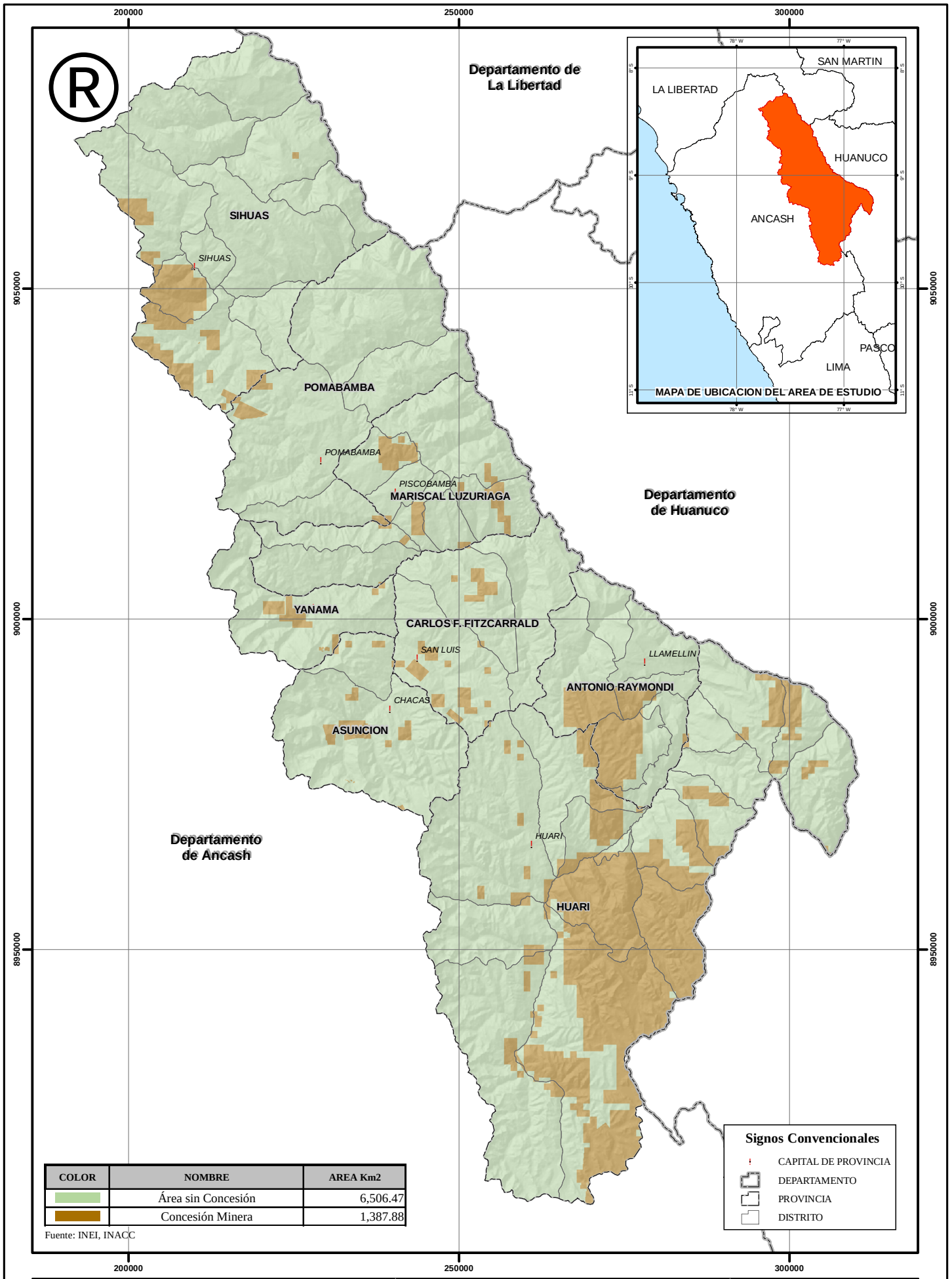
Al tratarse de un área con derecho a la exploración y explotación de los recursos minerales concedidos, la actividad agrícola presente en ella tiende a generar conflictos de uso por tratarse ambas de actividades económicas primarias. La clase que representa las áreas no influenciadas por las concesiones mineras presenta el 82.42% (cuadro Nº 5.16), siendo la provincias de Pomabamba la que presenta menor influencia.

NOMBRE	ÁREA (Km^2)	PORCENTAJE
Área sin Concesión	6506.47	82.42
Concesión Minera	1387.88	17.58

Cuadro Nº 5.16: Clases del limitante absoluto L_CONMINERAS

5.5 PONDERACIÓN Y VALORACIÓN DE FACTORES MEDIANTE EL MÉTODO DE JERARQUÍAS ANALÍTICAS (MJA)

Como observamos en el capítulo 3, los datos espaciales se representan en formato vectorial como polígonos, polilíneas y puntos, estos datos están compuestos por una parte topológica y otra parte temática o de atributos, en la cual sus características son expresadas, por lo general, numéricamente y es aquí donde se plantea el problema del tratamiento de los datos, dependiendo de la escala de medida en la que estén representadas.



COLOR	NOMBRE	AREA Km2
	Área sin Concesión	6,506.47
	Concesión Minera	1,387.88

Fuente: INEI, INACC

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

CONCESIONES MINERAS

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 11

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:750,000

Estos datos temáticos pueden estar representados en alguna de las cuatro escalas de medida: Nominal, Ordinal, Intervalo y Razón. Las cuales representan diferentes características que permiten una aplicación diversa. Así, la escala **Nominal** nos representa los datos en base a una identidad categórica, la **Ordinal** nos muestra la diferencia de los objetos en posición en total ausencia del concepto de cantidad, la **Intervalo** si muestra la diferencia de los objetos en cantidades considerando al valor cero como arbitrario y la de **Razón** nos muestra también la diferencia de los objetos en cantidades considerando al valor cero real.

Por ejemplo, la capa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras (CUM) pertenece a la escala nominal, la cual tiene la capacidad de agrupar (sintetizar) o descomponer (analizar) los objetos espaciales contenidos en esta capa. En esta escala no son validas ningún tipo de manipulación matemática, *"lo que ocasiona el primer inconveniente y en ocasiones controversia: el paso de los datos de una escala nominal a una de intervalo o razón (en las que se posibilita la manipulación aritmética de los atributos temáticos de los datos espaciales, como plantea los métodos de EMC)"* (Barredo y Gómez, 2005). En la misma situación se encuentra la escala Ordinal ya que existen relaciones de igualdad y de orden, estas no cuantifican las diferencias entre los elementos, simplemente indica que mayor o menor, por ello muchos autores no consideran lógicas las operaciones aritméticas a esta escala. Voogd en 1983, clasifica las cuatro escalas de medida en cualitativas (nominal y ordinal) y cuantitativas (intervalo y razón), con lo cual queda implícita la utilidad propuesta para las cuatro escalas.

Como expresábamos anteriormente, los datos espaciales están representados por lo general en datos cualitativos; es decir, la menos operativa desde el punto de vista aritmético. No obstante, se han desarrollado métodos para convertir estos datos cualitativos a cuantitativos. *"Un método para este fin es el Método de Jerarquías Analíticas (MJA) de Saaty, en la cual se plantea a través de la aproximación del eingenvector máximo estimar escalas de razón, con las cuales los datos podrían incluirse coherentemente en métodos de EMC, lo que obviamente requieren en su mayoría que los datos estén expresados en escalas cuantitativas"*. (Barredo y Gómez, 2005).

5.5.1 Método de Comparación de Pares

Este procedimiento parte por la generación de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas esta dependiente del número de factores a ponderar, así se establece una matriz de comparación de factores, donde estos se compararán según su grado de importancia (para los criterios) o preferencia (alternativas), posteriormente se determinará *"el eingenvector principal, el cual establece los pesos y el eingenvalor que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores"*. (Saaty, 1980 citado por Barredo y Gómez, 2005). Los juicios de valor son la base del proceso llevado a cabo por el MJA, ya que cada juicio esta guiado por información científica, técnica y dada por la experiencia y conocimiento del grupo decisor, esta situación produce la diferencia del MJA con los otros métodos.

Factores	A	B	C	D
A	1_{aa}			
B			$1/a_{bc}$	
C		a_{cb}		
D				

Figura Nº 5.11: Matriz de Comparación

Una vez construida la matriz de comparación (Figura Nº 5.11) de factores, se le signa a cada celda un juicio de valor que representa la importancia relativa del factor de la fila principal con respecto al factor de la columna principal, así expresaremos que el factor C es "a" veces mas importante que el factor B (a_{cb}), de esta manera se asigna juicios de valor a todas las celdas de la matriz. Cabe resaltar que la comparación de cada factor consigo mismo denota la igualdad por lo que en la matriz se le asignaría el valor de 1(1_{aa}). Por otra parte, los valores asignados a ambos lados de la diagonal son recíprocos, siendo lógico si consideramos al factor C "a" veces mas importante que el factor B, entonces el factor B será "1/a" veces menos importante que el factor C ($1/a_{bc}$), por lo tanto, la asignación de juicios de valor se reduce a la diagonal y mitad inferior izquierda.

La escala de medida establecida por Saaty para la asignación de los juicios de valor es una escala de tipo continua, que va desde el valor 1/9 hasta el valor 9 (Figura Nº 5.12). Basados en esta escala, asignaremos a cada par de factor un juicio de valor de importancia relativa frente a una actividad propuesta.

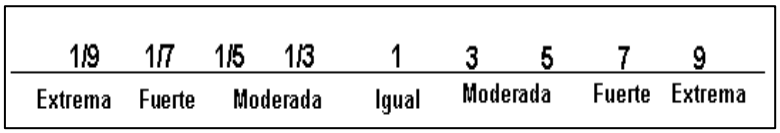


Figura Nº 5.12: Escala de Asignación de Juicios de Valor

Una vez establecidos los valores de juicio para la totalidad de pares de factores, nos centraremos *"…en el cálculo de una serie de pesos (w), que describan en "términos aritméticos precisos" (Saaty, 1980) como deberían relacionarse con estos juicios (a), es decir, las características que deben describir los pesos al relacionarse a los juicios establecidos"* (Barredo y Gómez, 2005). Para el cálculo de estos pesos, es necesario calcular el Eingenvector Principal (EvP) de la matriz, el cual representa el orden de prioridad de los factores, mientras que el Eingenvalor Máximo (λ_{MAX}) de la matriz es una medida de la consistencia de los juicios.

El procedimiento para obtener el EvP, consiste inicialmente en obtener los valores de la matriz de comparación normalizados por columnas, esto es $N\ A_{11} = A_{11} / \sum A_{1j}$. Así, el valor normalizado para cada celda se obtiene del cociente entre cada valor de juicio de la matriz (A_{11}) y la sumatoria de la columna del factor ($\sum A_{1j}$), de esta manera obtenemos una nueva matriz de valores ya normalizados ($N\ A_{11}$) (Figura Nº 5.13). Seguidamente se suman por fila los valores de los valores de juicios normalizados obteniendo de esta manera el Evp, el cual se normaliza dividiendo cada uno de los valores de dicho vector entre el número de factores (n), obteniendo de esta manera el Eingenvector Principal Normalizado (N EvP) (Figura Nº 5.14).

Factores	A	B	C	D
A	A_{11}			
B				
C				
D				
$\sum$	$\sum A_{1j}$			
$N\ A_{11}$	$A_{11}/\sum A_{1j}$			

Figura Nº.5.13: Matriz de Valores Normalizados

Factores	A	B	C	D	EvP	N EvP
A	$N\ A_{11}$				$\sum A_{1i}$	$\sum A_{1i}/n$
B					$\sum B_{1i}$	$\sum B_{1i}/n$
C					$\sum C_{1i}$	$\sum C_{1i}/n$
D					$\sum D_{1i}$	$\sum D_{1i}/n$

Figura Nº 5.14: Eingenvector Principal y su Normalización

"El paso siguiente a la obtención del eingervector principal es sin duda uno de los aspectos mas importantes e interesantes del MJA. Este diferencia al método de los demás de asignación de pesos, ya que indica un dato cuantitativo acerca de la consistencia en la asignación de juicios de valor. Es decir, al igual que en otros métodos, la asignación de los juicios de valor, aunque se base en criterios solidamente establecidos, siempre conlleva a una cuota mas o menos importante de incertidumbre o subjetividad, ya que en todo proceso de decisión humano estos factores son inevitables. Así este procedimiento permite el cálculo del eingenvalor máximo, a través del cual se establece una medida operativa de la consistencia en la asignación de los juicios de valor, lo que asimismo permite reconsiderar dicha asignación en caso de que no se considere consistente." (Barredo y Gómez, 2005).

El procedimiento que ofrece el MJA para el cálculo de la consistencia es la Razón de Consistencia (**cr** del inglés Consistency Ratio), dicho valor se obtiene a partir del cociente entre el valor del Índice de Consistencia (**ci** del inglés Consistency Index) y el Índice Aleatorio (**ri** del inglés Random Index) (cr = ci / ri); si los valores de cr son mayores o iguales a 0.10, entonces los juicios de valor deben ser revisados, ya no son lo suficientemente consistentes para establecer pesos, si por el contrario los valores de cr son menores a 0.10, los juicios de valor asignados son satisfactorios.

El Índice de Consistencia (ci) es un valor obtenido a partir del Eingervalor Máximo (λ_{MAX}) de la manera siguiente: ci = (λ_{MAX} – n) / (n – 1), siendo n el número de factores de la matriz de comparación, mientras el λ_{MAX} se obtiene a partir del producto del Eingenvector Principal Normalizado (N EvP) con la matriz de comparación de factores (MCF). Así se obtiene un nuevo vector, el cual se divide cada uno de sus componentes entre su correspondiente Eingenvector Principal Normalizado, obteniendo un segundo nuevo vector, el cual se suman sus componentes y se dividen entre el número de factores de la MCF, obteniendo así el Eingervalor Máximo (λ_{MAX}). Por otra parte el Índice Aleatorio (ri) representa el índice de consistencia de una matriz reciproca generada aleatoriamente a partir de una escala del 1 al 9, con juicios de valor recíprocos (Figura Nº 5.15), en él se muestra en la primera fila el orden de la matriz (om) y en la subsiguiente el valor promedio de ri.

om	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ri	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

Figura Nº 5.15: Orden de la Matriz y su Índice aleatorio

5.5.2 Asignación de Pesos a los Factores dentro del MJA

Inicialmente, se crea una matriz en base a los siete factores tomados en consideración para el presente estudio, estos son: Capacidad de Uso Mayor (CUM), Ecología (ECO), Potencial Hídrico (PHI), Vulnerabilidad (VUL), Accesibilidad (ACC), Áreas Catastradas (CAT) e Índice de Desarrollo Humano (IDH). Se ingresan los juicios de valor en base a su importancia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada factor de la columna principal (Cuadro Nº 5.17).

Matriz de Factores							
	CUM	**ECO**	**PHI**	**VUL**	**ACC**	**CAT**	**IDH**
CUM	1.00	0.50	0.50	4.00	2.00	5.00	3.00
ECO	2.00	1.00	1.00	4.00	2.00	5.00	3.00
PHI	2.00	1.00	1.00	5.00	3.00	5.00	4.00
VUL	0.25	0.25	0.20	1.00	0.50	4.00	2.00
ACC	0.50	0.50	0.33	2.00	1.00	4.00	2.00
CAT	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	1.00	0.33
IDH	0.33	0.33	0.25	0.50	0.50	3.00	1.00
Suma Pesos	**6.28**	**3.78**	**3.48**	**16.75**	**9.25**	**27.00**	**15.33**

Cuadro Nº 5.17: Juicios de Valor de los Criterios

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro Nº 5.18), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) del factor PHI es el mas alto con un valor de 0.24 y el factor CAT es el que presenta un menor peso con un valor de 0.03. Posteriormente estos pesos serán ingresados a cada uno de los factores con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.036, lo que nos indica que los juicios de valor han sido asignados satisfactoriamente.

Factor						
CUM	**ECO**	**PHI**	**VUL**	**ACC**	**CAT**	**IDH**
0.16	0.21	0.24	0.07	0.10	0.03	0.06

Cuadro Nº 5.18: Eingenvalor Principal de los Criterios

5.5.3 Valoración de las Clases del Factor Capacidad de Uso Mayor (CUM)

Ya realizada la clasificación de las clases que son idóneas para acoger la actividad agrícola del factor CUM (ver capítulo 5.4), se crea una matriz en base a las cinco clases tomados en consideración para el presente estudio, estas son: Pastoreo, Calidad Agrológica Media/Protección (P2sc-Xs), Protección/Cultivos Permanentes/ Cultivos en Limpio (Xse-C3se(r)-A3se(r)), Protección/Pastoreo/ Cultivos en Limpio (Xse-P3se-A3se(r)), Protección/Pastoreo/Cultivos Permanentes (Xse-P3se-C3se) y Protección/Pastoreo/Cultivos en Limpio (Xse-P3sec-A3sec); por consiguiente, el resto de clases presentes en el factor CUM se les asigna el valor de menos uno (-1). Se ingresan los juicios de valor en base a su preferencia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada clase de la columna principal (Cuadro Nº 5.19).

Matriz de Clases CUM					
	P2sc-Xs	**Xse-C3se(r)-A3se(r)**	**Xse-P3se-A3se(r,)**	**Xse-P3se-C3se**	**Xse-P3sec-A3sec**
P2sc-Xs	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25
Xse-C3se(r)-A3se(r)	6.00	1.00	3.00	4.00	3.00
Xse-P3se-A3se(r,)	4.00	0.33	1.00	2.00	1.00
Xse-P3se-C3se	2.00	0.25	0.50	1.00	0.33
Xse-P3sec-A3sec	4.00	0.33	1.00	3.00	1.00
Suma Valores	**17.00**	**2.08**	**5.75**	**10.50**	**5.58**

Cuadro Nº 5.19: Juicios de Valor de las clases del factor Capacidad de Uso Mayor

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro N° 5.20), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) de la clase Xse-C3se(r)-A3se(r) es el mas alto con un valor de 0.45 y la clase P2sc-Xs es la que presenta un menor peso con un valor de 0.05. Posteriormente, estos pesos serán ingresados a cada una de las clases del factor CUM con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.0392, lo que nos indica que los juicios de valor han sido asignados satisfactoriamente.

Factor				
P2sc-Xs	**Xse-C3se(r)-A3se(r)**	**Xse-P3se-A3se(r)**	**Xse-P3se-C3se**	**Xse-P3sec-A3sec**
0.05	**0.45**	**0.19**	**0.10**	**0.21**

Cuadro Nº 5.20: Eingenvalor Principal de las clases del factor Capacidad de Uso Mayor

5.5.4 Valoración de las Clases del Factor Ecología (ECO)

Ya realizada la clasificación de las clases que son idóneas para acoger la actividad agrícola del factor ECO (ver capítulo 5.4), se crea una matriz en base a las cinco clases tomados en consideración para el presente estudio, estas son: monte espinoso Premontano Tropical (mte-PT), estepa espinosa Montano Bajo Tropical (ee-MBT), bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT), estepa Montano Tropical (e-MT) y bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT) ; por consiguiente, el resto de clases presentes en el factor ECO se les asigna el valor de menos uno (-1). Se ingresan los juicios de valor en base a su preferencia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada clase de la columna principal (Cuadro Nº 5.21).

Matriz de Clases					
	mte-PT	**ee-MBT**	**bs-MBT**	**e-MT**	**bh-MT**
mte-PT	1.00	3.00	2.00	0.50	0.33
ee-MBT	0.33	1.00	0.33	0.25	0.20
bs-MBT	0.50	3.00	1.00	0.50	0.33
e-MT	2.00	4.00	2.00	1.00	0.50
bh-MT	3.00	5.00	3.00	2.00	1.00
Suma Valores	**6.83**	**16.00**	**8.33**	**4.25**	**2.37**

Cuadro Nº 5.21: Juicios de Valor de las clases del factor Ecología

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro Nº 5.22), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) de la clase bh-MT es el mas alto con un valor de 0.40 y la clase ee-MBT es la que presenta un menor peso con un valor de 0.06. Posteriormente, estos pesos serán ingresados a cada una de las clases del factor ECO con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.0410, lo que nos indica que los juicios de valor han sido asignados satisfactoriamente.

Factor				
mte-PT	**ee-MBT**	**bs-MBT**	**e-MT**	**bh-MT**
0.17	0.06	0.13	0.25	0.40

Cuadro Nº 5.22: Eingenvalor Principal de las clases del factor Ecología

5.5.5 Valoración de las Clases del Factor Potencial Hídrico (PHI)

Se crea una matriz en base a las tres clases tomada en consideración para el presente estudio, estas son: Alto Potencial Hídrico (APH), Moderado Potencial Hídrico (MPH) y Bajo Potencial Hídrico (BPH). Se ingresan los juicios de valor en base a su

preferencia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada clase de la columna principal (Cuadro Nº 5.23).

Matriz de Clases			
	APH	**MPH**	**BPH**
APH	1.00	2.00	5.00
MPH	0.50	1.00	4.00
BPH	0.20	0.25	1.00
Suma Valores	**1.70**	**3.25**	**10.00**

Cuadro Nº 5.23: Juicios de Valor de las clases del factor Potencial Hídrico

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro Nº 5.24), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) de la clase APH es el mas alto con un valor de 0.57 y la clase BPH es la que presenta un menor peso con un valor de 0.10. Posteriormente, estos pesos serán ingresados a cada una de las clases del factor PHI con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.0385, lo que nos indica que los juicios de valor han sido asignados satisfactoriamente.

Factor		
APH	**MPH**	**BPH**
0.57	0.33	0.10

Cuadro Nº 5.24: Eingenvalor Principal de las clases del factor Potencial Hídrico

5.5.6 Valoración de las Clases del Factor Accesibilidad (ACC)

Se crea una matriz en base a las tres clases tomada en consideración para el presente estudio, estas son: Alta Accesibilidad (AA), Moderado Accesibilidad (MA) y Bajo Accesibilidad (BA). Se ingresan los juicios de valor en base a su preferencia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada clase de la columna principal (Cuadro Nº 5.25)

Matriz de Clases			
	AA	**MA**	**BA**
AA	1.00	2.00	4.00
MA	0.50	1.00	3.00
BA	0.25	0.33	1.00
Suma Valores	**1.75**	**3.33**	**8.00**

Cuadro Nº 5.25: Juicios de Valor de las clases del factor Accesibilidad

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro Nº 5.26), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) de la clase AA es el mas alto con un valor de 0.56 y la clase BA es la que presenta un menor peso con un valor de 0.12. Posteriormente, estos pesos serán ingresados a cada una de las clases del factor ACC con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.0096, lo que nos indica que los juicios de valor han sido asignados satisfactoriamente.

Factor		
AA	**MA**	**BA**
0.56	0.32	0.12

Cuadro Nº 5.26: Eingenvalor Principal de las clases del factor Accesibilidad

5.5.7 Valoración de las Clases del Factor Vulnerabilidad (VUL)

Se crea una matriz en base a las tres clases tomada en consideración para el presente estudio, estas son: Vulnerabilidad Alta (VUA), Vulnerabilidad Moderada (VUM) y Nevados (NEV). Se ingresan los juicios de valor en base a su preferencia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada clase de la columna principal (Cuadro Nº 5.27).

Matriz de Clases			
	VUA	**VUM**	**NEV**
VUA	1.00	0.25	0.50
VUM	4.00	1.00	2.00
NEV	2.00	0.50	1.00
Suma Valores	**7.00**	**1.75**	**3.50**

Cuadro Nº 5.27: Juicios de Valor de las clases del factor Vulnerabilidad

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro Nº 5.28), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) de la clase VUM es el mas alto con un valor de 0.57 y la clase VUA es la que presenta un menor peso con un valor de 0.14. Posteriormente, estos pesos serán ingresados a cada una de las clases del factor VUL con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.0032, lo que nos indica que los juicios de valor han sido asignados satisfactoriamente.

Factor		
VUA	**VUM**	**NEV**
0.14	0.57	0.29

Cuadro Nº 5.28: Eingenvalor Principal de las clases del factor Vulnerabilidad

5.5.8 Valoración de las clases del Factor Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Se crea una matriz en base a las cuatro clases tomada en consideración para el presente estudio, estas son: IDH Medio Alto (IDH MA), IDH Medio (IDH M), IDH Medio Bajo (IDH MB) e IDH Bajo (IDH B). Se ingresan los juicios de valor en base a su preferencia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada clase de la columna principal (Cuadro Nº 5.29).

Matriz de Clases				
	IDH MA	**IDH M**	**IDH MB**	**IDH B**
IDH MA	1.00	2.00	4.00	5.00
IDH M	0.50	1.00	3.00	4.00
IDH MB	0.25	0.33	1.00	3.00
IDH B	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma Valores	**1.95**	**3.58**	**8.33**	**13.00**

Cuadro Nº 5.29: Juicios de Valor de las clases del factor Índice de Desarrollo Humano

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro Nº 5.30), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) de la clase IDH MA es el mas alto con un valor de 0.48 y la clase IDH B es la que presenta un menor peso con un valor de 0.07. Posteriormente, estos pesos serán ingresados a cada una de las clases del factor IDH con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.0217, lo que nos indica que los juicios de valor han sido asignados satisfactoriamente.

Factor			
IDH MA	**IDH M**	**IDH MB**	**IDH B**
0.48	0.30	0.14	0.07

Cuadro Nº 5.30: Eingenvalor Principal de las clases del factor Índice de Desarrollo Humano

5.5.9 Valoración de las Clases del Factor Áreas Catastradas (CAT)

Este factor solo presenta dos clases, estas son: Tierras Catastradas (TC) y Tierras No Catastrada (TNC). Se ingresan los juicios de valor en base a su preferencia para cada una de las celdas de la matriz y se suma cada clase de la columna principal (Cuadro Nº 5.31).

Matriz de Clases		
	TC	**TNC**
TC	1.00	2.00
TNC	0.50	1.00
Suma Valores	**1.50**	**3.00**

Cuadro Nº 5.31: Juicios de Valor de las clases del factor Áreas Catastradas

En base al método de comparación de pares, se calculó el Eigenvalor Principal de cada factor (Cuadro Nº 5.32), en él se observa que Eingervalor Principal o Peso (w) de la clase TC es el mas alto con un valor de 0.67 y la clase TNC es la que presenta un menor peso con un valor de 0.33. Posteriormente, estos pesos serán ingresados a cada una de las clases del factor CAT con ayuda de las herramientas de los SIG. La razón de consistencia (cr) de esta matriz tiene un valor de 0.000, por el valor del Índice Aleatorio (ri) es cero ya que este factor solo presenta dos clases.

Factor	
TC	**TNC**
0.67	0.33

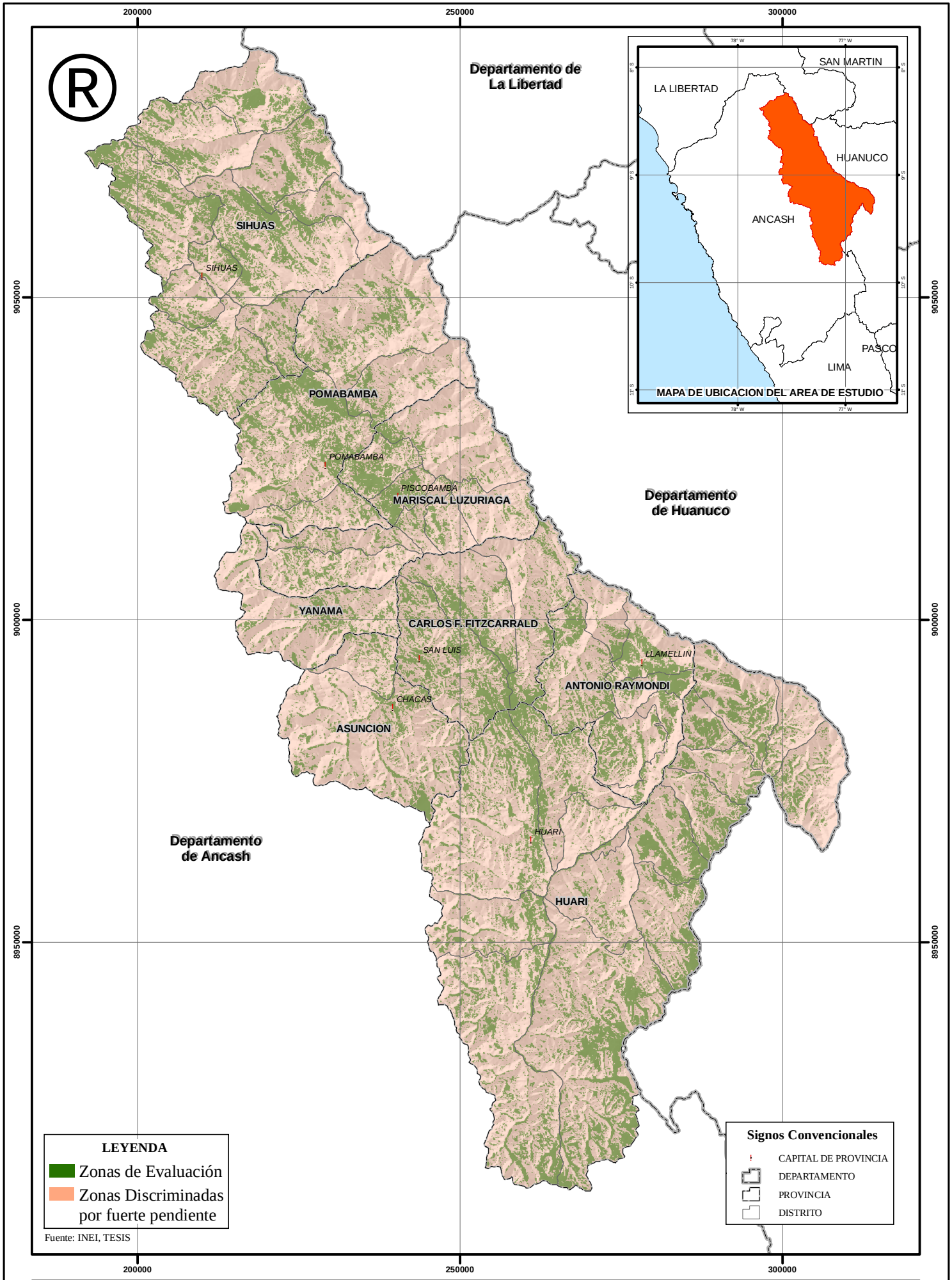
Cuadro Nº 5.32: Eingenvalor Principal de las clases del factor Áreas Catastradas

5.6 ELABORACIÓN DE LOS MODELOS DE SUMATORIA LINEAL PONDERADA (SLP) Y DISTANCIA AL PUNTO IDEAL (DPI)

Como observamos en el CAPÍTULO 5.5, los pesos y valoraciones de las clases de cada factor fueron asignados mediante el Método de Jerarquías Analíticas (MJA). El siguiente paso es elaborar los Modelos, mediante los métodos EMC de Sumatoria Lineal Ponderada (SLP) y Distancia al Punto Ideal (DPI), de los cuales uno de ellos, luego de un proceso de análisis, será el seleccionado como el modelo de capacidad de acogida.

5.6.1 Elaboración de Submodelos: Zonas de Evaluación y de Exclusión Absoluta

La elaboración de estos submodelos se inicia intersectando todos los factores mediante las herramientas del ArcGIS (Figura Nº 5.8) por lo que obtendremos el primer submodelo denominado submodelo Zonas de Evaluacion (SM _FACTOR) (Mapa Nº 12), este submodelo es que abarca todos los factores y se presenta, en mayor porcentaje, en las provincias de Sihuas, Pomabamba y Antonio Raymondi.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

MAPA DE ZONAS DE EVALUACION

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 12

Fecha: Julio 2007

Escala: 1:750,000

Paralelamente se unen los limitantes mediante las herramientas del ArcGIS (Figura Nº 5.8), por lo que obtendremos el siguiente submodelo denominado submodelo Exclusión Absoluta (SM_LIMITANTE) (Mapa Nº 13), este submodelo es que abarca a los dos limitantes absolutos y se presenta, en mayor porcentaje, en las provincias de Asunción y Huari.

Ya elaborados el SM_FACTOR y SM_LIMITANTE se procede a aplicar los métodos EMC de Sumatoria Lineal Ponderada y Distancia al Punto Ideal.

5.6.2 Elaboración del Modelo Sumatoria Lineal Ponderada (M_SLP)

El método de Sumatoria Lineal Ponderada (SLP) es uno de los métodos mas empleados para este tipo de evaluaciones por ser sencillo, intuitivo y de fácil implementación. La obtención del nivel mas adecuado se consigue por la sumatoria del resultado del producto entre el peso del factor por el valor de la clase del mismo factor.

$$R_i = \sum_{j=1}^{n} w_j v_{ij}$$

Donde:

R es el nivel de adecuación más alto de la clase i.

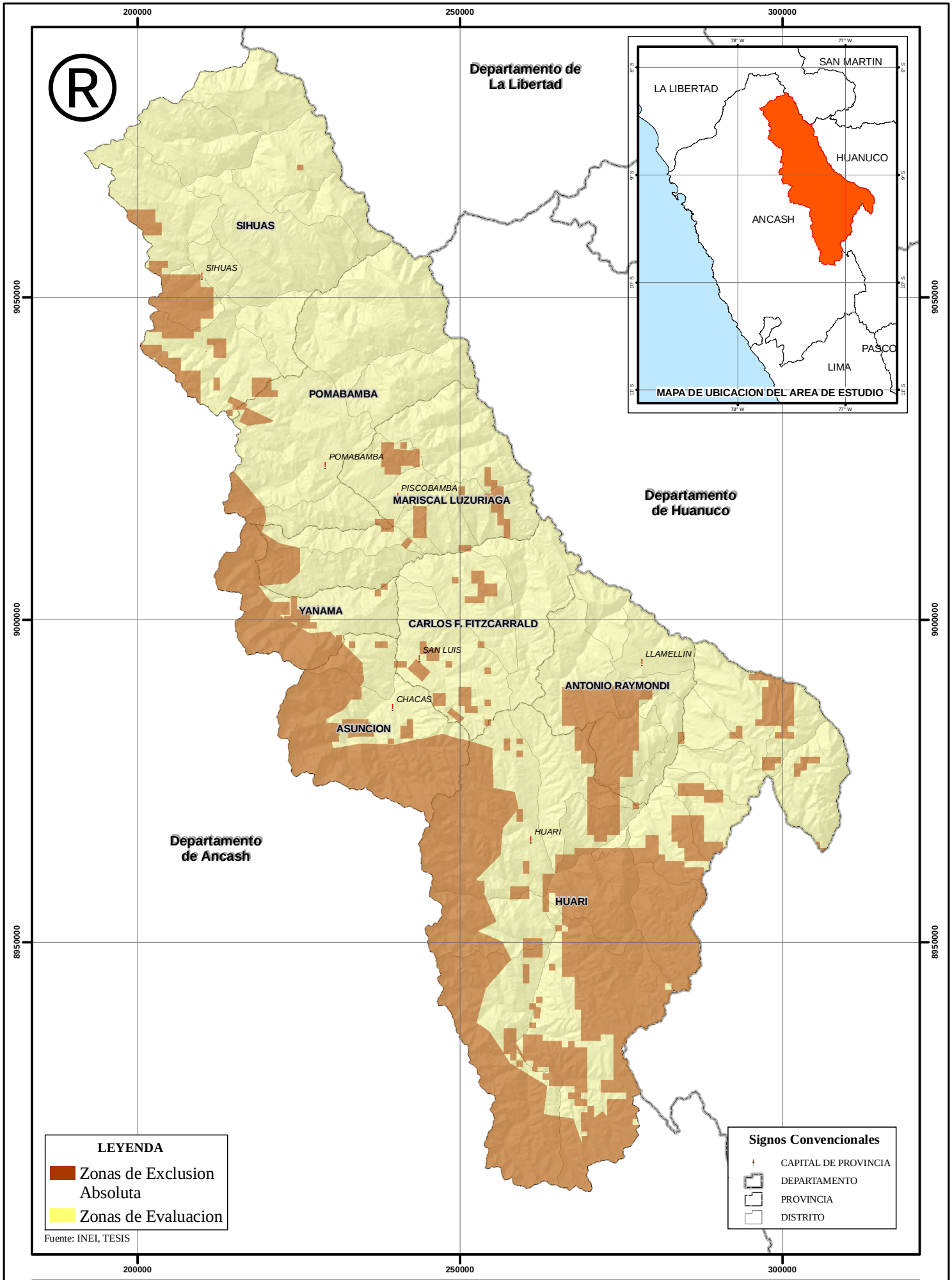
W es el peso del factor j.

V es el valor asignado a la clase i del factor j.

El método SLP se inicia exportando el submodelo SM_FACTOR a otro submodelo denominado SM_SLP (Figura Nº 5.8). En este submodelo es donde se realizan los cálculos, para ello al submodelo SM_SLP se le crea un nuevo campo denominado SLP y sobre este campo es donde se ejecuta la calculadora (Field Calculator), introduciendo la siguiente sentencia:

(([W_CAT] * [NVAL_CAT])+([W_VUL] * [NVAL_VUL])+([W_ECO] * [NVAL_ECO])+([W_CUM] * [NVAL_CUM])+([W_IDH] * [NVAL_IDH])+([W_ACC] * [NVAL_ACC])+([W_PHI] * [NVAL_PHI]))/([W_CAT] + [W_VUL] + [W_ECO] + [W_CUM] + [W_IDH] + [W_ACC] + [W_PHI])

Donde: W es el peso del factor y NVAL es el valor normalizado de las clases del factor.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

MAPA DE ZONAS DE EXCLUSION ABSOLUTA

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 13

Fecha: Julio 2007

Escala: 1:750,000

Seguidamente son extraídas las áreas que presentan características limitantes provenientes del submodelo SM_LIMITANTE, obteniendo así el Modelo M_SLP (Mapa Nº 14).

Este modelo presenta sus mayores valores en los distritos de Huari, Cajay, Huantar y Uco (Provincia de Huari), Chingas y Llamellin (Provincia de Antonio Raymondi), San Luís y Yauya (Provincia de Carlos F. Fitzcarrald), Yanama (Provincia de Yungay), Cascas y Piscobamba (Provincia de Mariscal Luzuriaga), Pomabamba y Huayllan (Provincia de Pomabamba).

5.6.3 Elaboración del Modelo Distancia al Punto Ideal (M_DPI)

El método Distancia al Punto Ideal (DPI) se basa *"en los desvíos de cada alternativa con un punto ideal que se debe considerar inalcanzable; posteriormente es comparada la distancia entre cada alternativa y el ideal en un espacio multivariado, donde cada criterio representa un eje. En esta sencilla estructura se basa uno de los enfoques de EMC de mayor potencia"* (Barredo y Gómez, 2005). Como se plantea los modelos están basados en los desvíos de un conjunto de soluciones ideales y uno de soluciones eficientes. Según la estructura de este método una solución ideal no existe dentro del conjunto de soluciones, pero su función es establecer un punto de referencia para todas las alternativas. De esta manera la mejor solución compromiso es la que presenta una menor distancia al teórico punto ideal. Resalta en este método, la aplicación de pesos, lo que permitiría un cálculo más real de las desviaciones de las distancias.

$$L_p = [\sum_{j=1}^{n} w_j |x_{ij} - 1|^p]^{1/p}$$

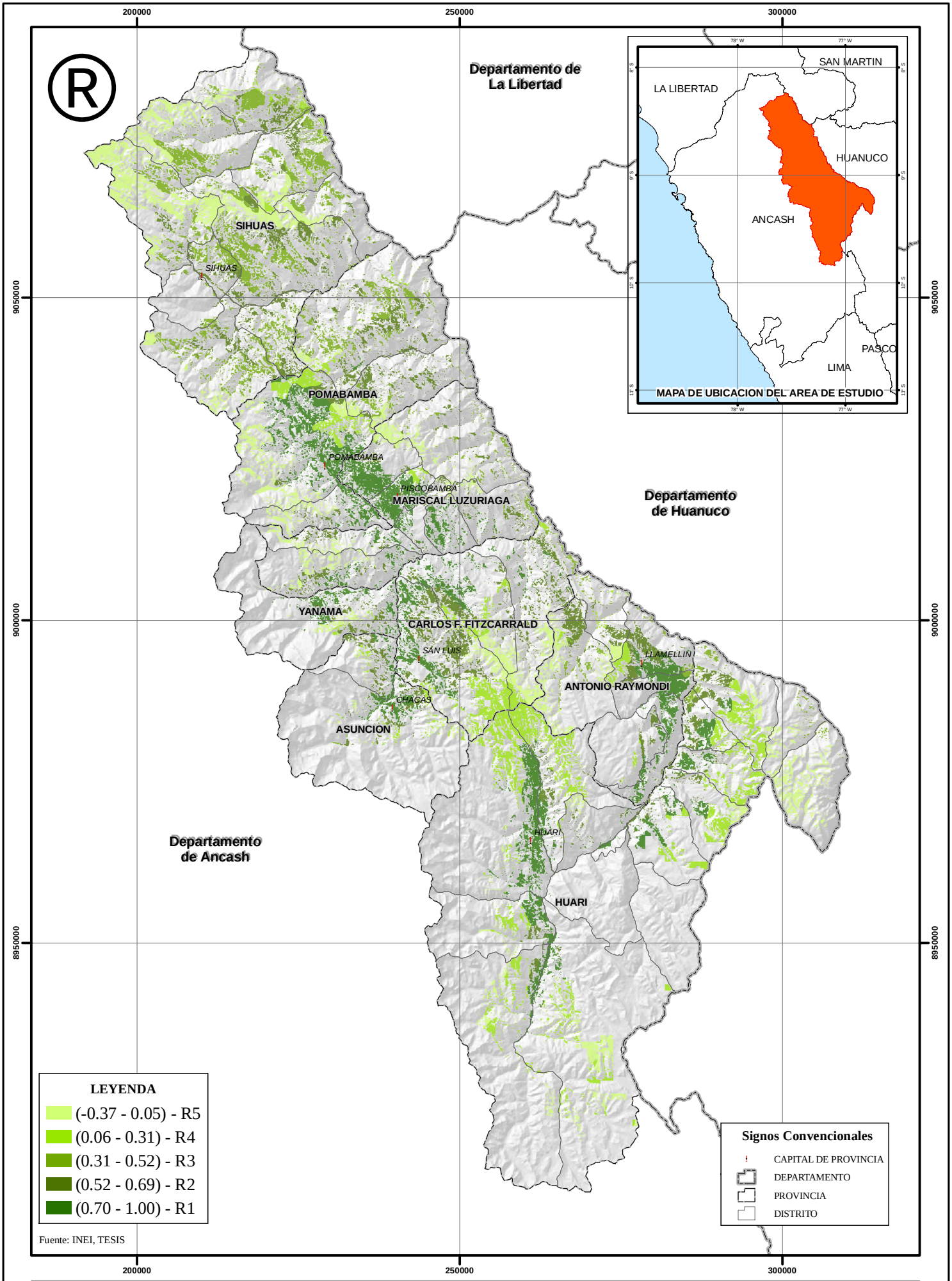
Donde:

W es el peso del factor j.

X es el valor asignado a la clase i del factor j.

p es la métrica para el cálculo de la distancia

En esta ecuación, *"p=1 y p=2 tienen un sentido geométrico, ya que la primera representa la suma de los lados (catetos) que pueden formar dos puntos en un espacio*



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

MODELO DE CAPACIDAD DE ACOGIDA SLP

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 14

Fecha: Julio 2007

Escala: 1:750,000

bidimensional trazando una trayectoria de lados paralelos a los ejes, es decir, se deben recorrer totalmente ambos desvíos, mientras que p=2 es la distancia en línea recta (hipotenusa) entre dichos puntos" (Barredo y Gómez, 2005).

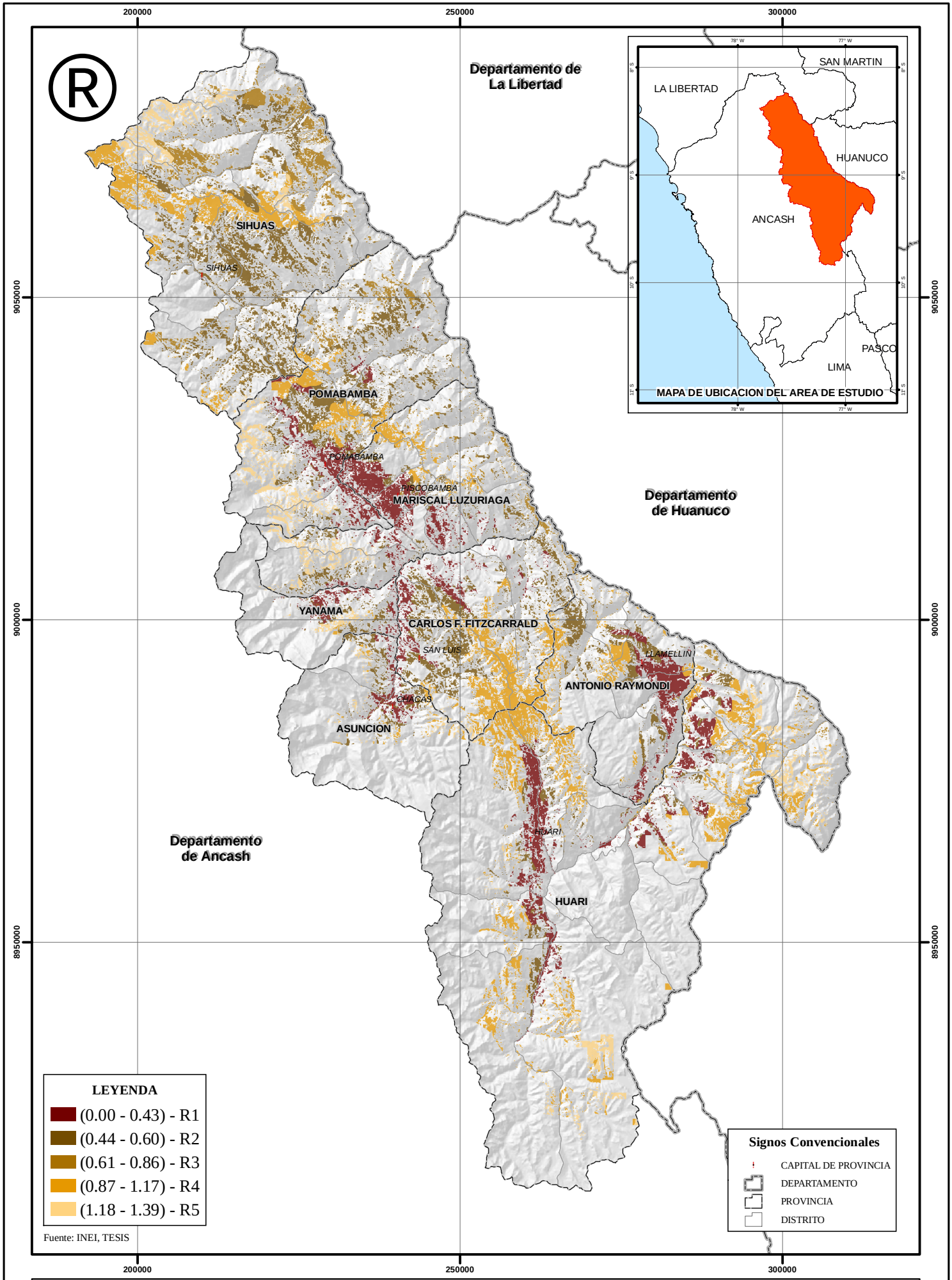
El método DPI se inicia exportando el submodelo SM_FACTOR a otro submodelo denominado SM_DPI (Figura Nº 5.8). En este submodelo es donde se realizan los cálculos, para ello al submodelo SM_DPI se le crea un nuevo campo denominado DPI y sobre este campo es donde se ejecuta la calculadora (Field Calculator), introduciendo la siguiente sentencia:

Sqr (([W_CAT] * (Abs ([NVAL_CAT] -1)) * (Abs ([NVAL_CAT] -1))) + ([W_VUL] * (Abs ([NVAL_VUL] -1)) * (Abs ([NVAL_VUL] -1))) + ([W_ECO] * (Abs ([NVAL_ECO] -1)) * (Abs ([NVAL_ECO] -1))) + ([W_CUM] * (Abs ([NVAL_CUM] -1)) * (Abs ([NVAL_CUM] -1))) + ([W_IDH] * (Abs ([NVAL_IDH] -1)) * (Abs ([NVAL_IDH] -1))) + ([W_ACC] * (Abs ([NVAL_ACC] -1)) * (Abs ([NVAL_ACC] -1))) + ([W_PHI] * (Abs ([NVAL_PHI] -1)) * (Abs ([NVAL_PHI] -1))))

Donde: W es el peso del factor y NVAL es el valor normalizado de las clases del factor

Seguidamente son extraídas las áreas que presentan características limitantes provenientes del submodelo SM_LIMITANTE, obteniendo así el Modelo M_DPI (Mapa Nº 15)

Este modelo presenta sus mayores valores en los distritos de Huari, San Marcos y Rahuapampa (Provincia de Huari), Aczo (Provincia de Antonio Raymondi), Llama y Piscobamba (Provincia de Mariscal Luzuriaga), Pomabamba y Huayllan (Provincia de Pomabamba).



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

MODELO DE CAPACIDAD DE ACOGIDA DPI

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 15

Fecha: Julio 2007

Escala: 1:750,000

CAPÍTULO VI. RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL MODELO DE CAPACIDAD DE ACOGIDA

Una vez realizado los modelos de Capacidad de Acogida por los métodos EMC de Sumatoria Lineal Ponderada (SLP) y Distancia al Punto Ideal (DPI), es necesario realizar un análisis muy preciso para determinar cuál de estos modelos será el que determine la capacidad de acogida del área de estudio.

Para la realización del análisis se determinó un método basado en información de la Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas (ENAPROVE) de la Dirección de Información Agraria del Ministerio de Agricultura. Esta información es utilizada en la construcción de Marcos de Áreas para la estadística continua, que consta de pequeños polígonos que contienen información del porcentaje agrícola estimación mediante la interpretación de las imágenes de satélite de donde se deduce el área agrícola en cada polígono, para el departamento de Ancash este trabajo se desarrollo el 2004.

Inicialmente, al temático de Marco de Área (MARCOAREA) se le seleccionan solo los registros que cumplan con las siguientes condicionantes: que el estrato sea de tipo A1 y que el porcentaje de dicho estrato sea mayor igual al 50%, de esta manera obtendremos un temático temporal denominado *MarcoArea_Seleccion*. Paralelamente, se crean temáticos temporales de los Modelos SLP y DPI (*ModeloSLP_Rango* y *ModeloDPI_Rango*) y se les realiza una clasificación y recategorización mediante el método de Natural Break en base a 05 rangos (Cuadro Nº 6.1).

El método de Natural Break o Puntos de Interrupción Naturales, identifica puntos de interrupción entre clases utilizando una formula estadística (el método de optimización de Jenks). Este método lo que hace esencialmente es minimizar la suma de la varianza dentro de cada una de las clases. El método de puntos de interrupción naturales busca agrupaciones y patrones inherentes a los datos.

Rangos	SLP	DPI
R1	0.70 – 1.00	0.00 – 0.43
R2	0.53 – 0.69	0.44 – 0.60
R3	0.32 – 0.52	0.61 – 0.86
R4	0.06 – 0.31	0.87 – 1.17
R5	-0.37 – 0.05	1.18 – 1.39

Cuadro Nº 6.1: Clasificación y Recategorización mediante el método Natural Break

Con los valores de los rangos SLP y DPI se hace una estadística (Figura Nº 6.1), en él se observa que el rango de valor alto (R1) del modelo SLP es 1 y siendo su tendencia de rangos menores en orden decreciente ya que el rango menor presenta el valor de -0.37. Asimismo, el rango de valor alto (R1) del modelo DPI es la 0 y siendo su tendencia de rangos menores en orden creciente ya que el rango menor presenta el valor de 1.39.

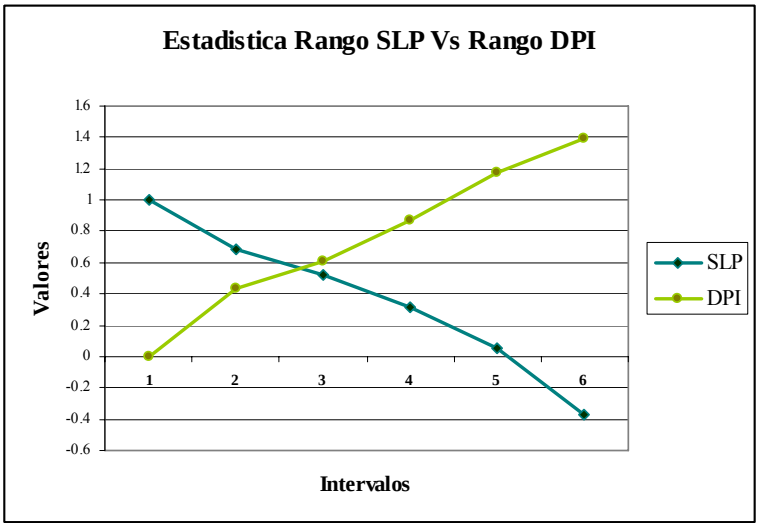


Figura Nº. 6.1: Rango SLP Vs. Rango DPI

Posteriormente, se superponen los temáticos temporales *ModeloSLP_Rango* y *ModeloDPI_Rango* con *MarcoArea_Seleccion* obteniendo así los Modelos de Análisis MA_SLP y MA_DPI.

A los modelos MA_SLP y MA_DPI se les calcula el área (Cuadro Nº 6.2), obteniendo de esta manera las diferencias que presentan ambos modelos con respecto al Marco de Área de la ENAPROVE.

Rangos	Área (Km^2) MA_SLP	Área (Km^2) MA_DPI
R1	133.446	120.563
R2	107.126	176.282
R3	80.867	25.549
R4	16.913	26.547
R5	14.566	3.977

Cuadro Nº 6.2: Áreas y Rangos de los MA_SLP y MA_DPI

Con los valores de las áreas SLP y DPI se hace una estadística (Figura Nº 6.2), en el se observa la diferencia de áreas en el rango R1 (12.883 ha) que dan como mejor alternativa al método SLP por presentar mayor área de coincidencia con respecto al Estrato A1, pero en el rango R2 la diferencia de áreas (69.156 ha) dan como mejor alternativa al modelo DPI.

Si obtenemos de ambos métodos su promedio ponderado en base a cada rango (R1 entonces W=5, R2 entonces W=4, R3 entonces W=3, R4 entonces W=2 y R5 entonces W=1), obtendremos que el método DPI (Promedio Ponderado: 96.1108) presenta una ligera diferencia en promedio ponderado con respecto al modelo SLP (Promedio Ponderado: 92.4486); por lo tanto, es la mejor alternativa ya que presenta mayor grado de coincidencia con respecto al estrato A1 del Marco de Área.

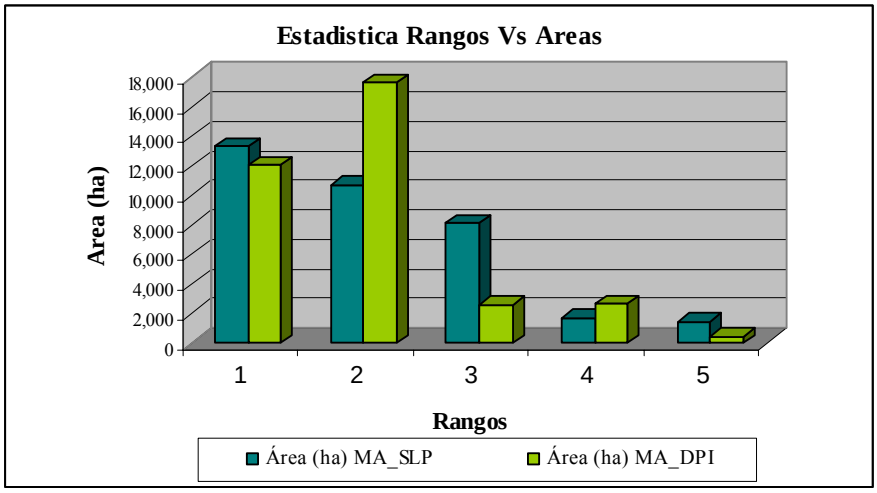


Figura Nº. 6.2: Áreas SLP Vs. Áreas DPI

6.2 CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL CALLEJÓN DE CONCHUCOS

El modelo Distancia al Punto Ideal fue seleccionado como el modelo final de Capacidad de Acogida (Mapa Nº 16), donde se obtuvo que el 21.28% de la superficie tiene capacidad para la actividad agrícola, esta superficie fue clasificada en tres clases validas para el área de estudio. (Cuadro Nº 6.3).

	Tipo	Área (Km^2)	%
1	Capacidad de Acogida Buena	314.72	3.99
2	Capacidad de Acogida Moderada	687.84	8.71
3	Capacidad de Acogida Baja	677.12	8.58
	Total Capacidad de Acogida	**1,679.68**	**21.28**
	Áreas Limitantes Absolutas	**3,663.62**	**46.41**
	Superficie Limitante por pendiente	**2,551.04**	**32.31**
	Total	**7,894.34**	**100.00**

Cuadro Nº 6.3: Distribución del Modelo DPI dentro del Área de Estudio

Clase Nº 1: Capacidad de Acogida Buena

Representada por el rango R1 (0.00 – 0.43) con una extensión de 314.72 Km^2 (3.99% del área total de estudio), esta clase presenta una baja calidad agrológica del suelo para cultivos en limpio, que requieren de prácticas más intensas y especiales de conservación para mantener producciones económicamente continuadas; por otra parte, este tipo de suelo permite llevar una agricultura de secano muy positiva. Presenta un potencial hídrico muy bueno para la actividad agrícola (ríos Pomabamba, Yanamayo, Ashnocaucha, Puchca y Huaritambo), situándose esta clase muy cerca de las vías de acceso importantes, como el eje longitudinal del Callejón de Conchucos y es la que contiene las mayores superficies catastradas del área de estudio. Presenta una vulnerabilidad moderada y alta, en especial las provincias de Yanama y Asunción por su cercanía a los nevados de la región, el índice de desarrollo humano de esta clase presenta valores medio y medio alto (Foto Nº 6.1).

Clase Nº 2: Capacidad de Acogida Moderada

Representada por los rangos R2 y R3 (0.44 – 0.86) con una extensión de 687.84 Km^2 (8.71% del área total de estudio), esta clase presenta una baja calidad agrológica del suelo para cultivos en limpio y presenta limitaciones fuertes o severas para la fijación de cultivos perenne y zonas apropiadas para el desarrollo de pasturas por las severas

200000 250000 300000

9050000 9000000 8950000

Departamento de La Libertad

Departamento de Huanuco

Departamento de Ancash

SIHUAS

SIHUAS

POMABAMBA

POMABAMBA

PISCOBAMBA

MARISCAL LUZURIAGA

YANAMA

CARLOS F. FITZCARRALD

SAN LUIS

LLAMELLIN

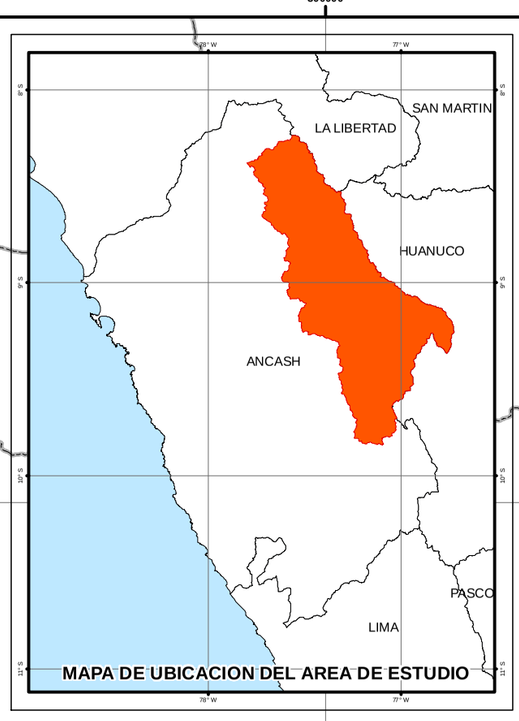
ANTONIO RAYMONDI

CHACAS

ASUNCION

HUARI

HUARI



COLOR	CLASE	AREA KM2	%
	Capacidad de Acogida Buena	314.72	3.99
	Capacidad de Acogida Moderada	687.84	8.71
	Capacidad de Acogida Baja	677.12	8.58
	Total Capacidad de Acogida	1,679.68	21.28
	Áreas Limitantes Absolutas	3,663.62	46.41
	Superficie Limitante por pendiente	2,551.4	32.31

Fuente: INEI, TESIS

Signos Convencionales

- CAPITAL DE PROVINCIA
- DEPARTAMENTO
- PROVINCIA
- DISTRITO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica

CAPACIDAD DE ACOGIDA

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola

Elaboracion: Dora Y. Contreras Miguel
Joshsep J. Fernandez Flores

MAPA N° 16

Fecha: Julio 2007 | Escala: 1:500,000

deficiencias o limitaciones que presentan. Presenta un potencial hídrico de bueno a moderado (ríos Pomabamba, San Miguel, Rupac, Pichuc, Mosna, Puchca y Huaritambo), situándose esta clase a regular distancia de las vías de acceso importantes, como el eje longitudinal del Callejón de Conchucos y el eje vial Chimbote - Tocache que cruza por la provincia de Sihuas y es la que contiene pequeñas superficies catastradas del área de estudio. Presenta una vulnerabilidad moderada y alta, en especial las provincias de Yanama, Huari y Asunción por su cercanía a los nevados de la región, el índice de desarrollo humano de esta clase presenta valores medio bajo y medio (Foto Nº 6.2).

Clase Nº 3: Capacidad de Acogida Baja

Representada por los rangos R4 y R5 (0.87 – 1.39) con una extensión de 677.12 Km^2 (8.58% del área total de estudio), esta clase presenta zonas con suelos no aptos para cultivos en limpio ni permanentes pero apropiados en forma limitada para el desarrollo de pasturas, así como zonas de protección debido a que las formas del terreno presentan tan severas limitaciones que su utilización para cultivos comerciales está excesivamente restringido, así como para fines pecuarios o explotación racional del recurso forestal. Presenta un potencial hídrico de bueno a moderado (ríos Pomabamba, Rupac, Llama, Mitush, Mosna, Puchca y Huaritambo), situándose esta clase a regular distancia de las vías de acceso importantes, como el eje longitudinal del Callejón de Conchucos y el eje vial Huari - Huacaybamba en el departamento de Huanuco y no contiene ninguna superficie catastrada. Presenta una vulnerabilidad alta, en especial las provincias de Yanama, Huari y Asunción por su cercanía a los nevados de la región, el índice de desarrollo humano de esta clase presenta valores medio bajo y medio.

A nivel distrital, el distrito de Huari (provincia de Huari) es el que presenta la mayor superficie de la Capacidad de Acogida Moderada con 33.15 km^2 seguido de los distritos de Pomabamba (provincia de Pomabamba) con 27.45 km^2 y Casca (provincia de Mariscal Luzuriaga) con 23.73 km^2 (Foto Nº 6.3).



Foto Nº 6.1: Vista panorámica de Chacas – Provincia de Asunción, presenta una Capacidad de Acogida Buena.



Foto Nº 6.2: Vista panorámica de San Luís – Provincia de Carlos F. Fitzcarrald, presenta una Capacidad de Acogida Moderada.



Foto Nº 6.2: Vista panorámica de Acobamba – Provincia de Sihuas, presenta una Capacidad de Acogida Baja.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. El modelo obtenido puede establecer una herramienta importante para la incorporación de nuevas actividad en el área de estudio en procesos de ordenamiento territorial, ya que permite diferenciar y delimitar, en función de la capacidad de acogida del territorio para el uso agrícola, áreas donde no se puede desarrollar esta actividad ya sea por limitaciones, restricciones y áreas con diferentes prioridades para su explotación.

2. Los resultados obtenidos nos demuestran que las zonas andinas presentan serias limitaciones tanto es sus características físicas y socioeconómicas para el desarrollo de sus actividades primarias.

3. La superficie actualmente empleada para el uso agrícola es de 1,792.02 km^2 y la superficie con capacidad de acogida apta, obtenida por el modelo generado es de 1,002.56 km^2, esto representa menos del 50% del área que actualmente esta en uso agrícola, se puede concluir entonces que las superficie actual con uso agrícola, es mayor al del área potencial para dicho uso.

4. Si dividimos la superficie apta para el uso agrícola entre el numero de habitantes de la zona de estudio (197,275 hab. según el censo del 2005), la superficie que correspondería a cada poblador seria de aproximadamente 0.50 Ha. valor que esta muy por debajo del promedio para un agricultor en la sierra que es de 1.09 Ha. lo que genera que la agricultura en esta zona sea en su gran mayoría de autoconsumo.

5. Además de considerar criterios geográficos como la capacidad de uso mayor, el ecológico, el hídrico comúnmente incluidos en análisis de temas agrícolas es necesario que se incluya de manera multidisciplinaría, también, criterios socioeconómicos; que influyen en el desarrollo óptimo de cualquier actividad. Porque si bien podemos contar con terrenos óptimos agrologicamente hablando, el carecer de vías, no contar con acceso a crédito o tener una población con un bajo índice de desarrollo hace que esta potencialidad desminuya, a pesar de no ser tan influyentes

como los otros criterios. Los limitantes absolutos también tiene un papel importante en este tipo de evaluación ya que en muchos casos, nos pueden ahorrar el trabajo de analizar áreas en las que legalmente no se puede expandir o desarrollar una actividad; o lugares que ya se proyectan para otros usos. Usos que cuentan con mejor apoyo legal como es el caso de la minería sobre la agricultura.

6. Si bien se ha cumplido con el objetivo planteado es necesario decir que los resultados son aproximados por la escala de trabajo, y pueden ser mejorados con información más detallada.

7. Desde el punto de vista de los procedimientos aplicados para la determinación de áreas que presentan mejores condiciones para el desarrollo de la agricultura, es importante destacar que la metodología utilizada permite disminuir la subjetividad en las evaluación cualitativas de factores geográficos, socioeconómicos, transformando datos de una escala nominal, ordinal o de razón en una escala numérica, lo que permite una evaluación cuantitativa del factor en cuestión.

8. El método de las Jerarquías Analíticas es efectivo y práctico, y nos provee de un Índice de Consistencia, lo que permite tener una idea de que tan bien fundamentadas y lógicas son las valoraciones y ponderaciones.

9. El modelo creado es una herramienta para los planificadores y tomadores de decisión, ya que muestra la ubicación de las superficies idóneas para desarrollar la actividad agrícola, lo que mejorara el proceso de asignación de recursos financieros.

10. Es importante destacar que la metodología presentada puede ser llevada a otros escenarios, pudiendo incorporarse otros criterios que permitirán fortalecer más los resultados obtenidos.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Impulsar el desarrollo de la actividad agrícola solo en las zonas identificadas con capacidad para este uso. En las zonas que presentan limitaciones por agua se puede impulsar la construcción de canales y sistemas que desminuyan esta carencia. En zonas como estas que presentan diferentes climas y pisos ecológicos, se debe aprovechar la diversidad de productos agrícolas adaptables a estas zonas.

2. Impulsar actividades alternas y complementarias a la agricultura como la ganadería con pastos manejados, la forestal y la apicultura; todas estas actividades deben contar con asesoría técnica para que los pobladores puedan hacer un manejo adecuado de sus recursos y mejores sus resultados en la actividad que realicen. El turismo también representa una alternativa potencial en zonas andinas, y más en el callejón de Conchucos que presentan una belleza paisajística, por la presencia de los nevados y sus lagunas además de la calidez de la población. Pero lo mas importante será desarrollar o impulsar los mercados que recepciones los productos de los agricultores.

3. Un análisis previo a la asignación de recursos financieros para los programas de apoyo que pretenden impulsar alguna actividad (como por ejemplo Sierra Exportadora) en las zonas pobres, debe hacerse una evaluación de la capacidad de cada zona para desarrollar la actividad que se propone. Se debe contar con una herramienta técnica que apoye la elección de las zonas a priorizar.

4. Incorporar la metodología de las Técnicas EMC en evaluaciones, procesos de planificación territorial y manejo de recursos naturales. Es importante que quienes estén encargados de tomar decisiones territoriales conozcan y tomen conciencia de la integración de los SIG y las técnicas EMC como una base técnica de gran valor para estudios de planificación y gestión territorial.

5. El desarrollo de un SIG para el sector agropecuario resulta relevante ya que actúa como marco receptor y administrador de la información generada dentro del área de estudio. Estos sistemas permiten manejar bases de datos georeferenciadas que son actualizables en base a diferentes fuentes como las imágenes satelitales, censos y encuestas, información de levantamientos y muestreos de campo.

CAPÍTULO VIII. BIBLIOGRAFIA

Atlas Departamental de Ancash y Huanuco (2003). Atlas Departamental del Perú, Tomo 4. Editorial PEISA, Perú.

Barredo C. J. y Gómez D. M. (2005). Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Alfaomega grupo Editor, México.

Casanova, Manuel (2001). Cátedra: Control de erosión para la protección del suelo. Universidad de Chile.

ENAPROVE (2004). Resultados de la Construcción del Marco de Área – Departamento Ancash. Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas – Ministerio de Agricultura, Perú.

ESRI España. Tipos de Geodatabase. http://www.esri-es.com/index.asp?pagina=178

Fallas, Jorge (2004). Toma de decisiones y Sistemas de Información Geografica. Documento digital, Costa Rica.

FAO. Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
http://www.fao.org/farmingsystems/description_es.htm

INEI (2005). Censos Nacionales 2005: X de Población y V de Vivienda. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú.

Morales Arnao, Cesar (1997). En el Callejón – Carta enviada a la sección Nos Escriben de la revista Caretas el 07 de Junio de 1997.
http://www.caretas.com.pe/1470/cartas/cartas.htm

Nania, Leonardo S. (2003). La Cuenca y los Procesos Hidrológicos – Apuntes de Clase. Documento Digital, España.

Ocaña, Carmen y Galacho, Federico (2002). Un modelo de aplicación SIG y Evaluación Multicriterio, al análisis de la capacidad del territorio en relación a funciones turísticas. Documento digital, España.

ONERN (1976). Mapa Ecológico del Perú - Guía explicativa del mapa ecológico del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Perú.

PNUD (2003). Mapa de Potencialidades del Perú – Una primera aproximación a nivel provincial. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Perú.

PNUD (2005). Informe sobre Desarrollo Humano – Hagamos de la competitividad una oportunidad para todos. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Perú.

Rivera, Hugo (2001). Aplicación de la evaluación multicriterio para la asignación de funciones al territorio de la Reserva Nacional Valdivia. Documento digital, Chile.

Sánchez, Karla (2004). Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo de recurso hídrico en la cuenca del río Sarapiquí. Documento digital, Costa Rica.

UNFPA PERU (2005). Perú: Incidencia de pobreza extrema según dominio geográfico (1991, 1994, 2001, 2002). United Nations Population Fund.
http://www.unfpa.org.pe/infosd/pobreza/pobreza_02.htm

Valpreda, Edda C. (2005). Aptitud del medio para receptar proyectos agrícolas. Documento digital, Argentina.

Villacorta, Alberto E. (2002). Evaluación del Peligro de Desertificación en la parte Media y Alta de la cuenca del Roí Lurin aplicando Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota. Tesis de Grado para optar el Titulo Profesional de Geógrafo, Perú.

ANEXO Nº 1

DICCIONARIO DE DATOS

Diccionario de Datos - Geodatabase

Desarrollado para la Tesis

"APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y EVALUACION MULTICRITERIO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL CALLEJON DE CONCHUCOS PARA EL USO AGRICOLA"

Schema Creation		
	Creation Date	2007-05-14 12:11:26
	Creator	Jfernandez
Geodatabase		
	Workspace Type	Personal
	Flavor	Access
	Version	2.2.0

ObjectClasses

Name	Type	Geometry	Subtype
FDS_CRITERIOS			
F_ACATASTRADA	FeatureClass	Polygon	-
F_ACCESIBILIDAD	FeatureClass	Polygon	-
F_CUM	FeatureClass	Polygon	-
F_ECOLOGIA	FeatureClass	Polygon	-
F_IDH	FeatureClass	Polygon	-
F_PHIDRICO	FeatureClass	Polygon	-
F_VULNERABILIDAD	FeatureClass	Polygon	-
L_APROTEGIDA	FeatureClass	Polygon	-
L_CONMINERA	FeatureClass	Polygon	-
FDS_ENTIDADES			
ACATASTRADA	FeatureClass	Polygon	-
ACCESIBILIDAD	FeatureClass	Polygon	-
AESTUDIO	FeatureClass	Polygon	-
APROTEGIDA	FeatureClass	Polygon	-
CCPP	FeatureClass	Point	-
CONMINERA	FeatureClass	Polygon	-
CUENCA	FeatureClass	Polygon	-
CUM	FeatureClass	Polygon	-
DEPARTAMENTO	FeatureClass	Polygon	-
DISTRITO	FeatureClass	Polygon	-
ECOLOGIA	FeatureClass	Polygon	-
HIPSOGRAFIA	FeatureClass	Polyline	-
IDH	FeatureClass	Polygon	-
LAGUNA	FeatureClass	Polygon	-
MARCOAREA	FeatureClass	Polygon	-
PENDIENTE	FeatureClass	Polygon	-
PROVINCIA	FeatureClass	Polygon	-
QUEBRADA	FeatureClass	Polyline	-
RIO	FeatureClass	Polyline	-
VIA	FeatureClass	Polyline	-
FDS_MODELOS			
M_DPI	FeatureClass	Polygon	-
M_SLP	FeatureClass	Polygon	-
MA_DPI	FeatureClass	Polygon	-
MA_SLP	FeatureClass	Polygon	-
SM_DPI	FeatureClass	Polygon	-
SM_FACTOR	FeatureClass	Polygon	-
SM_LIMITANTE	FeatureClass	Polygon	-
SM_SLP	FeatureClass	Polygon	-
Stand Alone ObjectClass(s)			
CAT_CCPP	Table	-	-

ACATASTRADA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30

ACCESIBILIDAD

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30

AESTUDIO

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
SHAPE	SHAPE	Geometry	0	0

APROTEGIDA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
NOMBRE	Nombre del Area Protegida	String	0	30
LIMITANTE	0= Limitante 1 = No Limitante	Integer	0	4

CAT_CCPP

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
CATCCPP	Codigo de la categoria de CCPP	String	0	2
NOMCAT	Nombre de la categoria de CCPP	String	0	30

CCPP

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CODDPTO	Codigo de Departamento	String	0	2
CODPROV	Codigo de Provincia	String	0	2
CODDIST	Codigo de Distrito	String	0	2
NOMCP	Nombre del CCPP	String	0	40
CATCCPP	Codigo de la categoria de CCPP	String	0	2

CONMINERA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
NOMBRE	Nombre de la Concesión Minera	String	0	30
LIMITANTE	0= Limitante 1 = No Limitante	Integer	0	4

CUENCA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
ORDEN	1= Cuenca 0 = Intercuenca	Small Integer	0	2
PEND_MEDIA	Valor de la pendiente media	Double	0	8
CLASE	Identificador de la Clase	Small Integer	0	2
DEN_DRENAJE	Valor de la densidad de drenaje	Double	0	8
SUPERFICIE	Valor de la superficie de la clase	Double	0	8
COE_COMPACIDAD	Valor del coeficiente de compacidad	Double	0	8
PHIDRICO	Valor del Potencial Hidrico	Double	0	8
NOMBRE	Nombre de la Cuenca	String	0	30
CLASE_PHIDRICO	Identificador de la Clase	String	0	5

CUM

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	20
PROPOR	Valor de las proporciones de la clase	String	0	10
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	150

DEPARTAMENTO

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
SHAPE	SHAPE	Geometry	0	0
CODDPTO	Codigo del departamento	String	0	2
NOMDPTO	Nombre del departamento	String	0	40

DISTRITO

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CODDPTO	Codigo del departamento	String	0	2
CODPROV	Codigo de la provincia	String	0	2
CODDIST	Codigo del distrito	String	0	2
NOMDIST	Nombre del distrito	String	0	40

ECOLOGIA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
PP_MIN	Valor de la precipitacion minima	Small Integer	0	2
PP_MAX	Valor de la precipitacion maxima	Small Integer	0	2
TEM_MIN	Valor de la temperatura minima	Small Integer	0	2
TEM_MAX	Valor de la temperatura maxima	Small Integer	0	2
ALT_MIN	Valor de la altitud minima	Small Integer	0	2
ALT_MAX	Valor de la altitud maxima	Small Integer	0	2
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	10
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	50

F_ACATASTRADA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30
W_CAT	Peso del factor	Double	0	8
VAL_CAT	Valoracion de la clase	Double	0	8
NVAL_CAT	Valoracion Normalizada de la clase	Double	0	8

F_ACCESIBILIDAD

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30
W_ACC	Peso del factor	Double	0	8
VAL_ACC	Valoracion de la clase	Double	0	8
NVAL_ACC	Valoracion Normalizada de la clase	Double	0	8

F_CUM

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	20
W_CUM	Peso del factor	Double	0	8
VAL_CUM	Valoracion de la clase	Double	0	8
NVAL_CUM	Valoracion Normalizada de la clase	Double	0	8
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	150

F_ECOLOGIA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	10
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	50
W_ECO	Peso del factor	Double	0	8
VAL_ECO	Valoracion de la clase	Double	0	8
NVAL_ECO	Valoracion Normalizada de la clase	Double	0	8

F_IDH

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
W_IDH	Peso del factor	Double	0	8
VAL_IDH	Valoracion de la clase	Double	0	8
NVAL_IDH	Valoracion Normalizada de la clase	Double	0	8
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30

F_PHIDRICO

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30
W_PHI	Peso del factor	Double	0	8
VAL_PHI	Valoracion de la clase	Double	0	8
NVAL_PHI	Valoracion Normalizada de la clase	Double	0	8

F_VULNERABILIDAD

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30
W_VUL	Peso del factor	Double	0	8
VAL_VUL	Valoracion de la clase	Double	0	8
NVAL_VUL	Valoracion Normalizada de la clase	Double	0	8

HIPSOGRAFIA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
COTA	Valor de la cota	Integer	0	4
MOD	Valor de residuo	Double	0	8

IDH

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CLASE	Identificador de la Clase	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la Clase	String	0	30

L_APROTEGIDA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
NOMBRE	Nombre del Area Protegida	String	0	30
LIMITANTE	0= Limitante 1 = No Limitante	Integer	0	4

L_CONMINERA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
NOMBRE	Nombre de la Concesión Minera	String	0	30
LIMITANTE	0= Limitante 1 = No Limitante	Integer	0	4

LAGUNA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
NOMBRE	Nombre de la laguna	String	0	40

M_DPI

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
W_CAT	Peso del factor Area Catastrada	Double	0	8
NVAL_CAT	Valores Normalizados del factor Area Catastrada	Double	0	8
W_ACC	Peso del factor Accesibilidad	Double	0	8
NVAL_ACC	Valores Normalizados del factor Accesibilidad	Double	0	8
W_ECO	Peso del factor Ecologia	Double	0	8
NVAL_ECO	Valores Normalizados del factor Ecologia	Double	0	8
W_PHI	Peso del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
NVAL_PHI	Valores Normalizados del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
W_VUL	Peso del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
NVAL_VUL	Valores Normalizados del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
W_CUM	Peso del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
NVAL_CUM	Valores Normalizados del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
W_IDH	Peso del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
NVAL_IDH	Valores Normalizados del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
DPI	Valores del modelo Distancia al Punto Ideal	Double	0	8

M_SLP

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
W_CAT	Peso del factor Area Catastrada	Double	0	8
NVAL_CAT	Valores Normalizados del factor Area Catastrada	Double	0	8
W_ACC	Peso del factor Accesibilidad	Double	0	8
NVAL_ACC	Valores Normalizados del factor Accesibilidad	Double	0	8

W_ECO	Peso del factor Ecologia	Double	0	8
NVAL_ECO	Valores Normalizados del factor Ecologia	Double	0	8
W_PHI	Peso del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
NVAL_PHI	Valores Normalizados del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
W_VUL	Peso del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
NVAL_VUL	Valores Normalizados del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
W_CUM	Peso del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
NVAL_CUM	Valores Normalizados del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
W_IDH	Peso del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
NVAL_IDH	Valores Normalizados del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
SLP	Valores del modelo Sumatoria Lineal Ponderada	Double	0	8

MA_DPI

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
DPI	Valores del modelo Distancia al Punto Ideal	Double	0	8
RANGO	Valores de rango	String	0	1
ESTRATO	Identificador del estrato	String	0	2
PORC	Valor del porcentaje del estrato	Small Integer	0	2
AREA	Valor de la superficie de las clases	Double	0	8

MA_SLP

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
SLP	Valores del modelo Sumatoria Lineal Ponderada	Double	0	8
RANGO	Valores de rango	String	0	1
ESTRATO	Identificador del estrato	String	0	2
PORC	Valor del porcentaje del estrato	Small Integer	0	2
AREA	Valor de la superficie de las clases	Double	0	8

MARCOAREA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
ESTRATO	Identificador del estrato	String	0	2
PORCEN	Valor del porcentaje del estrato	Integer	0	4

PENDIENTE

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
GRIDCODE	Identificador de la pendiente	Double	0	8

PROVINCIA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
CODDPTO	Codigo del departamento	String	0	2
CODPROV	Codigo de la provincia	String	0	2
NOMPROV	Nombre de la provincia	String	0	40

QUEBRADA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
TIPO	Identificador del tipo de quebrada	String	0	5
NOMBRE	Nombre de la quebrada	String	0	40

RIO

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
NOMBRE	Nombre del rio	String	0	40

SM_DPI

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
W_CAT	Peso del factor Area Catastrada	Double	0	8
NVAL_CAT	Valores Normalizados del factor Area Catastrada	Double	0	8
W_ACC	Peso del factor Accesibilidad	Double	0	8

NVAL_ACC	Valores Normalizados del factor Accesibilidad	Double	0	8
W_ECO	Peso del factor Ecologia	Double	0	8
NVAL_ECO	Valores Normalizados del factor Ecologia	Double	0	8
W_PHI	Peso del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
NVAL_PHI	Valores Normalizados del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
W_VUL	Peso del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
NVAL_VUL	Valores Normalizados del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
W_CUM	Peso del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
NVAL_CUM	Valores Normalizados del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
W_IDH	Peso del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
NVAL_IDH	Valores Normalizados del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
DPI	Valores del modelo Distancia al Punto Ideal	Double	0	8

SM_FACTOR

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
W_CAT	Peso del factor Area Catastrada	Double	0	8
NVAL_CAT	Valores Normalizados del factor Area Catastrada	Double	0	8
W_ACC	Peso del factor Accesibilidad	Double	0	8
NVAL_ACC	Valores Normalizados del factor Accesibilidad	Double	0	8
W_ECO	Peso del factor Ecologia	Double	0	8
NVAL_ECO	Valores Normalizados del factor Ecologia	Double	0	8
W_PHI	Peso del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
NVAL_PHI	Valores Normalizados del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
W_VUL	Peso del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
NVAL_VUL	Valores Normalizados del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
W_CUM	Peso del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
NVAL_CUM	Valores Normalizados del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
W_IDH	Peso del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
NVAL_IDH	Valores Normalizados del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8

SM_LIMITANTE

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
NOMBRE	Nombre del Limitante Absoluto	String	0	30
LIMITANTE	0= Limitante 1 = No Limitante	Integer	0	4

SM_SLP

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
W_CAT	Peso del factor Area Catastrada	Double	0	8
NVAL_CAT	Valores Normalizados del factor Area Catastrada	Double	0	8
W_ACC	Peso del factor Accesibilidad	Double	0	8
NVAL_ACC	Valores Normalizados del factor Accesibilidad	Double	0	8
W_ECO	Peso del factor Ecologia	Double	0	8
NVAL_ECO	Valores Normalizados del factor Ecologia	Double	0	8
W_PHI	Peso del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
NVAL_PHI	Valores Normalizados del factor Potencial Hidrico	Double	0	8
W_VUL	Peso del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
NVAL_VUL	Valores Normalizados del factor Vulnerabilidad	Double	0	8
W_CUM	Peso del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
NVAL_CUM	Valores Normalizados del factor Capacidad de Uso Mayor	Double	0	8
W_IDH	Peso del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
NVAL_IDH	Valores Normalizados del factor Indice de Desarrollo Humano	Double	0	8
SLP	Valores del modelo Sumatoria Lineal Ponderada	Double	0	8

VIA

Field Name	Descripción	Type	Scale	Length
OBJECTID	OBJECTID	OID	0	4
Shape	Shape	Geometry	0	0
ESTADO	Identificador del estado de la via	String	0	2

Relationships

Name	Origin	Destination	Attributed	Composite
RSC_CCPP	CCPP	CAT_CCPP	No	No

ANEXO Nº 2

MATRICES DEL METODO DE JERARQUIAS ANALITICAS (MJA)

Matriz para establecer los Pesos de los Criterios para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del Metodo de Jerarquias Analiticas (MJA)

Factores	Simb
Capacidad de Uso Mayor	CUM
Ecologia	ECO
Potencial Hidrico	PHI
Vulnerabilidad	VUL
Accesibilidad	ACC
Area Catastrada	CAT
Indice de Desarrollo Humano	IDH

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extrema	Fuerte	Moderada		Igual	Moderada		Fuerte	Extrema

Matriz de Factores

	CUM	ECO	PHI	VUL	ACC	CAT	IDH
CUM	1.00	0.50	0.50	4.00	2.00	5.00	3.00
ECO	2.00	1.00	1.00	4.00	2.00	5.00	3.00
PHI	2.00	1.00	1.00	5.00	3.00	5.00	4.00
VUL	0.25	0.25	0.20	1.00	0.50	4.00	2.00
ACC	0.50	0.50	0.33	2.00	1.00	4.00	2.00
CAT	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	1.00	0.33
IDH	0.33	0.33	0.25	0.50	0.50	3.00	1.00
Suma Pesos	**6.28**	**3.78**	**3.48**	**16.75**	**9.25**	**27.00**	**15.33**

Matriz de: 7

Matriz M = Matriz de Factores (7X7) por Evp Normal (7X1)

Cociente M = Matriz / EvP Normal

	CUM	ECO	PHI	VUL	ACC	CAT	IDH	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
CUM	0.16	0.13	0.14	0.24	0.22	0.19	0.20	1.27	0.16	1.20	7.52
ECO	0.32	0.26	0.29	0.24	0.22	0.19	0.20	1.71	0.21	1.58	7.41
PHI	0.32	0.26	0.29	0.30	0.32	0.19	0.26	1.94	0.24	1.81	7.47
VUL	0.04	0.07	0.06	0.06	0.05	0.15	0.13	0.56	0.07	0.50	7.20
ACC	0.08	0.13	0.09	0.12	0.11	0.15	0.13	0.81	0.10	0.74	7.32
CAT	0.03	0.05	0.06	0.01	0.03	0.04	0.02	0.24	0.03	0.21	7.06
IDH	0.05	0.09	0.07	0.03	0.05	0.11	0.07	0.47	0.06	0.42	7.07

Indice de Concistencia (Ci) 0.0490

Indice Aleatorio (ri) 1.35

EigenVector Maximo **7.29**

Razon de Concistencia (Cr) **0.036**

Matriz para establecer la Valoracion de las Clases del criterio Capacidad de Uso Mayor de la Tierra para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del MJA

Clases	Simb
Pastoreo, C. A. Media/Protección	P2sc-Xs
Pastoreo, C. A. Baja/Protección	P3sec-Xse (-1)
Protección/C. Permanentes/C. Limpio	Xse-C3se(r)-A3se(r)
Protección/Forestales/Pastoreo	Xse-F3se-P3se (-1)
Protección/Pastoreo/C. Limpio	Xse-P3se-A3se(r)
Protección/Pastoreo/C. Permanentes	Xse-P3se-C3se
Protección/Pastoreo	Xse-P3sec (-1)
Protección/Pastoreo/C. Limpio	Xse-P3sec-A3sec
Protección – Formación de Nivales	Xse (-1)
Nevados	Nev (-1)
Lagunas	Lag (-1)
Poblados	Pob (-1)

Matriz de Clases

	P2sc-Xs	Xse-C3se(r)-A3se(r)	Xse-P3se-A3se(r,)	Xse-P3se-C3se	Xse-P3sec-A3sec
P2sc-Xs	1.00	0.17	0.25	0.50	0.25
Xse-C3se(r)-A3se(r)	6.00	1.00	3.00	4.00	3.00
Xse-P3se-A3se(r,)	4.00	0.33	1.00	2.00	1.00
Xse-P3se-C3se	2.00	0.25	0.50	1.00	0.33
Xse-P3sec-A3sec	4.00	0.33	1.00	3.00	1.00
Suma Valores	**17.00**	**2.08**	**5.75**	**10.50**	**5.58**

Matriz de: 5

	P2sc-Xs	Xse-C3se(r)-A3se(r)	Xse-P3se-A3se(r,)	Xse-P3se-C3se	Xse-P3sec-A3sec	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
P2sc-Xs	0.06	0.08	0.04	0.05	0.04	0.27	0.05	0.28	5.10
Xse-C3se(r)-A3se(r)	0.35	0.48	0.52	0.38	0.54	2.27	0.45	2.56	5.63
Xse-P3se-A3se(r,)	0.24	0.16	0.17	0.19	0.18	0.94	0.19	0.95	5.06
Xse-P3se-C3se	0.12	0.12	0.09	0.10	0.06	0.48	0.10	0.48	5.00
Xse-P3sec-A3sec	0.24	0.16	0.17	0.29	0.18	1.03	0.21	1.05	5.08

Indice de Concistencia (Ci) 0.043

Indice Aleatorio (ri) 1.11

EigenVector Maximo **5.17**

Razon de Concistencia (Cr) **0.0392**

Matriz para establecer la Valoracion de las Clases del criterio Ecologico para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del MJA

Clases	Simb
monte espinoso Premontano Tropical	mte-PT
estepa espinosa Montano Bajo Tropical	ee-MBT
bosque seco Montano Bajo Tropical	bs-MBT
estepa Montano Tropical	e-MT
bosque humedo Montano Tropical	bh-MT
bosque muy humedo Montano Tropical	bmh-MT (-1)
paramo muy humedo Subalpino Tropical	pmh-SaT (-1)
tundra pluvial Alpino Tropical	tp-AT (-1)
Nival Tropical	NT (-1)

Matriz de Clases

	mte-PT	ee-MBT	bs-MBT	e-MT	bh-MT
mte-PT	1.00	3.00	2.00	0.50	0.33
ee-MBT	0.33	1.00	0.33	0.25	0.20
bs-MBT	0.50	3.00	1.00	0.50	0.33
e-MT	2.00	4.00	2.00	1.00	0.50
bh-MT	3.00	5.00	3.00	2.00	1.00
Suma Valores	**6.83**	**16.00**	**8.33**	**4.25**	**2.37**

Matriz de: **5**

	mte-PT	ee-MBT	bs-MBT	e-MT	bh-MT	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
mte-PT	0.15	0.19	0.24	0.12	0.14	0.83	0.17	0.87	5.21
ee-MBT	0.05	0.06	0.04	0.06	0.08	0.29	0.06	0.30	5.12
bs-MBT	0.07	0.19	0.12	0.12	0.14	0.64	0.13	0.65	5.10
e-MT	0.29	0.25	0.24	0.24	0.21	1.23	0.25	1.29	5.25
bh-MT	0.44	0.31	0.36	0.47	0.42	2.00	0.40	2.10	5.24

Indice de Concistencia (Ci) 0.046 **Indice Aleatorio (ri)** 1.11 **EigenVector Maximo** **5.18**

Razon de Concistencia (Cr) **0.0410**

Matriz para establecer la Valoracion de las Clases del criterio Potencial Hidrico para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del MJA

Clases	Simb
Alto Potencial Hidrico	APH
Moderado Potencial Hidrico	MPH
Bajo Potencial Hidrico	BPH

Matriz de Clases

	APH	MPH	BPH
APH	1.00	2.00	5.00
MPH	0.50	1.00	4.00
BPH	0.20	0.25	1.00
Suma Valores	**1.70**	**3.25**	**10.00**

Matriz de: **3**

	APH	MPH	BPH	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
APH	0.59	0.62	0.50	1.70	0.57	1.73	3.04
MPH	0.29	0.31	0.40	1.00	0.33	1.02	3.09
BPH	0.12	0.08	0.10	0.29	0.10	0.30	3.00

Indice de Concistencia (Ci) 0.020 Indice Aleatorio (ri) 0.52 EigenVector Maximo **3.04**

Razon de Concistencia (Cr) **0.0385**

Matriz para establecer la Valoracion de las Clases del criterio Accesibilidad para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del MJA

Clases	Simb
Alta accesibilidad	AA
Moderada accesibilidad	MA
Baja accesibilidad	BA

Matriz de Clases

	AA	MA	BA
AA	1.00	2.00	4.00
MA	0.50	1.00	3.00
BA	0.25	0.33	1.00
Suma Valores	**1.75**	**3.33**	**8.00**

Matriz de: **3**

	AA	MA	BA	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
AA	0.57	0.60	0.50	1.67	0.56	1.68	3.01
MA	0.29	0.30	0.38	0.96	0.32	0.96	3.00
BA	0.14	0.10	0.13	0.37	0.12	0.37	3.02

Indice de Concistencia (Ci) 0.005 **Indice Aleatorio (ri)** 0.52 **EigenVector Maximo** **3.01**

Razon de Concistencia (Cr) **0.0096**

Matriz para establecer la Valoracion de las Clases del criterioVulnerabilidad para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del MJA

Clases	Simb
Vulnerabilidad Alta	VUA
Vulnerabilidad Moderada	VUM
Nevado	NEV

Matriz de Clases

	VUA	VUM	NEV
VUA	1.00	0.25	0.50
VUM	4.00	1.00	2.00
NEV	2.00	0.50	1.00
Suma Valores	**7.00**	**1.75**	**3.50**

Matriz de: 3

	VUA	VUM	NEV	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
VUA	0.14	0.14	0.14	0.43	0.14	0.43	3.01
VUM	0.57	0.57	0.57	1.71	0.57	1.71	2.99
NEV	0.29	0.29	0.29	0.86	0.29	0.86	3.01

Indice de Concistencia (Ci) 0.002 **Indice Aleatorio (ri)** 0.52 **EigenVector Maximo** **3.00**

Razon de Concistencia (Cr) **0.0032**

Matriz para establecer la Valoracion de las Clases del criterio Indice de Desarrollo Humano para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del MJA

Clases	Simb
IDH Medio Alto	IDH MA
IDH Medio	IDH M
IDH Medio Bajo	IDH MB
IDH Bajo	IDH B

Matriz de Clases

	IDH MA	IDH M	IDH MB	IDH B
IDH MA	1.00	2.00	4.00	5.00
IDH M	0.50	1.00	3.00	4.00
IDH MB	0.25	0.33	1.00	3.00
IDH B	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma Valores	**1.95**	**3.58**	**8.33**	**13.00**

Matriz de: **4**

	IDH MA	IDH M	IDH MB	IDH B	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
IDH MA	0.51	0.56	0.48	0.38	1.94	0.48	1.99	4.11
IDH M	0.26	0.28	0.36	0.31	1.20	0.30	1.24	4.12
IDH MB	0.13	0.09	0.12	0.23	0.57	0.14	0.57	3.99
IDH B	0.10	0.07	0.04	0.08	0.29	0.07	0.29	4.01

Indice de Concistencia (Ci) 0.019 **Indice Aleatorio (ri)** 0.89 **EigenVector Maximo** **4.06**

Razon de Concistencia (Cr) **0.0217**

Matriz para establecer la Valoracion de las Clases del criterio Area Catastrada para la evaluacion de factores sobre la actividad agricola a traves del MJA

Clases	Simb
Tierras Catastradas	TC
Tierras No Catastradas	TNC

Matriz de Clases

	TC	TNC
TC	1.00	2.00
TNC	0.50	1.00
Suma Valores	**1.50**	**3.00**

Matriz de: 2

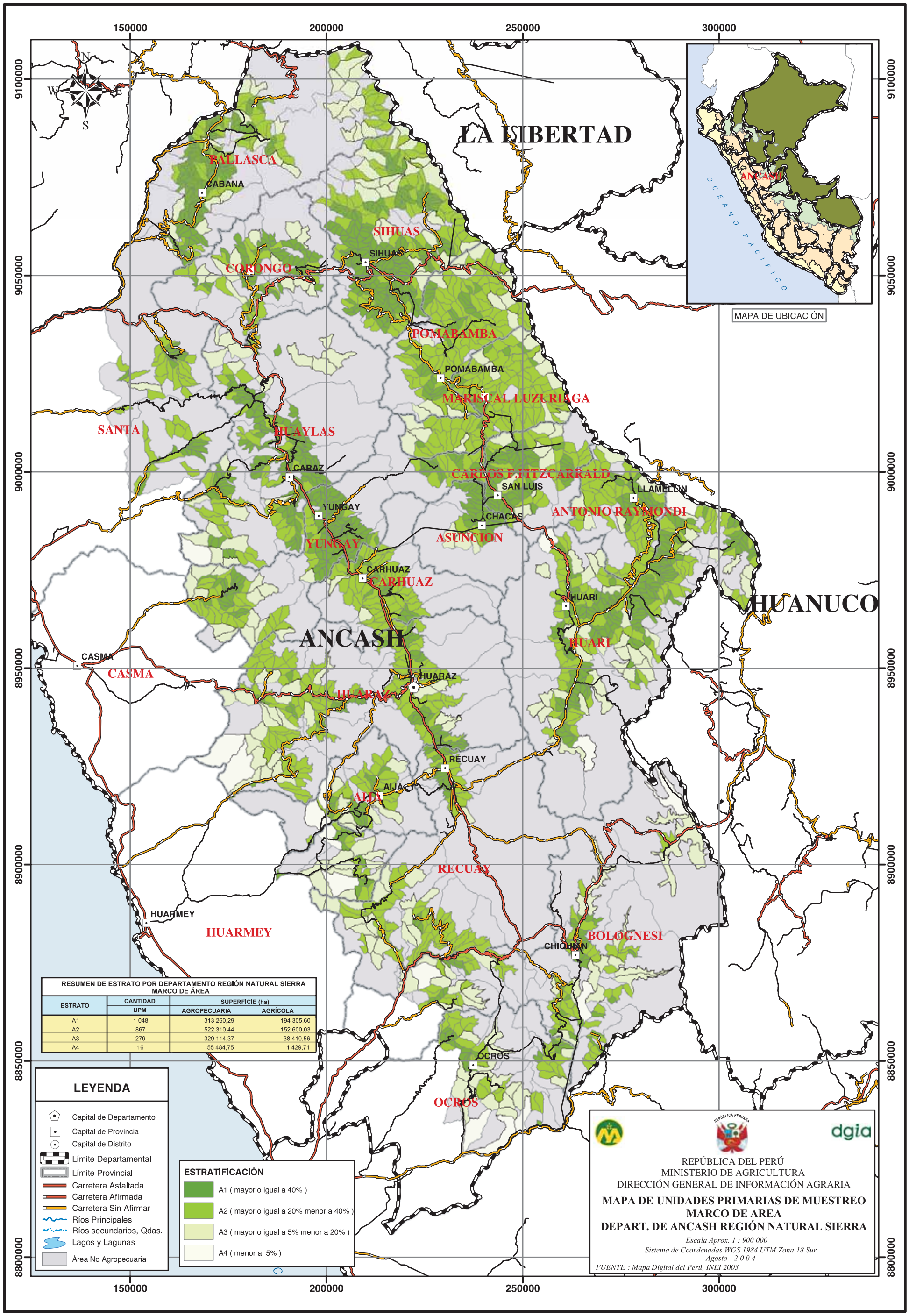
	TC	TNC	Eigenvector Principal (EvP)	EvP Normal	Matriz M	Razon M
TC	0.67	0.67	1.33	0.67	1.33	2.00
TNC	0.33	0.33	0.67	0.33	0.67	2.00

Indice de Concistencia (Ci) 0.000 **Indice Aleatorio (ri)** 0 **EigenVector Maximo** **2.00**

Razon de Concistencia (Cr) **0.0000**

ANEXO Nº 3

MAPA DE MARCO DE AREA



RESUMEN DE ESTRATO POR DEPARTAMENTO REGIÓN NATURAL SIERRA
MARCO DE ÁREA

ESTRATO	CANTIDAD UPM	SUPERFICIE (ha) AGROPECUARIA	SUPERFICIE (ha) AGRÍCOLA
A1	1 048	313 260,29	194 305,60
A2	867	522 310,44	152 600,03
A3	279	329 114,37	38 410,56
A4	16	55 484,75	1 429,71

LEYENDA

- Capital de Departamento
- Capital de Provincia
- Capital de Distrito
- Límite Departamental
- Límite Provincial
- Carretera Asfaltada
- Carretera Afirmada
- Carretera Sin Afirmar
- Ríos Principales
- Ríos secundarios, Qdas.
- Lagos y Lagunas
- Área No Agropecuaria

ESTRATIFICACIÓN

- A1 (mayor o igual a 40%)
- A2 (mayor o igual a 20% menor a 40%)
- A3 (mayor o igual a 5% menor a 20%)
- A4 (menor a 5%)

REPÚBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE INFORMACIÓN AGRARIA

MAPA DE UNIDADES PRIMARIAS DE MUESTREO
MARCO DE AREA
DEPART. DE ANCASH REGIÓN NATURAL SIERRA

Escala Aprox. 1 : 900 000
Sistema de Coordenadas WGS 1984 UTM Zona 18 Sur
Agosto - 2 0 0 4
FUENTE : Mapa Digital del Perú, INEI 2003

Mapa 11 : ANCASH. Total U.P.M. del Marco de Área