

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**



**“MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA LA
CARACTERIZACIÓN FÍSICA, SOCIOECONÓMICA Y
ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA PUYANGO ECUADOR”**

Presentada por:

AMPARITO DEL ROCÍO LIMA RAMÍREZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Lima- Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**

**“MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA LA
CARACTERIZACIÓN FÍSICA, SOCIOECONÓMICA Y
ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA PUYANGO ECUADOR”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

AMPARITO DEL ROCÍO LIMA RAMÍREZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Abel Mejía Marcacuzco

PRESIDENTE

Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo

PATROCINADOR

Mg. Sc. Juan Torres Guevara

MIEMBRO

Dr. Absalón Vásquez Villanueva

MIEMBRO

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico a Dios, quien me dio fe y fortaleza para salir siempre adelante, pese a las dificultades, por colocarme en el mejor camino, iluminando cada paso de mi vida y por darme salud, esperanza y fortaleza para culminar esta aventura que empezó en el 2016 al llegar a Perú. A mi madre Martha por su cariño, apoyo, comprensión, fuerza y amor incondicional, por ser el pilar fundamental en la familia. A mis hermanos, sobrinos y amigos por su apoyo, que a pesar de la distancia siempre estuvieron pendiente de mi desarrollo.

Amparito Lima Ramírez.

AGRADECIMIENTO

A mi patrocinador de tesis Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo, mi más profundo agradecimiento por su paciencia, dedicación, esfuerzo, por su valiosa dirección, orientación y por su tiempo dedicado para culminar este trabajo de investigación.

A los miembros del Comité Consejero por sus comentarios y acertadas observaciones, por el tiempo dedicado para la revisión de la presente investigación.

A los docentes de la maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Al personal administrativo de la maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en especial a Violeta Córdova por su apoyo y ayuda brindada.

Mi profundo agradecimiento al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo del Perú, (PRONABEC) a través de la beca de la amistad entre Ecuador y Perú, me permitió seguir preparando y lograr una meta más.

A mi familia por el apoyo y cariño incondicional que desde la distancia siempre estuvieron presentes.

A mis amigos que de una u otra manera contribuyeron a la realización de esta investigación en especial a: Diana Jumbo, Robert Aguedo, Richard Harry, Carlos Tomas y Lenin Castillo, por su respaldo y amistad, por aguantarme y entenderme en mis malos momentos.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo principal	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Ecuador 3	
2.1.2. Perú 4	
2.1.3. Otros países.....	5
2.2. Cuenca Hidrográfica	5
2.2.1. Cuenca binacional Perú-Ecuador.....	6
2.2.2. Características de cuenca hidrográfica	6
2.3. Sistema de información geográfica (SIG).....	9
2.4. Bases de datos geoespacial.....	10
2.5. Teledetección	10
2.6. Modelamiento geoespacial.....	11
2.6.1. Tipos de modelos geoespaciales	11
2.7. Conservación de suelos en el manejo de cuencas	13
2.7.1. Prácticas conservacionistas.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Descripción del área de estudio	15
3.1.1. Ubicación.....	15
3.1.2. División política administrativa de la unidad hidrográfica.....	17
3.1.3. Caracterización de la unidad hidrográfica Puyango	18
3.2. Materiales y equipos	19
3.3. Metodología	20
3.3.1. Fase pre-campo.....	20
3.3.2. Fase de campo.....	20
3.3.3. Fase de gabinete.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. Base de datos geoespacial construida	67
4.2. Información temática generada	70

4.2.1.	Variable temática de pendientes	70
4.2.2.	Variable temática de suelos	70
4.2.3.	Variable temática de precipitación	70
4.2.4.	Variable temática de geología	74
4.2.5.	Variable temática de geomorfología.....	74
4.2.6.	Variable temática de ecosistemas	74
4.2.7.	Variable temática de cobertura vegetal y uso de la tierra.....	78
4.2.8.	Variable temática de capacidad de uso mayor de la tierra.....	78
4.2.9.	Variable temática de concesiones mineras	78
4.2.10.	Variable temática de pobreza (NBI).....	82
4.2.11.	Variable temática de centros educativos.....	82
4.2.12.	Variable temática centros de salud	82
4.2.13.	Variable temática población económicamente activa (PEA).	86
4.2.14.	Variable temática de servicios básicos	86
4.2.15.	Variable temática densidad poblacional	89
4.2.16.	Variable temática tasa de analfabetismo.....	89
4.2.17.	Variable temática centros poblados	89
4.2.18.	Variable temática red vial	89
4.3.	Submodelos geoespaciales	94
4.3.1.	Submodelo valor bioecológico	94
4.3.2.	Submodelo de vulnerabilidad	96
4.3.3.	Submodelo aptitud productiva de recursos naturales renovables	98
4.3.4.	Submodelo aptitud productiva de recursos naturales no renovables	100
4.3.5.	Submodelo aptitud productiva turística	102
4.3.6.	Submodelo conflicto de uso del suelo	104
4.3.7.	Submodelo conflicto ambiental	106
4.3.8.	Submodelo valor histórico cultural.....	108
4.3.9.	Submodelo urbano industrial.....	110
4.3.10.	Submodelo socioeconómico	112
4.4.	Caracterización física y socioeconómica de la unidad hidrográfica Puyango	114
4.5.	Alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.....	117
4.5.1.	Microcuencas seleccionadas	117
4.5.2.	Alternativas de conservación y aprovechamiento	122

V. CONCLUSIONES.....	125
VI. RECOMENDACIONES.....	127
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
VIII. ANEXOS	135

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: División Política Administrativa.....	17
Cuadro 2: Descripción de los submodelos	22
Cuadro 3: Escala de valoración de la variable geología.....	25
Cuadro 4: Escala de valoración de la variable geomorfología	26
Cuadro 5: Escala de valoración de la variable cobertura vegetal y uso de la tierra	27
Cuadro 5: Escala de valoración de la variable suelos.....	28
Cuadro 7: Escala de valoración de la variable suelos.....	29
Cuadro 7: Escala de valoración de la variable precipitación.....	30
Cuadro 9: Escala de valoración de la variable geomorfología	32
Cuadro 10: Escala de valoración de la variable cuerpos de agua.....	33
Cuadro 11: Escala de valoración de la variable ecosistemas.....	33
Cuadro 12: Escala de valoración de la variable hidrografía	34
Cuadro 13: Escala de valoración de la variable cobertura vegetal y uso de la tierra	34
Cuadro 14. Escala de valoración de la variable capacidad de uso mayor de la tierra	36
Cuadro 15: Escala de valoración de la variable geomorfología	37
Cuadro 16. Escala de valoración de la variable cuerpos de agua	37
Cuadro 17: Escala de valoración de la variable hidrografía.....	38
Cuadro 18: Escala de valoración de la variable suelos.....	38
Cuadro 19: Escala de valoración de la variable geología.....	41
Cuadro 20: Escala de valoración de la variable concesiones mineras.....	42
Cuadro 21: Escala de valoración de la variable restos arqueológicos.....	44
Cuadro 22. Escala de valoración de la variable reserva de biosfera.....	44
Cuadro 23: Escala de valoración de la variable área de bosque y vegetación protectora. ..	45
Cuadro 24: Escala de valoración de la variable cobertura vegetal y uso de la tierra	46
Cuadro 25: Escala de valoración de la variable capacidad de uso mayor de la tierra	46
Cuadro 26: Escala de valoración para la variable Fuentes contaminantes	48
Cuadro 27: Escala de valoración para la variable densidad poblacional.....	49
Cuadro 28: Escala de valoración para la variable vulnerabilidad	50
Cuadro 29: Escala de valoración para la variable concesiones minería.....	51
Cuadro 30: Escala de valoración para la variable nacionalidades indígenas	52
Cuadro 31: Escala de valoración para la variable ciudad patrimonio	53

Cuadro 32: Escala de valoración para la variable restos arqueológicos.....	53
Cuadro 33: Escala de valoración para la variable área de bosque y vegetación protectora	54
Cuadro 34: Escala de valoración para la variable vulnerabilidad	55
Cuadro 34: Escala de valoración para la variable valor bioecológico.....	56
Cuadro 37: Escala de valoración para la variable cobertura vegetal y uso de la tierra	56
Cuadro 37: Escala de valoración para la variable potencial hidroenergético.....	57
Cuadro 38: Escala de valoración para la variable centros poblados	57
Cuadro 39: Escala de valoración de las variables socioeconómicas utilizadas.....	59
Cuadro 40: Procedimientos establecidos para definir la selección y atributos en la base de datos.....	63
Cuadro 41: Criterios de selección de las microcuencas	66
Cuadro 42: Microcuencas seleccionadas	117
Cuadro 43: Alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales ..	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio, unidad hidrográfica Puyango.	16
Figura 2: Esquema metodológico de la investigación.	20
Figura 3: Procedimiento para la delimitación de la unidad hidrográfica.	21
Figura 4: Identificación de variables temáticas (modelo conceptual)	23
Figura 5: Modelo geoespacial de vulnerabilidad.	31
Figura 6. Modelo geoespacial de bioecológico.	35
Figura 7: Modelo geoespacial de aptitud productiva de recursos naturales renovables.....	40
Figura 8: Modelo geoespacial de aptitud productiva de recursos naturales no renovables. 43	
Figura 9: Modelo geoespacial de aptitud productiva turística.....	45
Figura 10. Modelo geoespacial de conflicto de uso	47
Figura 11: Modelo geoespacial de conflicto ambiental.....	51
Figura 12: Modelo geoespacial de conflicto ambiental.....	54
Figura 13: Modelo geoespacial urbano industrial	57
Figura 14: Modelo geoespacial socioeconómico	61
Figura 15: Esquema metodológico del estudio y ponderacion de variables.....	62
Figura 16a: Integración de submodelos	
Continua	64
Figura 17: Geodatabase de información física y socioeconómica de la unidad hidrográfica (modelo lógico)	68
Figura 18: Geodatabase de información física y socioeconómica de la unidad hidrográfica (modelo físico).....	69
Figura 19: Mapa de pendientes de la unidad hidrográfica Puyango.....	71
Figura 20: Mapa de taxonomía suelos de la unidad hidrográfica Puyango.....	72
Figura 21: Mapa de precipitación de la unidad hidrográfica Puyango.....	73
Figura 22: Mapa de geología de la unidad hidrográfica Puyango.....	75
Figura 23: Mapa de geomorfología de la unidad hidrográfica Puyango	76
Figura 24: Mapa de ecosistemas de la unidad hidrográfica Puyango.....	77
Figura 25: Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de la unidad hidrográfica Puyango.	79
Figura 26: Mapa de capacidad de uso de la tierra de la unidad hidrográfica Puyango.	80
Figura 27: Mapa de concesiones mineras de la unidad hidrográfica Puyango.....	81
Figura 28: Mapa Pobreza de la unidad hidrográfica Puyango.....	83

Figura 29: Mapa centros educativos de la unidad hidrográfica Puyango.....	84
Figura 30: Mapa establecimientos de salud de la unidad hidrográfica Puyango.	85
Figura 31: Mapa población económicamente activa de la unidad hidrográfica Puyango ...	87
Figura 32: Mapa servicios básicos de la unidad hidrográfica Puyango.	88
Figura 33: Mapa densidad poblacional de la unidad hidrográfica Puyango.....	90
Figura 34: Mapa tasa de analfabetismo de la unidad hidrográfica Puyango	91
Figura 35: Mapa centros poblados de la unidad hidrográfica Puyango	92
Figura 36: Mapa red vial de la unidad hidrográfica Puyango.	93
Figura 37: Mapa valor Bioecológico de la unidad hidrográfica Puyango.....	95
Figura 38: Mapa vulnerabilidad de la unidad hidrográfica Puyango	97
Figura 39: Mapa aptitud productiva de los recursos naturales renovables de la unidad hidrográfica Puyango.....	99
Figura 40: Mapa aptitud productiva de los recursos naturales no renovables de la unidad hidrográfica Puyango.....	101
Figura 41: Mapa aptitud productiva turística de la unidad hidrográfica Puyango.	103
Figura 42: Mapa conflicto de uso del suelo de la unidad hidrográfica Puyango.....	105
Figura 43: Mapa conflicto ambiental de la unidad hidrográfica Puyango	107
Figura 44: Mapa valor histórico cultural de la unidad hidrográfica Puyango.	109
Figura 45: Mapa urbano industrial de la unidad hidrográfica Puyango	111
Figura 46: Mapa socioeconómico de la unidad hidrográfica Puyango	113
Figura 47: Mapa modelo global de la unidad hidrográfica Puyango	116
Figura 48: Mapa microcuencas seleccionadas componente control y administración de la contaminación de la unidad hidrográfica Puyango.....	118
Figura 49: Mapa microcuencas seleccionadas componente manejo y gestión de los recursos naturales de la unidad hidrográfica Puyango.....	119
Figura 50: Mapa microcuencas seleccionadas componente control de procesos geodinámicos de la unidad hidrográfica Puyango	120
Figura 51: Mapa microcuencas seleccionadas componente desarrollo de la capacidad institucional de la unidad hidrográfica Puyango.	121

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la unidad hidrográfica Puyango, ubicada en las provincias de Loja y El Oro, región Sur del Ecuador, en un área de 367,164 ha, con el propósito de caracterizar física y socioeconómica esta unidad hidrográfica, mediante el modelamiento geoespacial utilizando los sistemas de información geográfica y formular alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. La metodología seguida se realizó en varias etapas: La primera fase de pre-campo se recopiló información de la zona de estudio de las diferentes instituciones involucradas en el manejo. En la segunda fase de campo se identificaron las variables que interactúan en la zona de estudio, además de la validación y completación de la información obtenida en las diferentes instituciones, se realizó entrevistas y reuniones con las diferentes autoridades involucradas en el manejo de la información en la zona de estudio. Así mismo el trabajo de campo sirvió para la validación de los submodelos físicos y socioeconómicos. En la fase de gabinete se construyó la base de datos geoespacial con las variables físicas y socioeconómicas, se generaron 18 mapas temáticos de las variables en análisis; posteriormente se generaron los submodelos: vulnerabilidad, valor bioecológico, valor histórico cultural, urbano industrial, socioeconómico, aptitud productiva (renovables, no renovables y turística), conflicto ambiental, conflicto de uso, modelo global y finalmente, la formulación de alternativas de intervención en la unidad hidrográfica. Los submodelos se integraron para generar el modelo global que permitió determinar las potenciales y limitaciones de la unidad hidrográfica identificando 4 macrozonas: Protección y conservación (15.52 %), recuperación (9.43 %), urbano industrial (18.16 %) y producción (56.90 %), en esta última se identificaron zonas producción agrícola, pecuaria, manejo y producción forestal, minera y turística. Para cada zona se plantearon alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, enfocados en cuatro ejes: Manejo y gestión de los recursos naturales, control de procesos geodinámicos, desarrollo de la capacidad institucional, control y administración de la contaminación. Se recomienda que los resultados de la presente investigación sean utilizados por las diferentes entidades involucradas en el manejo de la unidad hidrográfica Puyango con el fin de contribuir a su desarrollo.

Palabras claves: Caracterización, macrozonas, modelamiento geoespacial, Puyango.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Puyango hydrographic unit, located in the provinces of Loja and El Oro, Southern region of Ecuador, in an area of 367,164 ha, with the purpose of characterizing this hydrographic unit, through modeling geospatial using geographic information systems and formulate alternatives for conservation and use of natural resources. The methodology followed was carried out in several stages: The first pre-field phase was collected information from the study area of the different institutions involved in the management. In the second phase of the field, the variables that interact in the study area were identified, in addition to the validation and completion of the information obtained in the different institutions, interviews and meetings were held with the different authorities involved in the handling of the information in the study area. Likewise, the field work served for the validation of the physical and socioeconomic submodels. In the cabinet phase, the geospatial database was constructed with the physical and socioeconomic variables, 18 thematic maps of the variables in analysis were generated; Subsequently, the submodels were generated: vulnerability, bioecological value, historical cultural value, urban industrial, socioeconomic, productive aptitude (renewable, non-renewable and tourism), environmental conflict, conflict of use, global model and finally, the formulation of intervention alternatives in the hydrographic unit. The submodels were integrated to generate the global model that allowed to determine the potentials and limitations of the hydrographic unit, identifying 4 macrozones: Protection and conservation (15.52%), recovery (9.43%), urban industrial (18.16%) and production (56.90%), in the latter areas were identified agricultural production, livestock, management and forestry, mining and tourism. For each zone, alternatives for conservation and use of natural resources were proposed, focusing on four areas: Management and management of natural resources, control of geodynamic processes, development of institutional capacity, control and management of pollution. It is recommended that the results of the research be used by the different entities involved in the management of the Puyango hydrographic unit in order to contribute to its development.

Keywords: Characterization, macrozones, geospatial modeling, Puyango.

I. INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica es un territorio en donde interactúan factores naturales, sociales, económicos, políticos e instituciones, que son variables en el tiempo en este ámbito se tiene los recursos naturales como suelo, agua, geología, geomorfología, flora y fauna y la parte antrópica, caracterizar los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos, son de suma importancia ya que muestra o ayuda a identificar potencialidades y limitaciones. En diferentes partes del mundo se han realizado investigaciones usando los sistemas de información geográfica, que permite realizar modelamiento geoespacial para tener una aproximación a la realidad fijando y caracterizando puntos críticos y potenciales que tiene el territorio. Los sistemas de información geográfico (SIG) son propicios para la captura, ingreso, almacenamiento, transformación, análisis y despliegue de datos geográficos para propósitos específicos (Rodríguez, 2012). Benítez y Granda (2012), mencionan que al delimitar las unidades estructurales usando parámetros: Físicos, bióticos y socioeconómicos se logra definir zonas aptas para el desarrollo sustentable, la conservación y manejo de los recursos naturales y/o la preservación de las áreas protegidas.

En la unidad hidrográfica Puyango existe una fuerte intervención antrópica debido a la agricultura y minería, lo que provoca pérdida de cobertura vegetal y erosión del suelo, factores que incrementan los fenómenos geodinámicos (MAE, 2014). La minería aurífera produce desechos (relaves y botaderos), que son arrojados a los ríos Amarillo y Calera, estas presentan una grave problemática ambiental ya que además son receptores comunes de aguas residuales, residuos sólidos urbanos y contaminación por el excesivo uso de agroquímicos en el sector agrícola (MAE, 2014). Con el modelamiento geoespacial se busca caracterizar el territorio definiendo potencialidades y limitaciones que servirá como base para el ordenamiento y se convertirá en un importante insumo para la implementación de estrategias de manejo de cuencas y conlleve a proponer políticas y programas de control, recuperación, conservación por parte de los gobiernos autónomos descentralizados de los diferentes cantones. La zona de estudio es productiva desde diversos ámbitos, y se convierte en una gran posibilidad para la conservación y aprovechamiento sostenible y, así contribuir a mejorar la calidad de vida de la población local.

Considerando que las cuencas hidrográficas son de gran importancia, en donde hay recursos importantes de flora y fauna, la presente investigación fue orientada a caracterizar mediante la aplicación de tecnología de los sistemas de información geográfica, visualizando sus potencialidades y limitaciones, que permitió proponer alternativas de conservación y aprovechamiento, lograda a partir de la evaluación de los diferentes submodelos. Para cuyo desarrollo se utilizó estudios previos realizados, validación y completación de la información en la zona de estudio mediante diferentes visitas a las instituciones involucradas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo principal

Caracterizar física, social y económica, la unidad hidrográfica Puyango, mediante el modelamiento geoespacial, aplicando los sistemas de información geográfica y proponer alternativas de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

1.1.2. Objetivos específicos

- Construir la base de datos geoespacial con información física y socioeconómica de la unidad hidrográfica Puyango.
- Generar el submodelo geoespacial de vulnerabilidad, valor bioecológico, aptitud productiva de los recursos naturales renovables y no renovables, aptitud productiva turística, conflicto de uso, conflicto ambiental, valor histórico cultural, urbano industrial y socioeconómico en el ámbito de la unidad hidrográfica Puyango.
- Generar el modelo global para caracterizar el ámbito de la unidad hidrográfica Puyango y, formular alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En diferentes países se han realizado investigaciones o estudios utilizando los sistemas de información geográfica y la teledetección, a continuación, se detallan:

2.1.1. Ecuador

Arcos y Trujillo (2012), indican que el ordenamiento territorial en base a la ZEE (zonificación ecológica y económica) está orientado a identificar y sugerir los usos más adecuados de los diversos espacios del territorio y de los recursos naturales del cantón Mejía, permite evaluar sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales y económicos. Lo cual determinaron que el cantón Mejía posee un alto potencial ecológico debido a sus grandes extensiones de bosques naturales y su carácter conservacionista, además de la presencia de importantes áreas naturales protegidas, por lo cual, en la zonificación, las áreas de protección y conservación son las que predominan (76% aproximadamente).

El ECORAE (Instituto para el Eco-desarrollo de la Región Amazónica Ecuatoriana) (2004), ha realizado la compatibilización de los estudios de ZEE en el ámbito del departamento de Loreto; las provincias de Loreto y Alto Amazonas en el Perú, y en la provincia de Pastaza en el Ecuador, en el marco del Proyecto de Desarrollo Sostenible del área Fronteriza Amazónica Peruana-ecuatoriana, con el apoyo financiero de la Secretaria General de la Organización de Estados Americanos-OEA. La superficie, que fue integrada en el proyecto, es de 8,022.558 ha, el estudio, tiene la integración georreferenciada y estadística de las capas temática y modelos de zonificación de ambos países a través de un proceso que se ha denominado, de compatibilización. Los resultados obtenidos fueron utilizados por los dos países, de manera conjunta y con base a criterios técnicos y científicos unificados, abordan la realización de los programas y proyectos en el marco del Plan Binacional.

2.1.2. Perú

Cabrejos (2016), realizó un estudio en la Microcuenca del Río Atuén perteneciente a la cuenca del Río Utcubamba en la Región Amazonas, a fin de conocer los problemas erosivos de la microcuenca, éste se realizó mediante un modelo geoespacial, con la utilización de las bondades del SIG para la identificación de zonas erosionadas y/o vulnerables, según el grado de intensidad dentro del ámbito de estudio; se cuantificó utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE, por sus siglas en inglés, Universal Soil Loss Equation). Finalmente se propusieron posibles alternativas de protección y/o conservación para las zonas afectadas por la erosión hídrica.

En el estudio realizado por Rojas (2016) de la unidad hidrográfica Chancay – Huaral, con la finalidad de determinar el grado de vulnerabilidad en función de sus características biofísicas y socioeconómicas, mediante modelamiento geoespacial, para lo cual empleo SIG misma que consistió en tres etapas: pre-campo, campo, trabajo de gabinete; los resultados obtenidos de la integración de las variables físicas, bióticas, socioeconómicas y conflictos de uso, permitieron identificar el grado de vulnerabilidad que fueron que alrededor del 35% del territorio presenta vulnerabilidad alta, en la que se ubica los principales centros poblados.

Flores (2016), investigó el distrito de Leimebamba con el fin de determinar el grado de vulnerabilidad en el aspecto físico y socioeconómico, usando el análisis y modelamiento geoespacial, para cual diseñó y construyó la base de datos geoespacial; luego, las unidades de cada factor que fueron valoradas en función de su grado de vulnerabilidad para ser integradas en submodelos. Así mismo, se aplicaron factores ponderativos considerando la incidencia de cada variable en el ámbito correspondiente. Los resultados indican que la zona tiene vulnerabilidad física-socioeconómica media en 26.40% del territorio incluyendo los centros poblados de la zona norte como el centro poblado (CP) Leimebamba, mientras que la zona centro sur distrital mantiene un grado muy alto de vulnerabilidad de 0.14%, y el 62.24% del distrito tiene baja vulnerabilidad, ello se debe en gran medida a la distribución heterogénea de los asentamientos antrópicos.

Ochoa (2014) determinó el grado de vulnerabilidad en la cuenca Jequetepeque, y según sus resultados mostraron que la cuenca presenta una vulnerabilidad física muy alta, representa el 47.70% y una vulnerabilidad socioeconómica alta, que cubre el 51.70% de su área, y finalmente han integrado las dos vulnerabilidades, la física y socioeconómica y, se determinó

que la cuenca Jequetepeque tiene una vulnerabilidad alta física y socioeconómica de alrededor del 76.90% de su área.

2.1.3. Otros países

Salgado (2005) en su estudio organizó una serie de fases que se realizaron varias actividades preparatorias para la recopilación, análisis e interpretación de la información, entre ellas la determinación de la vulnerabilidad global, la definición de áreas críticas para deslizamientos e inundaciones (modelación hidrológica e hidráulica utilizando para ello los programas HECHMS y HEC-RAS) y para definición del riesgo a inundaciones y deslizamientos en la microcuenca utilizó los SIG. La idea fue la priorización de las zonas con mayor riesgo (inundaciones y deslizamientos) y propuesta de lineamientos y acciones concretas para la prevención de desastres. Los resultados muestran que la microcuenca presenta una vulnerabilidad alta para ambas variables analizadas (inundaciones 64.60% y deslizamientos 68.60%).

Según Rivera (2002) realizó su estudio, con el fin de establecer lineamientos de base para diseñar esquemas de ordenamiento territorial urbano para los sitios críticos a inundaciones en la microcuenca, selección de variables socioeconómicas y biofísicas; propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad de la microcuenca. La microcuenca La Soledad presenta una vulnerabilidad global alta a inundaciones (62%). La vulnerabilidad institucional es la más alta. Se proponen estrategias a largo y corto plazo y medidas correctivas y preventivas para reducir la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones.

2.2. Cuenca Hidrográfica

Aguirre (2011) menciona que una cuenca hidrográfica es una zona delimitada topográficamente en la cual naturalmente discurren todas las aguas; es decir, la superficie total de tierras que desaguan en un cierto punto de un curso de agua o río. La cuenca hidrográfica al ser fuente de captación de agua natural y un sistema en donde interactúan diferentes elementos tanto físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos es una base para el desarrollo de las actividades antrópicas, aunque también de riesgo cuando ocurren fenómenos naturales extremos como sequías o inundaciones o el agua se contamina (Fierro y Jiménez, 2011).

2.2.1. Cuenca binacional Perú-Ecuador

FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador) (2009) Ecuador y Perú en 1998, pusieron fin a sus diferencias limítrofes con la firma del Acta Presidencial de Brasilia en la cual expresaron su plena voluntad de trabajar en sus territorios y orientarlos hacia una misma visión de futuro que ha permitido consolidar un desarrollo sostenible en la frontera. “En el 2014 se creó la comisión binacional para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas transfronterizas, priorizando para el efecto las cuencas hidrográficas de los ríos Catamayo-Chira y Puyango-Tumbes; y gradualmente ir incorporando otras cuencas compartidas de los ríos Mayo-Chinchipe, Santiago, Pastaza, Tigre-Conambo y Napo, como espacios de coordinación binacional. Además de la elaboración de un protocolo común que permita la elaboración futura de planes de monitoreo de calidad del agua en las cuencas hidrográficas transfronterizas” (FLACSO, 2009).

2.2.2. Características de cuenca hidrográfica

❖ Características geomorfológicas

• Área de la cuenca

Gaspari *et al.*, (2012) define como la superficie encerrada por la divisoria de aguas (*divisorium acuarium*) punto convenido (estación de aforos, desembocadura etc.). Su unidad de medida es kilómetro cuadrado.

• Forma de la cuenca

Según Llamas (1993) citado por Guerra y González (2002), es la configuración geométrica tal y como está proyectada sobre el plano horizontal. Cada cuenca tiene entonces una forma determinada; sin embargo, en su mayoría son ovoides con la desembocadura en el extremo angosto. La forma tiene relación con su comportamiento hidrológico.

• Longitud del cauce principal

Para Gaspari *et al.*, (2012) es la longitud definida con la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca.

- **Longitud de la cuenca**

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca (Gaspari *et al.*, 2012)

- **Curva hipsométrica**

Según Aguilar *et al.*, (sf) es un parámetro relativo al relieve de la cuenca que representa la variación entre la altitud o cota y el área drenada por debajo o por encima de dicha altitud. Esta es otra alternativa al uso de curvas de nivel que normalmente son muy complejas.

- ❖ **Características Biofísicas**

- **Recursos hídricos**

GWP (Global Water Partnership) (2011), “la gestión integral de recursos hídrico es un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”.

- **Geología**

La geología estudia y analiza los procesos dinámicos y mecanismos de alteración del planeta y de su superficie, desde su formación originaria hasta la formación actual, donde se determina la estructura y composición de los materiales que la forman. Según Escobar citado por Matus (2007), la geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años.

- **Cobertura vegetal y uso actual el suelo**

Para Lücke, (1998), citado por Ambuludi y Cueva (2011), se habla de cobertura cuando se hace una clasificación de las diferentes formas naturales de ocupación del territorio, como por ejemplo áreas bajo cobertura vegetal (bosques, sabanas entre otras), bajo cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas) y otras. El estudio de la cobertura y uso del suelo genera información sobre el destino que se está dando a la tierra teniendo como base los diferentes actores

socioeconómicos que la habitan. Este insumo es de gran importancia para el ordenamiento del territorio y como línea base para un monitoreo de cambios de usos futuros para el área de estudio (Benítez y Granda, 2012).

Se dice que el uso de la tierra ocurre cuando se manipula físicamente. El área sin intervención física tiene cobertura natural y el área intervenida cobertura artificial. En ese sentido, el uso de la tierra indica el significado de la cobertura para el ser humano y lo que sucede en la actualidad en el campo (Richters, 1995, citado por Ambuludi y Cueva, 2011).

- **Fauna**

Para Fierro y Jiménez (2011), es el conjunto de especies animales que habitan en una región o calidad geográfica; su distribución y desarrollo depende de varios factores como temperatura y disponibilidad de agua. Entre éstos sobresalen las relaciones posibles de competencia o depredación entre las especies (Araujo y Cabrera, 2009).

- **Flora**

Araujo y Cabrera (2009), definen la flora como el conjunto de especies vegetales que forman parte y que se pueden descubrir en una región geográfica, que son propias de un periodo geológico o que habitan en un ecosistema señalado. La flora tiene en cuenta al número de especies mientras que la vegetación hace referencia a la distribución de las especies y a la jerarquía relativa, por número de individuos y tamaño, de cada una de ellas (Fierro y Jiménez, 2011).

- ❖ **Componente Socioeconómicos**

- **Población**

León (2015), define que se entiende como el conjunto de personas, que viven en un determinado lugar constituido de forma estable, identificado por características territoriales, políticas, jurídicas, étnicas o religiosas. Una población se definirá pues, si tiene continuidad en el tiempo y si esa continuidad está asegurada por vínculos de reproducción que ligan a padres e hijos y garantizan la sucesión de las generaciones.

- **Densidad poblacional**

La densidad poblacional entendida como un indicador que mide la concentración de la población con relación a la superficie ocupada ha variado en el transcurso de los años. Es un indicador estadístico que tiene como objetivo primordial exponer el grado de concentración o separación de los individuos que habitan un determinado espacio, en otras palabras, dar a conocer la distribución poblacional en una unidad de superficie territorial (Arieta, s.f).

- **Población económicamente activa (PEA)**

Fernández y Pacco (2016) consideran que la población económicamente activa describe al grupo de personas que se encuentran en condiciones de trabajar y que, estén dentro de las edades productivas, se encuentran ocupadas, PEA activa, o desocupadas, PEA inactiva. Entre las personas activas u ocupadas se ubica a empleadas, subempleadas o desempleadas, así como a quienes trabajan por cuenta propia.

- **Vivienda y Servicios básicos (SSBB)**

La vivienda y servicios básicos es la base material de una sociedad y la que determinará la estructura social, el desarrollo y el cambio social de la misma. Las personas que viven hacinados en asentamientos ilegales soportan servicios inadecuados de abastecimiento de agua potable, saneamiento e inundaciones, desprendimientos de tierras, emisiones y contaminación del aire. Teniendo que asumir la externalización de los costos ambientales por el desenvolvimiento de actividades económicas e industriales lesivas al ambiente y, por lo tanto, atentatorias a su calidad de vida (Fernández y Pacco, 2016)

2.3. Sistema de información geográfica (SIG)

Según Hutchinson y Toledano (1993) citado por Vieira (s.f), la historia reciente de transferencia de tecnología en el área de informática ha sido grande, con la incorporación de microcomputadores en casi todos los sectores. Faustino (2006) citado por Domínguez (2008) menciona que el uso de SIG facilita el ordenamiento y la representación en mapas de lo que plantean los actores y lo que técnicamente o normativamente corresponde, para integrarlos en un solo modelo. El manejo e integración de varios mapas o manejo de variables es más efectivo con la aplicación de un SIG computarizado, así los escenarios se pueden representar fácilmente, es así que la importancia de los SIG radica en recopilar, almacenar, procesar y visualizar información geográfica por medio de elementos simples como lo son: Puntos,

líneas y polígonos que en conjunto representan entidades geográficas y variables espaciales medibles y georreferenciados (Rojas, 2016).

2.4. Bases de datos geoespacial

Las bases de datos son componentes esenciales de los SIG porque en ellas se organiza y almacena el contenido de las aplicaciones que forman parte del sistema. El diseño de las bases de datos es el proceso por el que se determina su organización considerando su estructura, contenido y las aplicaciones que se han de construir (Radilla, 2008). Es una serie de capas de información espacial en formato digital, que representan diversas variables (formato ráster), o bien capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada (Tomlinson, 2007, citado por Asencios y Ato, 2015).

2.5. Teledetección

Para el IGNE (Instituto Geográfico Nacional de España) (2016) la teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra. Complementariamente, Chuvieco (2010), menciona que la teledetección permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores aéreos y espaciales, además del posterior tratamiento e interpretación de los datos. El desarrollo del proceso completo de detección remota requiere de un sistema compuesto de los siguientes elementos:

- Fuente de energía, que supone el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor, puede tratarse de una teledetección pasiva o teledetección activa.
- Cubierta terrestre, formada por distintas masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas que reciben la señal energética y la reflejan de acuerdo con sus características físicas.
- Sistema sensor, compuesto por el sensor propiamente dicha y la plataforma que lo alberga. Su misión es captar la energía reflejada, codificarla y grabarla o enviarla al sistema de recepción.

- Sistema de recepción-comercialización, recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en un formato apropiado, se corrige y se distribuye a los interesados.
- Intérprete, convierte los datos en información temática de interés ya sea visual o digital.
- Usuario final, analiza el documento fruto de la interpretación.

2.6. Modelamiento geoespacial

Es la combinación de las herramientas de geoprocésamiento de datos que se ejecutan en forma secuencial para proporcionar el resultado del análisis. Un modelo se puede entender como una abstracción y descripción de la realidad para representar objetos, procesos o eventos, el cual permite simular un suceso del mundo real, lo que facilita la comprensión del comportamiento y posibilita predecir posibles resultados en función de los datos de entrada utilizados (Tomlinson, 2007, citado por Asencios y Ato, 2015). En el contexto de un SIG, un modelo de datos es la abstracción y la representación de los fenómenos del mundo real de acuerdo con un esquema conceptual formalizado que es aplicado generalmente usando las primitivas geográficas (líneas, puntos y polígono) (Radilla, 2008).

2.6.1. Tipos de modelos geoespaciales

❖ Vulnerabilidad

Arellano (s.f) manifiesta que la vulnerabilidad es una función de respuesta de los niveles económicos, bienestar social, organización y educación de la población, que también varía con su ubicación territorial (parte alta, medio o baja de la cuenca), el manejo de su entorno y recursos naturales, así como en su capacidad de recuperación de su estructura productiva e infraestructura después de un desastre y finalmente de las adecuaciones a su entorno físico.

Según el MINAM (2011) la vulnerabilidad física esta relacionándola con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de las edificaciones (viviendas, establecimientos económicos, de servicios e infraestructura socioeconómica), para asimilar los efectos del peligro. Sin embargo, otro aspecto a considerar es la calidad de suelo y el lugar de asentamiento; pues, ello determinará el incremento o disminución del nivel de vulnerabilidad según el evento analizado (INDECI 2006, citado por Flores 2015).

❖ **Valor bioecológico**

Según el MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú) (2010), el valor bioecológico está orientado a determinar las áreas con características que ameritan una estrategia especial para la conservación de la biodiversidad y/o procesos ecológicos esenciales. Además, se establecen las zonas potenciales para conservación y protección en base a las características de diversidad biológica, biomasa para la captura de carbono, singularidad de especies y recarga hídrica.

❖ **Aptitud productiva**

La aptitud productiva busca revelar las zonas que presentan las mejores características y las mínimas restricciones desde la perspectiva de la potencialidad agro-productiva de los suelos, ya sea con potencial agrícola correspondiente a los sectores ondulados y planos, los cuales por su pendiente presentan menores limitantes y no se degradan con facilidad. Estos terrenos se consideran con el mejor potencial agrícola, sin embargo, pudiese utilizarse para otra actividad sin mayores riesgos de degradación por su uso; con potencial ganadero-forestal, correspondiente a sectores con un mayor porcentaje de pendiente lo que limita las actividades que se pueden fomentar.

Desde el punto de vista cartográfico, es la representación espacial del potencial productivo de los recursos naturales renovables, sustentado sobre la base de los estudios de clima, fisiografía, geomorfología, suelos, capacidad de uso mayor, forestal y acuícola, que a su vez reflejan el potencial productivo agropecuario, forestal y acuícola (Escobedo *et al.*, 2015).

❖ **Conflicto de uso**

Guerra (s.f), menciona que el conflicto de uso permite establecer una comparación entre el uso real y uso potencial con el fin de evaluar el estado de los recursos naturales y determinan la necesidad de saber si una actividad que se realice sobre un tipo o unidad de suelo genera degradación o no en él, o si por el contrario la actividad genera un desaprovechamiento en su uso. Por otra parte, Barreda (2002) citado por Ayala y Quishpe (2007), indican que para establecer niveles o grados de conflicto basta comparar el mapa de oferta productiva del suelo o uso potencial con el de uso actual, de dicha comparación pueden resultar tres tipos de conflicto:

- Sobre uso: Cuando el uso actual es mayor que el uso potencial que pueda soportar el suelo con un deterioro mínimo.
- Sub-uso: Cuando el uso actual es menor que el potencial.
- Uso conforme: Cuando el uso potencial corresponde al actual.

❖ **Conflicto ambiental**

Padilla (2000) define un conflicto ambiental como aquél que se origina a partir de un impacto, daño o problema ambiental que involucra a dos actores cuyos intereses respecto de dichos impactos son contrapuestos. Mientras que Tábara (1996) citado por Orman, (2003), menciona que los conflictos ambientales se manifiestan como conflictos políticos, sociales, económicos, étnicos, religiosos, territoriales, de recursos e intereses nacionales.

2.7. Conservación de suelos en el manejo de cuencas

2.7.1. Prácticas conservacionistas

❖ **Prácticas agronómicas**

World Vision Canadá (s.f) relacionadas con el manejo del suelo, manejo de los cultivos y algunas prácticas especiales, están relacionadas con el interés de los agricultores, porque mediante ellas se logra un mayor impacto sobre la producción, además, son las de menor costo y facilidad de ejecución, lo más importante es conocer cuál es la función de cada práctica, cual es el beneficio sobre la producción y lógicamente cómo se influye sobre la conservación de los recursos. Estas alternativas se clasifican en:

- Manejo de Cultivos: Localización y distribución de los cultivos, se busca la protección del suelo, disminuir riesgo de erosión, mejor aprovechamiento del agua.
- Manejo de suelos: Preparación del suelo, mediante labranza, incorporación de materiales o acondicionamiento de terreno. Se busca mejor aprovechamiento del agua, mejorar la fertilidad del suelo, disminuir riesgo de erosión y escorrentía.
- Prácticas especiales: Busca proteger y mejorar el suelo y los cultivos mediante métodos indirectos, por ejemplo; barreras vivas, aboneras, cultivos de cobertura, aplicación de estiércol, barbecho mejorado.

❖ **Prácticas forestales**

Se consideran todas las alternativas sobre el manejo de los recursos arbóreos en su estado natural o bajo plantaciones. La cobertura o plantación puede ser de producción (madera, postes, leña) o de protección (tierras frágiles, fuentes de agua, biodiversidad) (CATIE, 2000).

❖ **Prácticas agroforestales**

Gayoso y Alarcón (1999), menciona que se consideran todas las alternativas sobre el manejo de los recursos arbóreos, arbustivos, suelos, cultivos y animales, como las posibilidades son variadas, se han sistematizado mediante: Sistemas silvopastoriles, agrosilvopastoriles, agroforestales y agroforestería tradicional.

❖ **Prácticas de conservación de suelos y aguas**

World Vision Canada (s.f) consideran todas las alternativas relacionadas con la protección y conservación del suelo y del agua, particularmente el control de la erosión y escorrentía. Las prácticas y obras generalmente son costosas y requieren dominio para una construcción adecuada, es indispensable un mantenimiento continuo, muchas de ellas se deben adaptar a restricciones de pendiente, profundidad de suelo y comportamiento de las lluvias.

❖ **Estructuras hidráulicas**

MINAGRI (s.f) define que las estructuras hidráulicas son las obras establecidas para el aprovechamiento de los recursos hídricos y protección de tierras de cultivos y obras civiles. Son muy importantes para el desarrollo hidroeléctrico, control de inundaciones, mejoramiento de drenaje, riego, agua potable. Algunas de estas alternativas son: Presas, drenaje superficial y subterráneo, diques de protección, embalses, gaviones.

❖ **Manejo de áreas protegidas**

CATIE (2000), existen un conjunto de alternativas utilizadas para condiciones especiales de uso de la tierra, estas deben ser sencillas y adecuadas para garantizar las funciones que corresponden a áreas con restricciones de uso y manejo. Las alternativas tienen que ser compatibles con el medio, de bajo costo, permanentes y construidas con materiales del lugar preferentemente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación

Según, Ministerio del Ambiente del Ecuador, MAE (2014), la unidad hidrográfica Puyango se localiza en la zona Sur del Ecuador. Está integrada por los territorios limítrofes de las provincias de Loja, El Oro, del sureste de Ecuador. Abarca una superficie total 3,671.64 km²

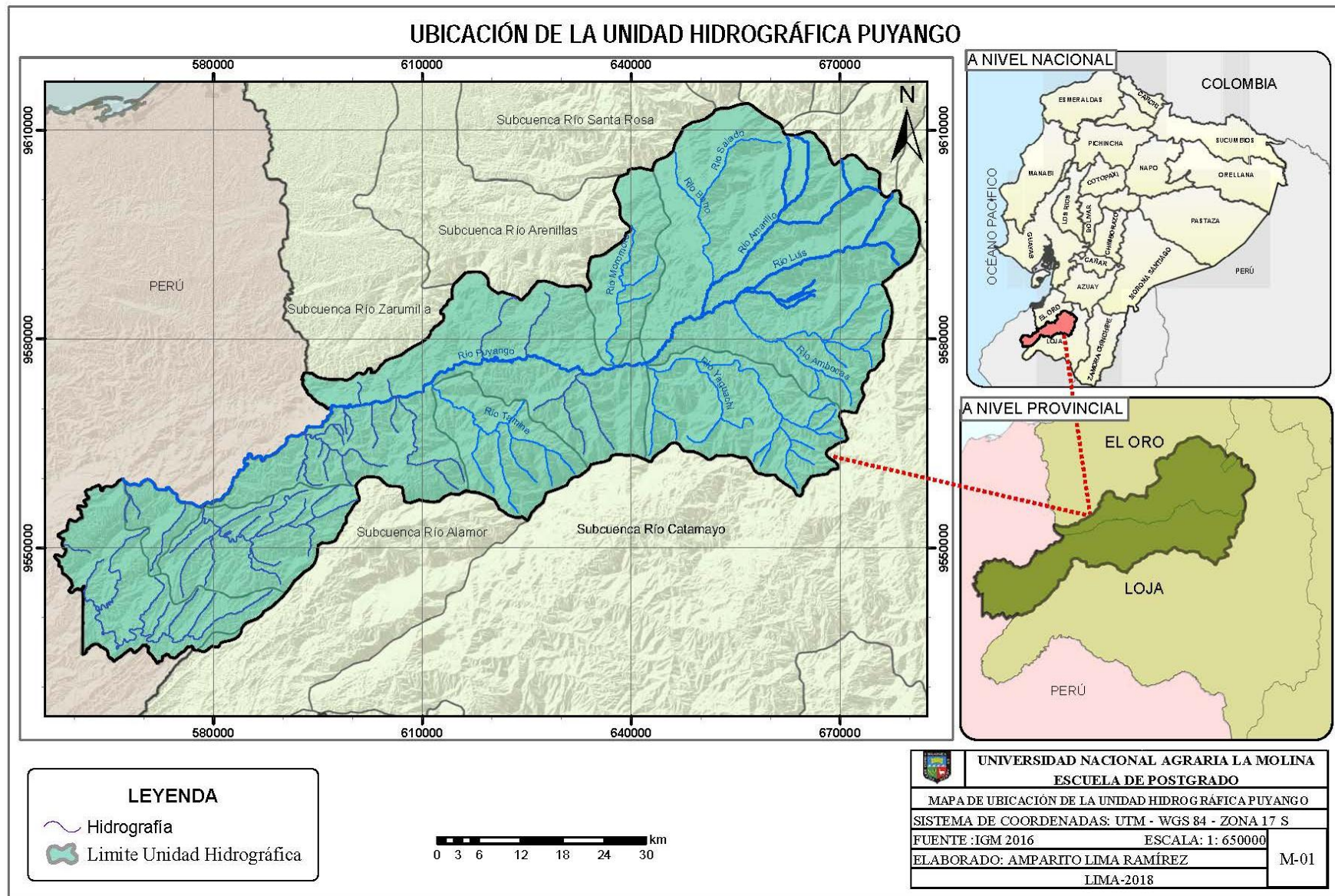


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio, unidad hidrográfica Puyango.

3.1.2. División política administrativa de la unidad hidrográfica

La unidad hidrográfica abarca parte de las provincias de El Oro y Loja y 18 cantones: Nueve de El Oro y nueve de Loja e incluye 66 parroquias en total. En el Anexo 1 se muestra el mapa con la respectiva ubicación de las parroquias, cantón y provincia.

Cuadro 1: División Política Administrativa.

N	Provincia	Cantón	Parroquia	N	Provincia	Cantón	Parroquia
1	El Oro	Atahualpa	Milagro	34	Loja	Catamayo	Guayquichuma
2		Atahualpa	Cordoncillo	35		Catamayo	San Pedro de la Bendita
3		Atahualpa	Ayapamba	36		Catamayo	Zambi
4		Atahualpa	San José	37		Chaguarpamba	Amarillos
5		Atahualpa	Paccha	38		Chaguarpamba	Buenavista
6		Balsas	Bellamaría	39		Chaguarpamba	Chaguarpamba
7		Balsas	Balsas	40		Chaguarpamba	El Rosario
8		Chilla	Chilla	41		Chaguarpamba	Santa Rufina
9		Las Lajas	La Victoria	42		Loja	El Cisne
10		Las Lajas	El Paraíso	43		Loja	Gualel
11		Las Lajas	La Libertad	44		Olmedo	La Tingue
12		Las Lajas	San Isidro	45		Olmedo	Olmedo
13		Marcabeli	El Ingenio	46		Paltas	Cangonama
14		Marcabeli	Marcabeli	47		Paltas	Catacocha
15		Piñas	La Bocana	48		Paltas	Guachanama
16		Piñas	Moromoro	49		Paltas	Lauro Guerrero
17		Piñas	Capiro	50		Paltas	Orianga
18		Piñas	San Roque	51		Paltas	San Antonio
19		Piñas	Piñas	52		Pindal	12 de diciembre
20		Piñas	Saracay	53		Pindal	Pindal
21		Portovelo	Morales	54		Puyango	Alamor
22		Portovelo	Curtincapa	55		Puyango	Ciano
23		Portovelo	Salatí	56		Puyango	El Arenal
24		Portovelo	Portovelo	57		Puyango	El Limo
25		Zaruma	Malvas	58		Puyango	Mercadillo
26		Zaruma	Zaruma	59		Puyango	Vicentino
27		Zaruma	Guizhaguiña	60		Saraguro	El Paraíso
28		Zaruma	Arcapamba	61		Saraguro	Manú
29		Zaruma	Guanazán	62		Saraguro	San Pablo de Tenta
30		Zaruma	Huertas	63		Zapotillo	Bolaspamba
31		Zaruma	Muluncay Grande	64		Zapotillo	Cazaderos
32		Zaruma	Salvias	65		Zapotillo	Garzareal
33		Zaruma	Sinsao	66		Zapotillo	Paletillas

FUENTE: MAE 2014

3.1.3. Caracterización de la unidad hidrográfica Puyango

❖ Hidrografía

La unidad hidrográfica Puyango tiene su origen en los páramos de Chilla en la provincia de El Oro y Cerro Negro en la provincia de Loja, el río Puyango es límite interprovincial, los afluentes de la margen derecha corresponden a la provincia de El Oro, y los de la margen izquierda pertenecen a la provincia de Loja (MAE 2014). Toma el nombre de Puyango a partir de su confluencia con el río Yaguachi cerca de Balsas; siguiendo la dirección occidental por unos 100 km, el río Puyango alcanza la quebrada Cazaderos para formar el río Tumbes; gira hacia el norte unos 80 km hasta llegar al océano Pacífico cerca de la ciudad de Tumbes. La cuenca alta del río, está rodeada por montañas con altitudes de 3,500 msnm, tiene cuatro tributarios principales: El río Calera, el río Amarillo, río Luis y río Ambocas, dan origen al Pindo, la mayor parte del río Puyango tiene una pendiente de tres por mil y en la llanura la pendiente baja a menos de 2 por mil.

❖ Sistema hidrográfico

La unidad hidrográfica Puyango está conformada por 6 subcuencas y 66 microcuencas que se describen a continuación:

- **Drenajes Menores:** Quebrada del Guineal, quebrada Yerval Chico quebrada del Caucho, quebrada el Guineo, quebrada de Guerras, quebrada Manantial, quebrada Sisahuaycu, quebrada S.N, quebrada el Tigre, quebrada Chirimoya, quebrada de La Aldea, quebrada Chaguarhuaycu, quebrada Chipianga, quebrada Cerro Verde, río Balsas, río Marcabelí, quebrada Santa Ana, quebrada Cochurco y drenajes menores.
- **Quebrada Cazaderos:** Quebrada del Balsal, quebrada Tasaieras, quebrada de Los Linderos, quebrada Hualtacos, quebrada del Sauce, quebrada del Guabo, quebrada de La Muerte, quebrada Paletillas, quebrada del Chorro, drenajes menores, quebrada de Chombos, quebrada de Tilacos, quebrada la Leonera, quebrada Mangaurquillo, quebrada del Caucho y quebrada Palmira.
- **Río Luis:** Quebrada de Fátima, quebrada Usulaca, quebrada de Buza, quebrada Arcapamba, río Bono, río Ortega, río Palto, río Salati, río Piñas, quebrada de

Rumipotrero, río las Palmas, río San José, río Salado, río Ambocas, río Luis y drenajes menores.

- **Río Moromoro:** Quebrada El Duende, Quebrada El Caucho, Quebrada Alejanita, Drenajes menores y río Moromoro
- **Río Tamine:** Quebrada Chinchanga, quebrada Rabija, quebrada Yambalamaca, drenajes menores y quebrada Shoa.
- **Río Yaguachi:** Drenajes menores, quebrada La Esperanza, río Umbalao y río Yaguachi

3.2. Materiales y equipos

Se utilizaron los materiales y equipos que se mencionan a continuación:

- Información geoespacial, descriptiva y cartográfica del Proyecto “Plan de Reparación Integral de la cuenca del río Puyango”, Quito, Ecuador.
- Información cartográfica básica descargada del geoservidor del Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE), SIG Tierras, Ministerio de Agricultura (MAG), Agencia de Regulación y control minero (ARCOM), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) Instituto Geográfico Militar (IGM) Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Sistema Nacional de Información (SNI), Ministerio de Educación, Ministerio de salud (MSP).
- Modelo de Elevación Digital del proyecto ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) obtenido gratuitamente del Geoservidor USGS (Science For a Changing World- Ciencia para un mundo cambiante), producido por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la Administración Nacional Aeronáutica y Espacial (NASA).
- Plataforma ArcGIS 10.3.
- Plataforma Microsoft Office 2016.
- Computador Personal Windows 7. Procesador Intel Core i7.

3.3. Metodología

El proceso desarrollado para dar cumplimiento a los objetivos planteados consistió en tres etapas secuenciales, como se representa en la Figura 2.

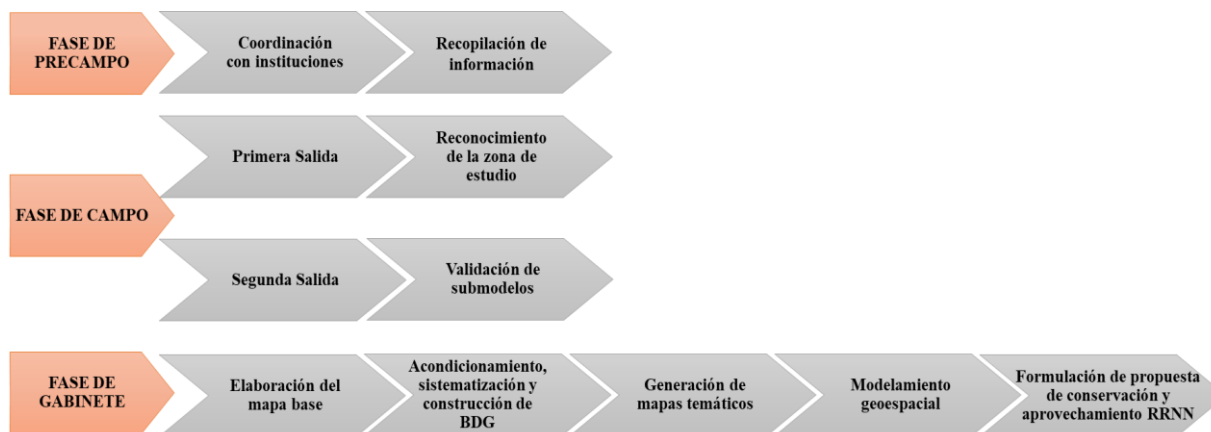


Figura 2: Esquema metodológico de la investigación.

3.3.1. Fase pre-campo

❖ Coordinación con instituciones

El objetivo de esta etapa fue visitar a las diferentes instituciones involucradas en el manejo y gestión del área de estudio, se buscó establecer vínculos de colaboración y cooperación para el intercambio de información y otras variables relevantes.

❖ Recopilación de información

Consistió en la recopilación, análisis y evaluación de los estudios existentes de la zona, información cartográfica e imágenes satelitales, datos socioeconómicos, a través de fuentes o instituciones priorizadas: MAE, IGM, Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), INEC, MAGAP, ARCOM, IEE, SNI, Ministerio de Educación, MSP.

3.3.2. Fase de campo

❖ Reconocimiento de la zona de estudio

La primera etapa de campo tuvo el propósito de identificar las variables que interactúan en la zona de estudio y tener una percepción de la realidad local, además de la validación y completación de la información obtenida en las diferentes instituciones, finalmente se realizó

entrevistas y reuniones con las diferentes autoridades involucradas en el manejo de la zona de estudio mismo que servirá para realizar el análisis socioeconómico.

❖ Validación de submodelos

La segunda etapa consistió en la validación de los submodelos para lo cual se realizó visitas de campo a la zona en estudio, a fin de constatar y validar el resultado de los submodelos generados con información primaria.

3.3.3. Fase de gabinete

❖ Elaboración del mapa base de la unidad hidrográfica

El mapa base de la unidad hidrográfica se generó a partir del Modelo de Elevación Digital (DEM) que fue descargado del Geo-servidor y procesado mediante el software ArcGIS 10.3, con la herramienta Archidro realizando el siguiente procedimiento:

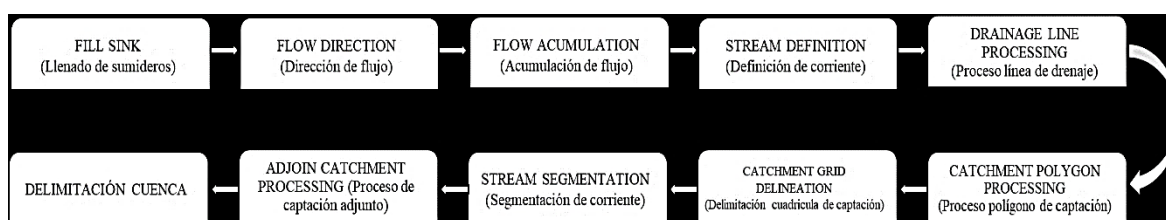


Figura 3: Procedimiento para la delimitación de la unidad hidrográfica.

❖ Acondicionamiento y construcción de geodatabase para el análisis físico y socioeconómico.

La información de carácter espacial recolectada de las diferentes instituciones fue acondicionada, sistematizada para que represente la realidad de la unidad hidrográfica. A las variables temáticas físicas, socioeconómicas se uniformizó el Datum WGS 84, Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 17 S, y estandarizó a una escala de trabajo. Posteriormente, en el software ArcGis se construyó GDB (base de datos geoespacial) de cada submodelo con sus respectivas variables, diseñándose una proyección del esquema lógico de cada variable analizada, tal como se muestra en los resultados (Figura 18 y 19).

❖ **Generación de mapas temáticos**

Se elaboraron los mapas temáticos preliminares, se aplicaron criterios de diseño cartográfico para una adecuada representación de las variables y cuantificación de las áreas y demás características geométricas; finalmente los mapas fueron contrastados en campo y corregidos a nivel de gabinete.

❖ **Generación de los submodelos geoespacial**

Se procedió a la generación de los diferentes submodelos que permitieron evaluar el territorio de acuerdo con distintos criterios (submodelos) (Cuadro 2), para la definición de los submodelos se trabajó con los aspectos considerados en la guía metodología propuesta por el Ministerio del Ambiente del Perú.

Cuadro 2: Descripción de los submodelos

Submodelo	Descripción
Aptitud productiva	Determina áreas que poseen mayor aptitud para desarrollar actividades productiva forestal, agrícola, pecuaria, piscícola.
Valor bioecológico	Determina áreas que ameritan una estrategia especial para conservación de la biodiversidad y/o procesos ecológicos esenciales.
Conflictos de uso	Identifica áreas donde existe incompatibilidad así como conflictos entre las actividades sociales, económicas y con el patrimonio cultural.
Socioeconómico	Identifica las características con las posibilidades de establecer las condiciones sobre desarrollo, dentro de un territorio en base a sus características de los capitales (físico natural, financiero, infraestructura, entre otros)
Vulnerabilidad y Riesgos	Determina áreas que presentan alto riesgo por estar expuestas a procesos geodinámicos (erosión, inundación, deslizamientos, huaycos y heladas)

FUENTE: Ministerio del Ambiente del Perú 2010.

Las variables identificadas y utilizadas en la investigación fueron las que se presentan en la Figura 4: variables independientes y variables dependientes:

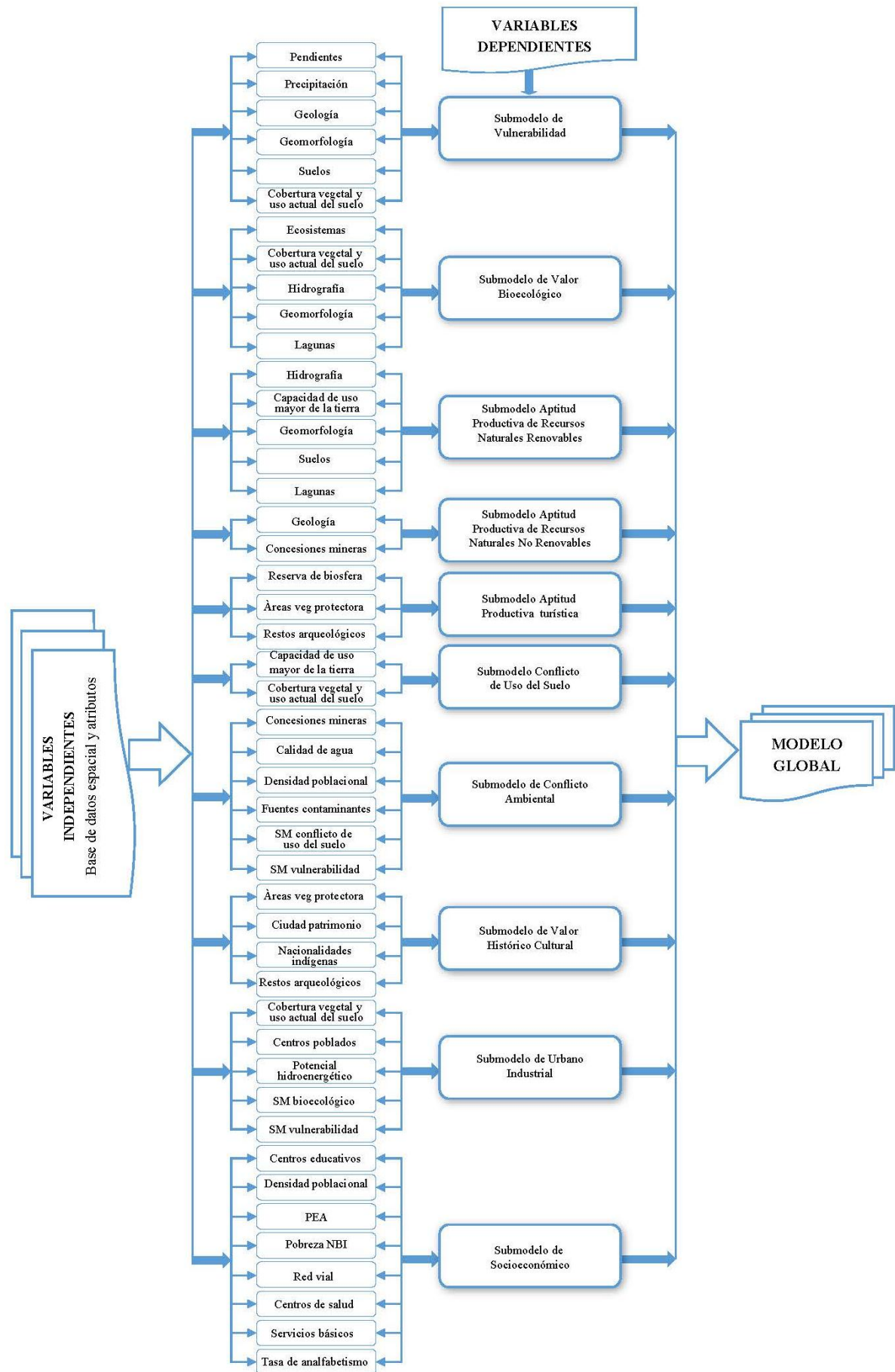


Figura 4: Identificación de variables temáticas (modelo conceptual)

❖ **Valoración de los variables**

La calificación se realizó para cada una de los indicadores de las capas o variables y sus atributos. La asignación de los valores o pesos se basó en el criterio profesional y en estudios similares como los realizados por Salgado (2005), adaptado por Rojas (2016), MINAM (2010, 2011), para lo cual se tomó una escala del uno al cinco, en donde el valor más alto se asignó a la unidad que tenga más influencia y el valor más bajo a la unidad que no tenga influencia relevante.

❖ **Submodelo de vulnerabilidad**

En el submodelo de vulnerabilidad se consideró seis variables temáticas, que reflejan las condiciones físicas y, son de gran importancia para determinar la vulnerabilidad en la zona de estudio. Para la determinación del submodelo se utilizó las siguientes variables temáticas y ecuación ponderativa (1).

$$VUL = A * Pend + B * Pp + C * Geom + D * Sue + E * Geo + F * Cob.Veg \quad Ec. 1$$

• **Variable dependiente**

VUL= Vulnerabilidad

• **Variables independientes**

Pend: Pendientes

Pp: Precipitación

Geo: Geología

Geom: Geomorfología

Sue: Suelo

Cob. Veg: Cobertura vegetal y uso de la tierra

A, B, C, D, E, F: Grado de participación de las variables.

• **Escala de valoración de las variables temáticas**

La evaluación o calificación se realizó para cada uno de los factores o indicadores de las variables. A continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo de vulnerabilidad.

Variable temática geología

La valoración de los atributos de la variable geología se realizó teniendo en cuenta las características litológicas, periodo, formación geológica, con la finalidad de entender el comportamiento del relieve y el grado de resistencia física de la roca ante agentes erosivos, tectónicos y ante procesos desestabilizadores (MINAM, 2011).

Cuadro 3: Escala de valoración de la variable geología

Formación	Litología	Área (ha)	Pes
Formación saraguro	Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes	61953.90	4
Formación zapotillo	Grauvacas, limolitas, lutitas	57178.51	3
Formación ciano	Lutitas y limolitas multicolor con intercalaciones de roca volcánica y pizarras con presencia de sulfuros	52640.24	3
Grupo tahuín	Areniscas grises, intercaladas con limolitas y lutitas gris oscuras, ligeramente metamorizadas	48906.88	3
Grupo tahuín capiro	Arenisca, lutita, limolita, cuarcita, filita y esquisto	30110.50	3
Formación ciano	Limos laminados y lutitas, con areniscas subordinadas; lavas y tobas piroclásticas intercaladas	18831.22	3
Formación zapotillo	Grauvacas, areniscas calcáreas y lutitas con intercalaciones de lavas andesíticas	15236.33	3
Unidad zambi	Filitas	10448.63	3
Otros	Granodiorita, diorita, cuarzdiorita	10195.84	3
Formación cazaderos	Lutita calcárea, arenisca con intercalación de roca volcánica	9304.31	2
Serie tahuin	Esquistos cuarcíticos, filitas, cuarcitas y capas de rocas no metamorizadas con intercalaciones volcánicas	6582.71	3
Otros	Granito, granodiorita, adamellita	4883.17	3
Depósitos coluvio aluviales	Cantos subredondeados centímetros a decímetros con presencia de limos, arenas de grano fino a grueso	4503.84	5
Formación célica	Lavas andesíticas verdosas, localmente alteradas y meteorizadas	3756.59	5
Otros	Granito, granodiorita, tonalita, diorita	3479.70	3
Plutón marcabeli	Alaskita, cuarzdiorita y granito	3386.92	2
Depósitos aluviales	Arenas de grano medio a fino con intercalación de limos y gravas	3205.51	4
Depósitos coluviales	Bloques angulosos fracturados de centímetros a metros soportados en matriz limo arenosa, a veces con presencia de poros	2734.10	4
Grupo tahuín san roque	Gneis aplitico y migmatítico	2377.51	3
Depósitos coluvio aluviales	Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques	2142.24	5
Depósitos de ladera (derrumbe)	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño	1493.72	5
Formación cazaderos	Lutitas negras calcáreas que contienen concreciones grandes y capas masivas de caliza cristalina	1414.15	
Depósitos aluviales	Arcillas, limos y gravas finas	1283.90	4

Continuación...

Formación célica	Lavas andesíticas verdosas, localmente alteradas, meteorizadas e intercalaciones tobáceas	1213.79	5
Riolitas de zaruma urcu	Diques, stocks y otras intrusiones riolíticas	1159.91	3
Formación célica	Lutitas, argilitas interestratificadas, andesitas	1125.44	5
Depósitos aluviales	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	1018.10	4
Depósitos coluvio aluviales	Arcillas, limos y arenas con presencia de gravas	800.79	5
Intrusivo granodiorítico	Granodiorita	779.39	2
Formación célica	Lavas andesíticas porfíricas verdes homogéneas masivas, localmente con capas tobáceas	733.27	5
Depósitos coluviales	Bloques angulares heterogéneos centímetros a métricos	579.75	4
Depósitos coluviales	Bloques de rocas andesíticas y fragmentos angulosos en matriz volcano-sedimentaria meteorizada	465.04	4
Depósitos aluviales	Arcillas, limos y arenas de grano fino a medio	458.65	4
Formación ciano	Limolita, lutita intercaladas con rocas volcánicas	455.88	3
Depósitos aluviales	Cantos rodados, gravas, arenas y limos	396.94	4

FUENTE: MAG 2017

Variable temática geomorfología

Para la calificación de la variable se tomó en cuenta las características del mesorelieve, relacionado con la pendiente. El relieve topográfico expresa su modelado a través del tiempo y por acción de los agentes como la escorrentía superficial, erosión hídrica (MINAM, 2011).

Cuadro 4: Escala de valoración de la variable geomorfología

Relieve	Macrorelieve	Mesorelieve	Área (ha)	Peso
De montaña	Piedemonte	Vertientes	94243.56	4
De montaña	Serranía	Vertientes disectadas	68752.22	4
De montaña	Cordillera	Relieves montañosos	50884.16	5
De montaña	Serranía	Estribaciones andinas	40184.39	2
Costa	Penillanura	Etchplain	35964.17	1
De montaña	Serranía	Vertientes	24772.03	4
De montaña	Piedemonte	Colinas altas	18139.95	3
De montaña	Piedemonte	Crestas	13862.57	3
De montaña	Valle tectónico	Terrazas	7219.92	4
De montaña	Piedemonte	Llanura aluvial	6404.35	1
De montaña	Cordillera	Cimas	2834.91	5
Costa	Penillanura	Llanura aluvial	1780.60	1
De montaña	Piedemonte	Estribaciones andinas	1344.84	2
De montaña	Piedemonte	Terrazas	765.86	4
De montaña	Cordillera	Vertientes	10.75	3
Total			367,164.26	

FUENTE: MAE 2013

Variable temática cobertura vegetal y uso de la tierra

La cobertura vegetal se evaluó considerando ciertas características como densidad de vegetación y la capacidad de protección del suelo (MINAM, 2011). El suelo con escasa vegetación brinda una escasa protección a las laderas, acelera el desplazamiento y/o la velocidad del agua de escorrentía superficial; en cambio, la abundante vegetación, tiene mayor capacidad de proteger a los suelos de los efectos erosivos, dando mayor estabilidad y mantiene la forma del relieve.

Cuadro 5: Escala de valoración de la variable cobertura vegetal y uso de la tierra

Descripción	Área (ha)	Peso
Pastizal	158051.42	3
Bosque nativo	112933.75	1
Cultivo anual	32107.44	3
Cultivo permanente	19122.22	3
Vegetación arbustiva	14846.39	1
Mosaico agropecuario	11954.75	3
Paramo	11786.3	1
Cultivo semi permanente	1710.14	3
Área poblada	1642.9	5
Vegetación herbácea	1408.22	3
Natural	1296.02	1
Plantación forestal	203.01	1
Área sin cobertura vegetal	55.71	5
Infraestructura	45.99	5
Total	367164.26	

FUENTE: MAE 2014

Variable temática suelos

La valoración de los atributos de la variable suelos fueron evaluados tomando en cuenta sus características: pendiente, profundidad, textura y pedregosidad. Al existir una interacción de pendiente, profundidad muy superficial, textura gruesa y alto porcentaje de pedregosidad predispondrían la inestabilidad del suelo, lo hace susceptible a que se ocasionen derrumbes y deslizamientos (Ochoa, 2014).

Cuadro 6: Escala de valoración de la variable suelos

Orden	Textura	Área (ha)	Peso
Inceptisols	Arcilloso	62066.81	5
Inceptisols	Franco arcilloso	39774.94	1
Ultisols	Arcilloso	29148.15	5
Alfisols	Arcilloso	17703.71	5
Inceptisols	Franco	17176.96	1
Alfisols	Franco arcilloso	15982.82	1
Entisols	Arcilloso	15167.58	5
Inceptisols	Arcilla pesada	14286.68	5
Ultisols	Franco arcillo-arenoso	13399.48	2
Andisols	Arcilloso	13385.23	5
Tierras misceláneas	No aplicable	11242.16	0
Andisols	Franco arcillo-arenoso	10473.39	2
Inceptisols	Franco arcillo-arenoso	9525.69	2
Entisols	Franco arcilloso	9222.43	1
Andisols	Franco arcilloso	8254.39	1
Andisols	Franco	6847.92	1
Alfisols	Franco arcillo-arenoso	6773.49	2
Aridisols	Franco	6498.49	1
Inceptisols	Arcillo-arenoso	6356.92	4
Ultisols	Franco arcilloso	5855.55	1
Mollisols	Arcilloso	5768.83	5
Entisols	Franco arenoso	5341.75	2
Andisols	Franco arenoso	5053.54	2
Entisols	Franco arcillo-arenoso	4067.91	2
Aridisols	Franco arcilloso	4022.45	1
Inceptisols	Franco arenoso	3929.05	2
Andisols	Franco limoso	2793.71	2
Inceptisols	Arcillo-limoso	2282.17	4
Inceptisols	Franco arcillo-limoso	1872.20	2
Entisols	Franco	1551.96	1
No aplicable	No aplicable	1362.38	0
Alfisols	Franco arcillo-limoso	1159.35	2
Ultisols	Arcilla pesada	1136.49	5
Ultisols	Arcillo-arenoso	1095.95	4
Mollisols	Arcillo-arenoso	1062.48	4
Alfisols	Franco	981.43	1
Andisols	Arcillo-arenoso	767.55	4
Alfisols	Arcilla pesada	578.67	5
Entisols	Franco limoso	546.76	2
Entisols	Arcillo-limoso	487.11	4
Aridisols	Franco arenoso	472.19	2
Oxisols	Arcilloso	403.45	5
Alfisols	Arcillo-limoso	334.62	4
Alfisols	Franco limoso	272.74	2
Vertisols	Franco	248.31	1
Mollisols	Franco arcilloso	195.74	1

Continuación...			
Vertisols	Arcilloso	154.75	5
Mollisols	Franco arcillo-arenoso	57.39	2
Inceptisols	Franco limoso	9.93	2
Alfisols	Franco arenoso	9.28	2
Alfisols	Arcillo-arenoso	1.34	4
Total		367,164.26	

FUENTE: MAG 2017

Variable temática pendientes

La valoración de los atributos de la variable pendiente se analizó desde la perspectiva de erosión del suelo, cuanto mayor es la pendiente mayor es el peligro a la erosión y pérdida del suelo.

Cuadro 7: Escala de valoración de la variable suelos

Rangos %	Descripción	Área (ha)	Peso
15 - 30	Moderadamente escarpado	162048.65	2
10 - 15	Fuertemente inclinado	59820.63	1
5 - 10	Inclinado	58382.11	1
30 - 60	Escarpado	55246.27	5
0 - 5	Ligeramente inclinado	31285.43	1
> 60	Muy escarpado	381.18	5
Total		367,164.26	

FUENTE: Elaboración propia con información de IGM 2014

Variable temática precipitación

La valoración de los atributos de la variable se analizó desde sus características de precipitación en base a rangos de valores máximos y mínimos, en cuanto sus variaciones y cómo influyen en el drenaje superficial generando deslizamientos, erosión.

Cuadro 8: Escala de valoración de la variable precipitación

Rangos de precipitación	Área (ha)	Peso
1300-1400	38859.65	3
900-1000	38848.91	3
1200-1300	34875.74	3
1000-1100	30334.64	3
1400-1500	27883.46	3
1100-1200	27495.79	3
1800-1900	17463.44	4
1900-2000	17208.78	5
1700-1800	14190.28	4
800-900	13205.78	1
400-500	13077.88	1
1600-1700	12819.95	4
1500	11717.80	3
300-400	11567.12	1
1500-1600	11102.80	4
600-700	10063.87	1
500-600	10047.41	1
700-800	8247.76	1
2000-2100	5085.82	5
2000	3762.29	5
2100-2200	3347.06	5
900	3041.72	1
<300	2887.28	1
2200	29.02	5
Total	367,164.26	

FUENTE: INAMHI 2014

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

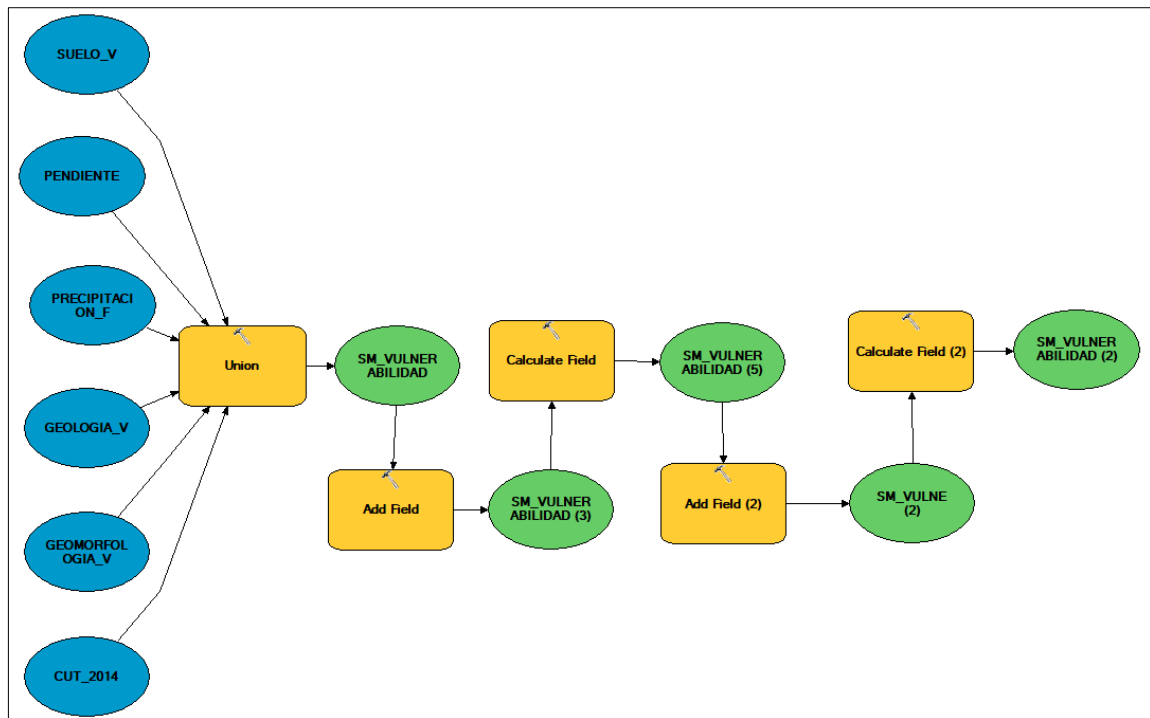


Figura 5: Modelo geoespacial de vulnerabilidad.

❖ Submodelo de valor bioecológico

En el submodelo bioecológico se consideró cinco variables temáticas. Este ayuda a identificar las zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. Para la determinación del submodelo se utilizó la ecuación ponderativa (2).

$$Bioec = A * Hidro + B * Lag + C * Geom + D * Ecos + E * Cob.Veg \quad Ec. 2$$

• Variable dependiente

Bioec: Bioecológico

• Variables independientes

Hidro: Hidrografía

Lag: Cuerpos de agua

Geom: Geomorfología

Ecos: Ecosistemas

Cob. Veg: Cobertura vegetal

A, B, C, D, E: Grado de participación de las variables.

- **Escala de valoración de las variables temáticas**

La evaluación o calificación se realizó para cada uno de los factores o indicadores de las variables. A continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo de valor bioecológico.

Variable temática geomorfología

Esta variable describe las formas del relieve de la naturaleza. Se aplicó el criterio de adaptación de las especies de flora y fauna, si pueden o no desarrollarse bajo las siguientes condiciones de relieve.

Cuadro 9: Escala de valoración de la variable geomorfología

Relieve	Macrorelieve	Mesorelieve	Área (ha)	Peso
De montaña	Piedemonte	Vertientes	94243.55	2
De montaña	Serranía	Vertientes disectadas	68752.22	4
De montaña	Cordillera	Relieves montañosos	50884.16	5
De montaña	Serranía	Estribaciones andinas	40184.39	2
Costa	Penillanura	Etchplain	35964.16	4
De montaña	Serranía	Vertientes	24772.03	4
De montaña	Piedemonte	Colinas altas	18139.95	2
De montaña	Piedemonte	Crestas	13862.57	2
De montaña	Valle tectónico	Terrazas	7219.92	4
De montaña	Piedemonte	Llanura aluvial	6404.35	2
De montaña	Cordillera	Cimas	2834.91	5
Costa	Penillanura	Llanura aluvial	1780.60	2
De montaña	Piedemonte	Estribaciones andinas	1344.84	2
De montaña	Piedemonte	Terrazas	765.86	4
De montaña	Cordillera	Vertientes	10.75	1
Total			367164.26	

FUENTE: MAE 2013

Variable temática cuerpos de agua

Esta variable se evaluó tomando en cuenta si existe la posibilidad de desarrollarse alguna especie de fauna.

Cuadro 10: Escala de valoración de la variable cuerpos de agua

Descripción	Nombre	Área (ha)	Peso
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Lagunas uncida	5128.99	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Lagunas uncida	5112.68	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Lagunas uncida	4188.82	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Laguna chillacocho	3767.46	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Laguna chinchilla	3713.93	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Laguna sarihuiña	3639.37	5
Total		25551.24	

FUENTE: IGM 2016

Variable temática ecosistemas

La calificación de la variable se realizó tomando en cuenta la relación paisaje y bioclima, se pondera más alto a lugares singulares y que, en consecuencia, influyen especialmente en los seres vivos y a la interrelación entre éstos y el medio ambiente.

Cuadro 11: Escala de valoración de la variable ecosistemas

Ecosistema	Área (ha)	Peso
Intervención	195254.17	1
Bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo-Alamor	58776.87	5
Bosque semidecuido piemontano del Catamayo-Alamor	23574.72	5
Sin información	18028.13	5
Bosque decuido de tierras bajas del Jama-Zapotillo	17406.57	5
Bosque decuido piemontano del Catamayo-Alamor	15097.03	5
Bosque siempreverde montano del Catamayo-Alamor	10610.39	5
Bosque siempreverde estacional montano bajo del Catamayo-Alamor	10322.84	5
Bosque semidecuido montano bajo del Catamayo-Alamor	6882.50	5
Bosque siempreverde montano bajo del Catamayo-Alamor	4237.03	5
Bosque siempreverde montano alto del Catamayo-Alamor	3576.17	5
Bosque siempreverde piemontano del Catamayo-Alamor	2455.99	5
Otras áreas	560.57	1
Agua	191.50	0
Arbustal semidecuido del sur de los Valles	143.97	3
Herbazal del Páramo	45.54	5
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama-Zapotillo	0.27	5
Total	367,164.26	

FUENTE: MAE 2013

Variable temática hidrografía

La calificación de la variable se realizó tomando en cuenta si existe o no la posibilidad de vida de la ictiofauna en la zona de estudio, a los ríos que aún no están contaminados se asignó el valor más alto, mientras que los ríos con contaminación elevada el valor más bajo.

Cuadro 12: Escala de valoración de la variable hidrografía

Nombre	Peso
Rio Luis	5
Rio Salado	5
Rio Ambocas	4
Rio Amarillo	4
Rio Moromoro	3
Rio Tamine	3
Rio Yaguachi	3
Rio Bono	2
s/n	1
Rio Puyango	1
Rio Amarillo	1

FUENTE: IGM 2016

Variable temática de cobertura vegetal y uso de la tierra

La calificación se realizó de acuerdo las zonas con cobertura vegetal natural y las zonas con intervención humana (fuertemente intervenidas). Para ello, se asignó los valores más altos a áreas con vegetación natural y los valores más bajos fueron considerados para las zonas con poca vegetación o áreas con cultivo agrícolas, pastizales.

Cuadro 13: Escala de valoración de la variable cobertura vegetal y uso de la tierra

Descripción	Área (ha)	Peso
Pastizal	158051.42	1
Bosque nativo	112933.75	5
Cultivo anual	32107.44	1
Cultivo permanente	19122.22	1
Vegetación arbustiva	14846.39	5
Mosaico agropecuario	11954.75	1
Paramo	11786.30	5
Cultivo semi permanente	1710.14	1
Área poblada	1642.90	1
Vegetación herbácea	1408.22	5
Natural	1296.02	5
Plantación forestal	203.01	3
Área sin cobertura vegetal	55.71	1
Infraestructura	45.99	1
Total	367,164.26	

FUENTE: MAE 2014

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra en la Figura 6.

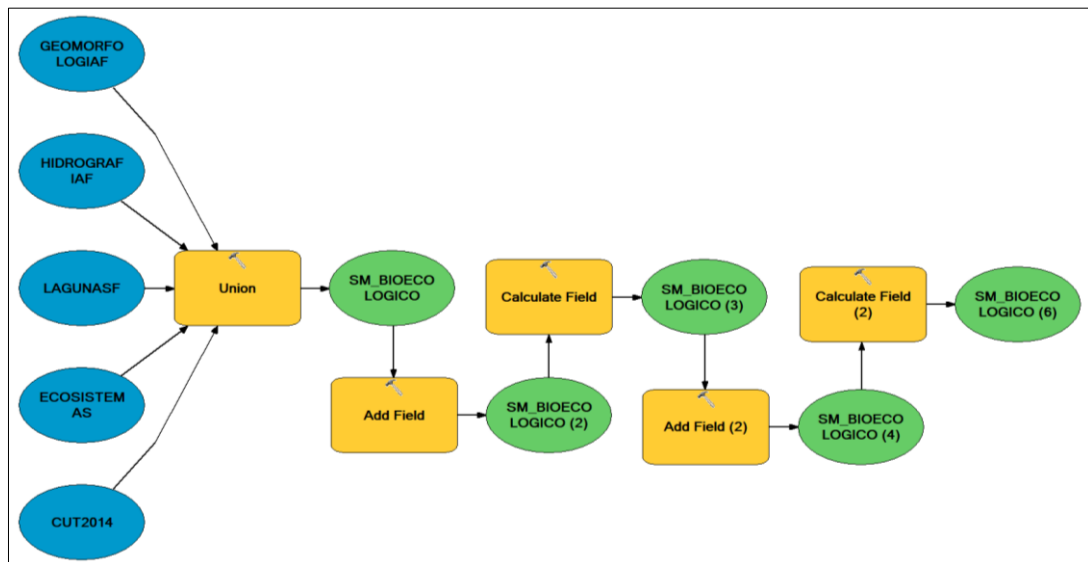


Figura 6. Modelo geoespacial de bioecológico.

❖ Submodelo de aptitud productiva de recursos naturales renovables

En el submodelo aptitud productiva de recursos naturales renovables se consideró cinco variables temáticas, que reflejan las condiciones productivas e importancia de los recursos naturales y potencialidad del recurso suelo e hídrico. Para la determinación del submodelo se utilizó la ecuación ponderativa (3).

• Variable dependiente

$$AProd_Ren = A * Hidro + B * Lag + C * Geom + D * CUM + E * Sue \quad Ec. 3$$

AProd_Ren: aptitud productiva de recursos naturales renovables

• Variables independientes

Lag: Cuerpos de agua

Hidro: Hidrografía

Geom: Geomorfología

CUM: Capacidad de uso mayor de la tierra (Uso Potencial del Suelo)

Sue: Suelos

A, B, C, D, E: Grado de participación de las variables.

- **Escala de valoración de las variables temáticas**

La calificación se realizó para cada uno de los factores o indicadores de las variables, a continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo de aptitud productiva de los recursos naturales renovables.

Variable temática de capacidad de uso mayor de la tierra

La capacidad de uso mayor de la tierra se define como el uso potencial que presenta una determinada zona para desarrollarse en sus distintas capacidades; la calificación se basó en las aptitudes y limitaciones permanentes de los suelos para poder desarrollarse actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

Cuadro 14. Escala de valoración de la variable capacidad de uso mayor de la tierra

Limitaciones	Descripción	Área (ha)	Peso
Protección de cobertura vegetal/bosques de protección, reforestación	Protección total/terrenos forestales	277542.32	1
Ganadería extensiva; extensiva-semintensiva	Terrenos aptos para pastos	44943.36	5
Limitaciones severas de suelo riesgo de erosión	Terrenos aptos para cultivos	26186.10	3
Ganadería extensiva-semintensiva/cultivos limitaciones de erosión y suelo	Terrenos aptos para pastos/ aptos para cultivos	8031.52	3
Con limitaciones severas de clima	Terrenos aptos para cultivos	4775.24	2
Protección de cobertura vegetal existente	Protección total	4196.67	1
Con limitaciones severas	Terrenos aptos para cultivos	1465.90	2
Limitaciones severas por erosión	Terrenos aptos para cultivos	23.15	5
Total		367164.26	

FUENTE: MAGAP 2010

Variable temática de geomorfología

Para la calificación de la variable, se tomó en cuenta información del terreno referida a aspectos externos como posición, pendiente y condición de drenaje, mismas que determinan sus limitaciones o potencialidades para la aptitud agrícola, pecuaria y forestal, para el desarrollo de actividades productivas sostenibles.

Cuadro 15: Escala de valoración de la variable geomorfología

Relieve	Macrorelieve	Mesorelieve	Área (ha)	Peso
De montaña	Piedemonte	Vertientes	94243.55	4
De montaña	Serranía	Vertientes disectadas	68752.22	3
De montaña	Cordillera	Relieves montañosos	50884.16	1
De montaña	Serranía	Estribaciones andinas	40184.39	3
Costa	Penillanura	Etchplain	35964.16	3
De montaña	Serranía	Vertientes	24772.03	3
De montaña	Piedemonte	Colinas altas	18139.95	3
De montaña	Piedemonte	Crestas	13862.57	1
De montaña	Valle tectónico	Terrazas	7219.92	4
De montaña	Piedemonte	Llanura aluvial	6404.35	3
De montaña	Cordillera	Cimas	2834.91	1
Costa	Penillanura	Llanura aluvial	1780.60	5
De montaña	Piedemonte	Estribaciones andinas	1344.84	1
De montaña	Piedemonte	Terrazas	765.86	4
De montaña	Cordillera	Vertientes	10.75	3
Total			367,164.26	

FUENTE: MAE 2013

Variable temática de cuerpos de agua

Para la calificación se consideró todos los cuerpos de agua existentes dentro de la unidad hidrográfica tomando en cuenta áreas con mayor vocación para el desarrollo de la actividad

Cuadro 16. Escala de valoración de la variable cuerpos de agua

Descripción	Nombre	Área (ha)	Peso
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Lagunas uncida	5128.99	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Lagunas uncida	5112.68	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Lagunas uncida	4188.82	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Laguna chillacocha	3767.46	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Laguna chinchilla	3713.93	5
Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra	Laguna sarhuiña	3639.37	5
Total		25551.24	

FUENTE: IGM 2016

Variable temática hidrografía

La calificación se la realizó tomando en cuenta a los ríos con un alto porcentaje de contaminación, asignándoles el valor más bajo y a los ríos con baja contaminación se asignó el valor más alto.

Cuadro 17: Escala de valoración de la variable hidrografía

Nombre	Peso
Rio Ambocas	3
Rio Luis	3
Rio Moromoro	3
Rio Tamine	3
Rio Yaguachi	3
Rio Amarillo1	3
Rio s/n	1
Rio Bono	1
Rio Puyango	1
Rio Salado	1
Rio Amarillo	1

FUENTE: IGM 2016

Variable temática suelos

Los atributos de la variable suelos fueron evaluados tomando en cuenta las características de: pendiente, profundidad, textura y pedregosidad, nivel de fertilidad, favorables o desfavorables para el desarrollo de actividades productivas: pecuaria, agrícola y forestal.

Cuadro 18: Escala de valoración de la variable suelos

Textura	Fertilidad	Área (ha)	Peso
Arcilla pesada	Alta	345.75	1
Arcilla pesada	Baja	10037.19	2
Arcilla pesada	Mediana	632.45	4
Arcilla pesada	Muy baja	4986.45	1
Arcillo-arenoso	Baja	2791.84	2
Arcillo-arenoso	Mediana	3970.37	4
Arcillo-arenoso	Muy baja	2522.02	1
Arcillo-limoso	Alta	10.30	5
Arcillo-limoso	Baja	254.83	1
Arcillo-limoso	Baja	571.34	2
Arcillo-limoso	Mediana	37.83	4
Arcillo-limoso	Muy baja	2229.60	1
Arcilloso	Alta	21851.89	2
Arcilloso	Baja	70781.90	2
Arcilloso	Mediana	44806.13	2
Arcilloso	Muy baja	6358.59	2
Franco	Alta	8940.98	5
Franco	Baja	8605.06	2
Franco	Mediana	15189.36	4
Franco	Muy baja	569.68	1
Franco arcillo-arenoso	Alta	2847.77	2
Franco arcillo-arenoso	Alta	2583.27	5

Continuación...			
Franco arcillo-arenoso	Baja	3.60	1
Franco arcillo-arenoso	Baja	14434.56	2
Franco arcillo-arenoso	Mediana	2979.56	1
Franco arcillo-arenoso	Mediana	12939.40	2
Franco arcillo-arenoso	Mediana	5422.62	4
Franco arcillo-arenoso	Muy baja	1953.96	1
Franco arcillo-arenoso	Muy baja	1132.59	2
Franco arcillo-limoso	Alta	1560.09	1
Franco arcillo-limoso	Alta	1191.68	5
Franco arcillo-limoso	Baja	179.42	1
Franco arcillo-limoso	Mediana	100.36	1
Franco arcilloso	Alta	35.52	1
Franco arcilloso	Alta	17172.13	5
Franco arcilloso	Baja	525.08	1
Franco arcilloso	Baja	29537.93	2
Franco arcilloso	Mediana	87.32	1
Franco arcilloso	Mediana	34072.02	4
Franco arcilloso	Muy baja	1878.32	1
Franco arenoso	Alta	1993.68	5
Franco arenoso	Baja	8.74	1
Franco arenoso	Baja	5480.61	2
Franco arenoso	Mediana	2458.16	1
Franco arenoso	Mediana	4864.63	4
Franco limoso	Alta	272.74	5
Franco limoso	Mediana	3350.40	4
No aplicable	No aplicable	12604.55	0
		367,164.26	

FUENTE: MAG 2017

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

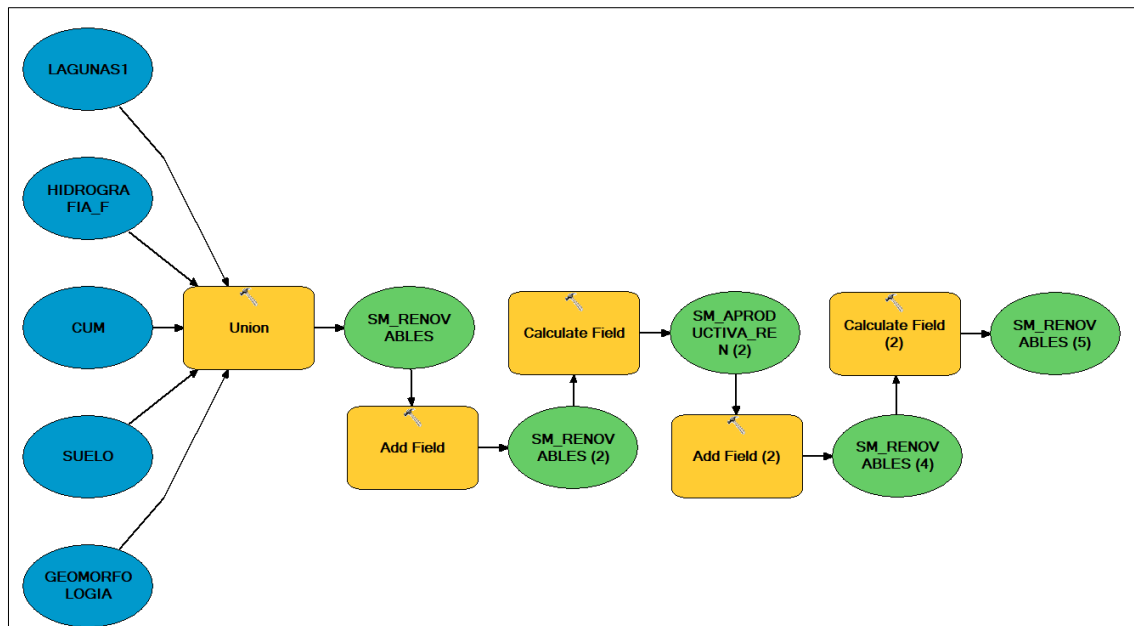


Figura 7: Modelo geoespacial de aptitud productiva de recursos naturales renovables

❖ **Submodelo de aptitud productiva de recursos naturales no renovables**

Para el submodelo aptitud productiva de recursos naturales no renovables se consideró dos variables temáticas, que permitió conocer el potencial minero. Para la determinación del submodelo se utilizó la siguiente ecuación ponderativa (4).

$$Aprod_Nre = A * Geol + B * Min \quad Ec. 4$$

• **Variable dependiente**

Aprod_Nre: Aptitud productiva de recursos naturales no renovables

• **Variables independientes**

Geol: Geología

Min: Concesiones mineras

A, B: Grado de participación de las variables.

• **Escala de valoración de las variables temáticas**

La calificación se realizó para cada uno de los factores o indicadores de las variables. A continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo de aptitud productiva de los recursos naturales no renovables.

Variable temática geología

La calificación del componente geología se realizó evaluando la posibilidad donde puedan existir depósitos o yacimientos minerales, aportado con datos de las unidades geológicas cuyas características litológicas son fuente de potencial mineralógico no metálico, distribución espacial de minerales en tipos de roca (Castro, 2015).

Cuadro 19: Escala de valoración de la variable geología

Formación	Litología	Área (ha)	Peso
Formación saraguro	Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes	62028.95	5
Formación zapotillo	Grauvacas, limolitas, lutitas	57247.78	3
Formación ciano	Lutitas y limolitas multicolor con intercalaciones de roca volcánica y pizarras con presencia de sulfuros	52704.02	3
Grupo tahuin	Areniscas grises, intercaladas con limolitas y lutitas gris oscuras, ligeramente metamorfizadas en algunos sectores	48966.13	1
Grupo tahuín capiro	Arenisca, lutita, limolita, cuarcita, filita y esquisto	30146.98	2
Formación ciano	Limos laminados y lutitas, con areniscas subordinadas; lavas y tobas piroclásticas intercaladas	18854.04	3
Formación zapotillo	Grauvacas, areniscas calcáreas y lutitas con intercalaciones de lavas andesíticas	15254.79	3
Unidad zambi	Filitas	10461.29	1
Otros	Granodiorita, diorita, cuarzdiorita	10208.19	4
Formación cazaderos	Lutita calcárea, arenisca con intercalación de roca volcánica	9315.58	3
Serie tahuín	Esquistos cuarcíticos, filitas, cuarcitas y capas de rocas no metamorfizadas con intercalaciones volcánicas	6590.69	1
Otros	Granito, granodiorita, adamellita	4889.08	2
Depósitos coluvio aluviales	Cantos subredondeados centímetros a decímetros con presencia de limos, arenas de grano fino a grueso	4509.30	1
Formación célica	Lavas andesíticas verdosas, localmente alteradas y meteorizadas	3761.14	3
Otros	Granito, granodiorita, tonalita, diorita	3483.92	2
Plutón marcabellí	Alaskita, cuarzdiorita y granito	3391.03	2
Depósitos aluviales	Arenas de grano medio a fino con intercalación de limos y gravas	3209.39	2
Depósitos coluviales	Bloques angulosos fracturados de centímetros a métricos soportados en matriz limo arenosa, a veces con presencia de poros	2737.42	2
Grupo tahuin san roque	Gneis aplítico y migmatítico	2380.39	2
Depósitos coluvio aluviales	Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques	2144.84	2
Depósitos de ladera	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño	1495.53	1

Continuación...			
Formación cazaderos	Lutitas negras calcáreas que contienen concreciones grandes y capas masivas de caliza cristalina fosilífera de 1 a 3 m de grosor	1415.87	3
Depósitos aluviales	Arcillas, limos y gravas finas	1285.46	1
Formación célica	Lavas andesíticas verdosas, localmente alteradas, meteorizadas e intercalaciones tobáceas	1215.26	3
Riolitas de zaruma urcu	Diques, stocks y otras intrusiones riolíticas	1161.31	3
Formación célica	Lutitas, argilitas interestratificadas, andesitas porfíricas	1126.81	3
Depósitos aluviales	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	1019.33	1
Depósitos coluviales	Arcillas, limos y arenas con presencia de gravas	801.76	2
Intrusivo granodiorítico	Granodiorita	780.34	4
Formación célica	Lavas andesíticas porfíricas verdes homogéneas masivas, localmente con capas tobáceas	734.15	3
Depósitos coluviales	Bloques angulares heterogéneos centímetros a metros	580.45	2
Depósitos coluviales	Bloques de rocas andesíticas y fragmentos angulosos en matriz volcano-sedimentaria meteorizada	465.61	2
Depósitos aluviales	Arcillas, limos y arenas de grano fino a medio	459.21	1
Formación ciano	Limolita, lutita intercaladas con rocas volcánicas	456.43	3
Depósitos aluviales	Cantos rodados, gravas, arenas y limos	397.42	4
Total		367,164.26	

FUENTE: MAG 2017

Variable temática concesiones mineras

Se tomó en cuenta información sobre las evidencias mineras a través de concesiones, proyectos mineros, analizando la información densidad de concesiones y situación de las mismas (Castro, 2015).

Cuadro 20: Escala de valoración de la variable concesiones mineras

Descripción	Área (ha)	Peso
Concesión minera	54304.67	5
Exploración	11070.71	5
Minería artesanal	774.81	5
Libre aprovechamiento	248	5
Concesión de materiales de construcción	15	5
Total	66413.19	

FUENTE: ARCOM 2013

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

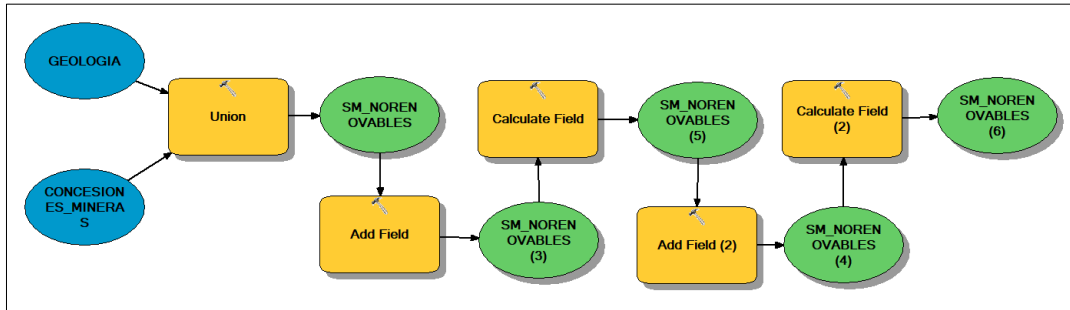


Figura 8: Modelo geoespacial de aptitud productiva de recursos naturales no renovables

❖ Submodelo de aptitud productiva turística

Para el submodelo aptitud turística se consideró tres variables temáticas y para la determinación del submodelo se utilizó la ecuación ponderativa (5).

$$Aptitud_Tur = A * Res_Arq + B * Reser_B * C * Area_VP \quad Ec. 5$$

- **Variable dependiente**

Aptitud_Tur: Aptitud productiva turística

- **Variables independientes**

Res_Arq: restos arqueológicos

Reserv_B: Reserva de Biosfera

Area_VP: Área de Vegetación protectora

A, B, C: Grado de participación de las variables.

- **Escala de valoración de las variables temáticas**

La evaluación o calificación se realizó para cada uno de los factores o indicadores de las variables. A continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo de aptitud productiva turística.

Variable temática restos arqueológicos

La evaluación consistió en determinar el valor arqueológico y el estado en el que se encuentra actualmente, se asignó el valor más alto a los restos arqueológicos que se encontraban en condiciones buenas y a los altamente destruidos el valor más bajo.

Cuadro 21: Escala de valoración de la variable restos arqueológicos

Calidad	Situación	Peso
Arqueología industrial	Poco destruido	5
Sitio arqueológico	Poco destruido	5
Hallazgo	Parcialmente destruido	4
Hallazgo: troncos	Parcialmente destruido	4
Paleontológico	Parcialmente destruido	4
Sitio arqueológico	Parcialmente destruido	4
Sitio: bivalvos	Parcialmente destruido	4
Sitio: troncos	Parcialmente destruido	4
Hallazgo: troncos		3
Sitio arqueológico	Medianamente destruido	3
Sitio arqueológico		3
Sitio arqueológico	Destruído	2
Sitio arqueológico	Altamente destruido	1
Sitio arqueológico	Bajamente destruido	4

FUENTE: IEE 2015

Variable temática reserva de biosfera

Sirven para impulsar armónicamente la integración de las poblaciones y la naturaleza, a fin de promover un desarrollo sostenible mediante un diálogo participativo, el intercambio de conocimiento, la reducción de la pobreza, la mejora del bienestar, el respeto a los valores culturales y la capacidad de adaptación de la sociedad ante los cambios. Bajo este contexto se evaluó la zona dentro de la unidad hidrográfica que se encuentran bajo la categoría de reserva de biosfera.

Cuadro 22: Escala de valoración de la variable reserva de biosfera

Nombre	Peso
Reserva de Biosfera del Bosque Seco	5

FUENTE: MAE 2016

Variable temática área de bosque y vegetación protectora

Son formaciones localizadas en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas hidrográficas. Las funciones de los bosques protectores son las de conservar el agua, el suelo,

la flora y la fauna silvestre (MAE, 2015). Bajo este contexto se evaluó los bosques y vegetación protectora con los valores más altos por su riqueza de recursos que éstas poseen.

Cuadro 23: Escala de valoración de la variable área de bosque y vegetación protectora.

Nombre	Peso
Rio arenillas presa Tahuín	5
Cuenca del rio moromoro	5
Bosque petrificado Puyango	5

FUENTE: MAE 2016

Modelo geoespacial

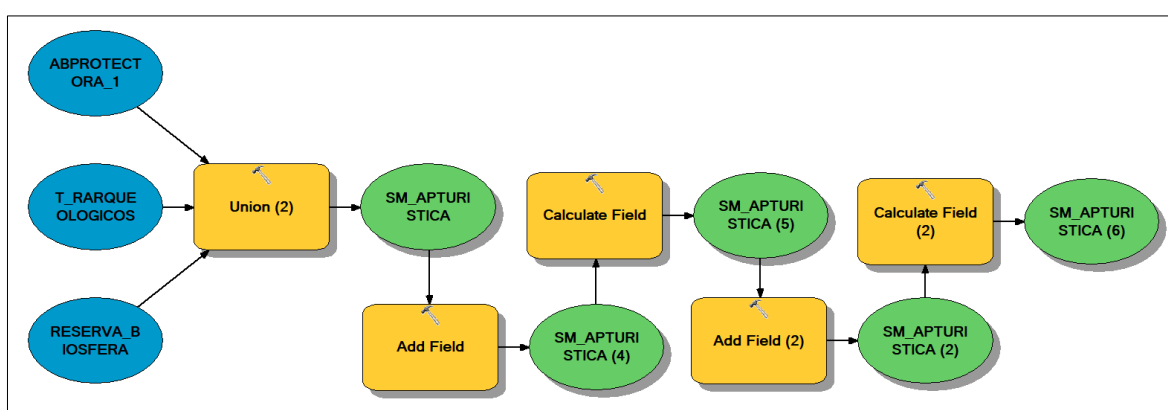


Figura 9: Modelo geoespacial de aptitud productiva turística

❖ Submodelo de conflicto de uso

En el submodelo conflicto de uso se consideró dos variables temáticas, que ayuda a determinar las zonas con conflictos de uso del suelo. Para la determinación se utilizó el siguiente modelo lógico.

Algoritmo

- Capacidad de uso mayor de la tierra < Cobertura vegetal y uso de la tierra
- Capacidad de uso mayor de la tierra > Cobertura vegetal y uso de la tierra
- Capacidad de uso mayor de la tierra = Cobertura vegetal y uso de la tierra

Escala de valoración de las variables temáticas

La integración de las dos variables, se realizó confrontando los usos actuales encontrados con las categorías de uso según la capacidad de uso mayor de las tierras. Este proceso permitió identificar las áreas en donde existen conflictos: Subuso, sobre uso y uso conforme.

Variable temática cobertura vegetal y uso de la tierra

Se realizó una codificación de acuerdo al criterio personal y revisión bibliográfica con el fin que nos permita evaluar el conflicto que existe en la zona de estudio.

Cuadro 24: Escala de valoración de la variable cobertura vegetal y uso de la tierra

Descripción		COD1
Pastizal	158051.42	2
Bosque nativo	112933.75	4
Cultivo anual	32107.44	1
Cultivo permanente	19122.22	1
Vegetación arbustiva	14846.39	3
Mosaico agropecuario	11954.75	1
Paramo	11786.30	4
Cultivo semi permanente	1710.14	1
Área poblada	1642.90	5
Vegetación herbácea	1408.22	2
Natural	1296.02	4
Plantación forestal	203.01	3
Área sin cobertura vegetal	55.71	4
Infraestructura	45.99	5
Total	367,164.26	

FUENTE: MAE 2014

Variable temática capacidad de uso mayor de la tierra

Se realizó una codificación de acuerdo al criterio personal y revisión bibliográfica con el fin que nos permita evaluar el conflicto que existe en la zona de estudio.

Cuadro 25: Escala de valoración de la variable capacidad de uso mayor de la tierra

Descripción	Tema	Área (ha)	COD2
Con limitaciones severas	Terrenos aptos para cultivos	1465.90	1
Con limitaciones severas de clima	Terrenos aptos para cultivos	4775.24	1
Ganadería extensiva-semintensiva/cult. limitaciones de erosión y suelo	Terrenos aptos para pastos/aptos para cultivos	8031.52	2
Ganadería extensiva; extensiva-semintensiva	Terrenos aptos para pastos	44943.36	2
Limitaciones severas de suelo riesgo de erosión	Terrenos aptos para cultivos	26186.10	1
Limitaciones severas por erosión	Terrenos aptos para cultivos	23.15	1
Protec. de cobertura vegetal/bosques de protección ,reforestación	Protección total/terrenos forestales	277542.33	4
Protección de cobertura vegetal existente	Protección total	4196.67	4
Total		367164.26	

FUENTE: MAGAP 2010

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

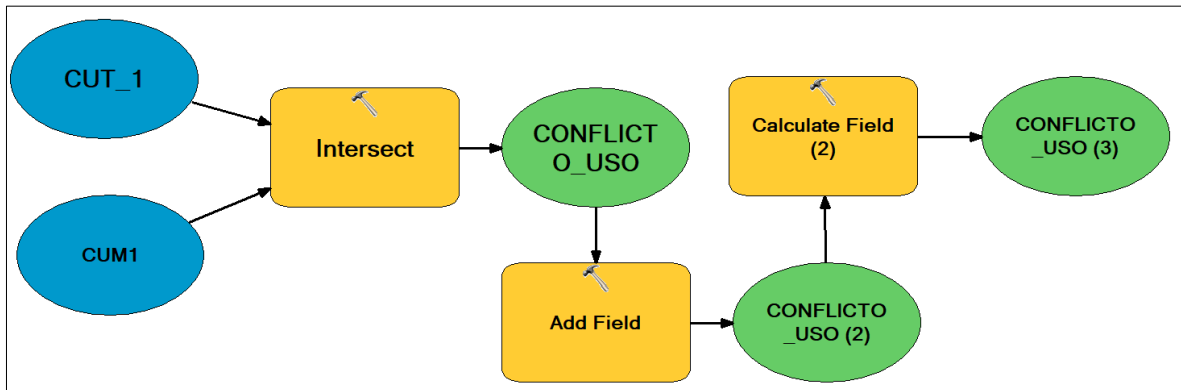


Figura 10. Modelo geoespacial de conflicto de uso

❖ Submodelo de conflicto ambiental

En el submodelo conflicto ambiental se consideró cinco variables temáticas. Para la determinación del submodelo se utilizó la ecuación ponderativa (6).

$$CAmb = A * Fuent_Cont + B * Dens_Pob + C * Sm_Vuln + D * Min + E * Cal_Ag \text{ Ec. 6}$$

• Variable dependiente

CAmb: Conflicto ambiental

• Variables independientes

Fuent cont = Fuentes contaminantes

Dens Pob = Densidad Poblacional

Sm_Vuln = Submodelo de Vulnerabilidad

Min = Minería

Cal_Ag = Calidad de agua

A, B, C, D, E = Grado de participación de las variables.

- **Escala de valoración de las variables temáticas**

La calificación se realizó para cada uno de los factores de las variables. A continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo de conflicto ambiental.

Variable temática fuentes contaminantes

La calificación se realizó tomando en cuenta potenciales contaminantes, producto de las actividades, mineras (bocaminas, plantas de beneficio) y por la falta de infraestructura sanitaria e inadecuado manejo de residuos sólidos.

Cuadro 26: Escala de valoración para la variable fuentes contaminantes

Fuentes contaminante	Peso
Bocamina	5
Bocamina abandonada	5
Cantera	5
Cantera abandonada	5
Depósito de relave	5
Escombrera	5
Escombrera abandonada	5
Infraestructura abandonada	5
Mala gestión bocamina	5
Mala gestión cantera	5
Mala gestión escombrera	5
Piscinas de sedimentación abandonadas	5
Relavera	5
Relavera abandonada	5
Terraza aluvial abandonada	5
Terraza Aluvial	5

FUENTE: MAE 2015

Variable temática densidad poblacional

La densidad poblacional es la relación entre el número de habitantes y la superficie en el que viven, expresados en km² y por lo tanto con los recursos de que dispone esa sociedad para su desarrollo. La calificación de esta variable se realizó tomando en cuenta que el deterioro ambiental se da en lugares con mayor población.

Cuadro 27: Escala de valoración para la variable densidad poblacional

Parroquia	Provincia	Cantón	Densidad km ²	Pesos
Zaruma	El Oro	Zaruma	968,72	5
Portovelo	El Oro	Portovelo	244,7	2
Garzareal	Loja	Zapotillo	9.37	1
El Arenal	Loja	Puyango	34.53	1
El Cisne	Loja	Loja	15.19	1
El Ingenio	El Oro	Marcabellí	13.77	1
El Limo	Loja	Puyango	11.62	1
El Paraíso	El Oro	Las lajas	9.92	1
12 De Diciembre	Loja	Pindal	43.75	1
El Rosario	Loja	Chaguarpamba	5.4	1
Ciano	Loja	Puyango	17.55	1
Guachanama	Loja	Paltas	9.37	1
Gualel	Loja	Loja	20.4	1
Guanazan	El Oro	Zaruma	15.86	1
Guayquichuma	Loja	Catamayo	3.64	1
Guizhaguiña	El Oro	Zaruma	10.97	1
El Paraiso	Loja	Saraguro	44.44	1
Cangonama	Loja	Paltas	28.82	1
Alamor	Loja	Puyango	34.65	1
Amarillos	Loja	Chaguarpamba	30.6	1
Arcapamba	El Oro	Zaruma	67.64	1
Ayapamba	El Oro	Atahualpa	14.12	1
Balsas	El Oro	Balsas	100.34	1
Bellamaría	El Oro	Balsas	91.52	1
Curtincapa	El Oro	Portovelo	25.88	1
Buenavista	Loja	Chaguarpamba	27.34	1
Cordoncillo	El Oro	Atahualpa	32.68	1
Capiro	El Oro	Piñas	12.94	1
Catacocha	Loja	Paltas	27.66	1
Cazaderos	Loja	Zapotillo	4.04	1
Chaguarpamba	Loja	Chaguarpamba	35.45	1
Chilla	El Oro	Chilla	7.48	1
La Libertad	El Oro	Las lajas	9.72	1
Bolaspamba	Loja	Zapotillo	8.26	1
San Pedro De La Bendita	Loja	Catamayo	10.76	1
Huertas	El Oro	Zaruma	42.4	1
Salatí	El Oro	Portovelo	6.83	1
Salvias	El Oro	Zaruma	7.72	1
San Antonio	Loja	Paltas	30.87	1
San Isidro	El Oro	Las lajas	20.37	1
Pindal	Loja	Pindal	40.19	1
San Pablo De Tenta	Loja	Saraguro	23.56	1
Paletillas	Loja	Zapotillo	15.01	1
San Roque	El Oro	Piñas	19.05	1
Santa Rufina	Loja	Chaguarpamba	22.28	1
Saracay	El Oro	Piñas	21.62	1

Continuación...				
Sinsao	El Oro	Zaruma	29.23	1
Vicentino	Loja	Puyango	22.32	1
Zambi	Loja	Catamayo	11.67	1
San José	El Oro	Atahualpa	165.91	1
Milagro	El Oro	Atahualpa	80.14	1
La Tingue	Loja	Olmedo	12.94	1
La Victoria	El Oro	Las lajas	24.01	1
Lauro Guerrero	Loja	Paltas	18.48	1
Malvas	El Oro	Zaruma	87.58	1
Manu	Loja	Saraguro	15.45	1
Piñas	El Oro	Piñas	143.21	1
Mercadillo	Loja	Puyango	41.62	1
La Bocana	El Oro	Piñas	22.13	1
Morales	El Oro	Portovelo	8.64	1
Moromoro	El Oro	Piñas	15.98	1
Muluncay Grande	El Oro	Zaruma	119.69	1
Olmedo	Loja	Olmedo	68.99	1
Orianga	Loja	Paltas	9.62	1
Paccha	El Oro	Atahualpa	49.21	1
Marcabelí	El Oro	Marcabelí	39.87	1

FUENTE: INEC 2010

Variable temática vulnerabilidad

La calificación del submodelo de vulnerabilidad generado con variables de pendiente, precipitación, geología, geomorfología, cobertura vegetal y uso de la tierra, suelos, se realizó considerando que cuando hay vulnerabilidad alta existe mayor posibilidad de conflicto ambiental.

Cuadro 28: Escala de valoración para la variable vulnerabilidad

Nivel	Área (ha)	Peso
Vulnerabilidad Alta	28862.09	4
Vulnerabilidad Media	123120.74	2
Vulnerabilidad Baja	138043.46	2
Vulnerabilidad Muy Baja	37251.19	1
Vulnerabilidad Estable	39886.78	1
Total	367164.26	

Variable temática concesiones mineras

La calificación de las concesiones mineras se realizó tomando en cuenta que la actividad minera se practica principalmente en la cuenca alta, en los cantones Zaruma, Portovelo y Atahualpa de la provincia de El Oro, sitios considerados con potencial minero.

Cuadro 29: Escala de valoración para la variable concesiones mineras

Descripción	Área (ha)	Peso
Concesión minera	54304.67	4
Exploración	11070.71	4
Minería artesanal	774.81	4
Libre aprovechamiento	248	4
Concesión de materiales de construcción	15	4
Total	66;413.19	

FUENTE: ARCOM 2013

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

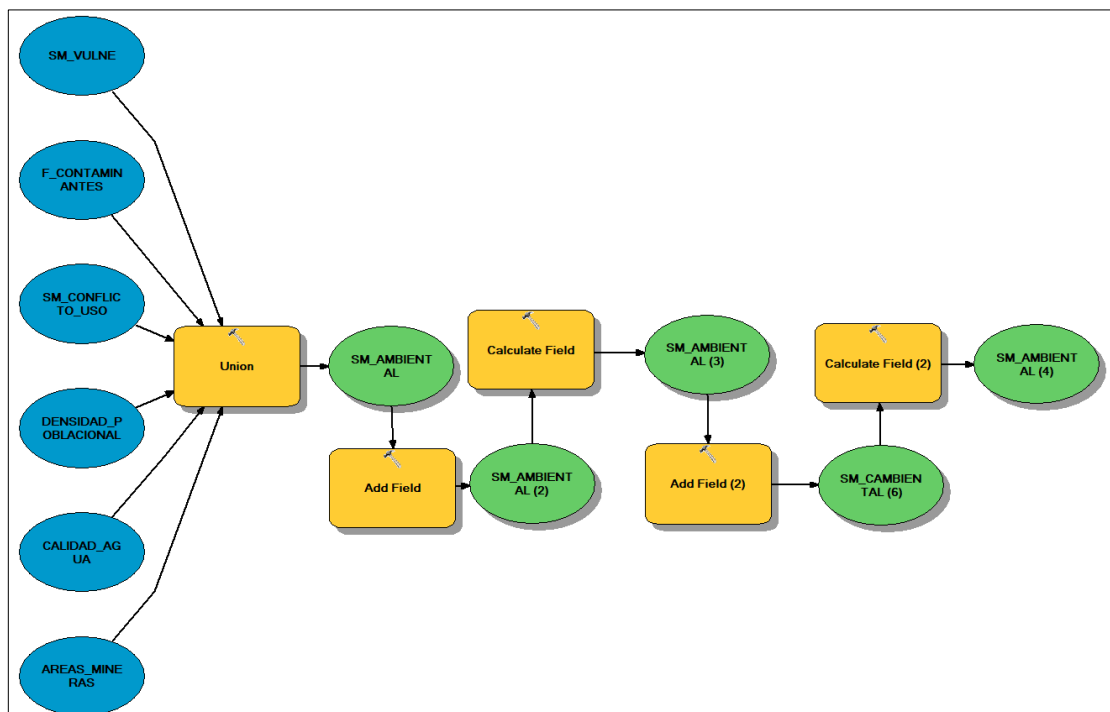


Figura 11: Modelo geoespacial de conflicto ambiental

❖ **Submodelo de valor histórico cultural**

Para el submodelo histórico cultural se consideró cinco variables temáticas. Estos determinan la importancia de la riqueza patrimonial e inmaterial y usos tradicionales; para la determinación del submodelo se utilizó la siguiente ecuación ponderativa (7).

$$VHist_cult = A * Naci_Ind + B * Ciu_P + C * Rest_Arq + D * Area_VP \text{ Ec. 7}$$

- **Variable dependiente**

VHist_cult: Valor histórico cultural

- **Variables independientes**

Naci_Ind: Nacionalidades indígenas

Ciu_P: Ciudad Patrimonio

Rest_Arq: restos arqueológicos

Área_VP: Área de Vegetación protectora

A, B, C, D: Grado de participación de las variables.

- **Escala de valoración de las variables temáticas**

La calificación se realizó para cada uno de los indicadores de las variables., a continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo.

Variable temática nacionales indígenas

Los pueblos dentro de la nacionalidad Kichwa aún mantienen su identidad de acuerdo a sus costumbres, dialecto, ubicación geográfica y actividades económicas. La calificación se la realizó tomando en cuenta la ubicación de las comunidades y revisión bibliográfica del estado actual de esas comunidades por ejemplo su procedencia histórica y prácticas ancestrales comunales.

Cuadro 30: Escala de valoración para la variable nacionalidades indígenas

Nacionalidad	Lengua	Región	Peso
Paltas	Kichwa	Sierra	3
Wankavilca	Kichwa	Costa	3

FUENTE: IEE 2010

Variable temática ciudad patrimonio

La calificación de la variable se la realizó analizando que Zaruma es la única ciudad de la unidad hidrográfica Puyango declarada por el Ministerio de Educación y Cultura de Ecuador como ciudad patrimonio.

Cuadro 31: Escala de valoración para la variable ciudad patrimonio

Descripción	Nombre	Ciudad	Peso
Área edificada, urbanización, casco urbano	Zaruma	Declarado patrimonio nacional	5

FUENTE: IEE 2015

Variable temática restos arqueológicos

La evaluación consistió en determinar el valor arqueológico y estado en el que se encuentra actualmente, tomando en cuenta que los restos arqueológicos son producto excavaciones y descubrimientos arqueológicos, se le asignó el valor más alto a los restos arqueológicos que se encontraban en condiciones buenas y a los altamente destruidos el valor más bajo.

Cuadro 32: Escala de valoración para la variable restos arqueológicos

Calidad	Situación	Peso
Arqueología industrial	Poco destruido	5
Sitio arqueológico	Poco destruido	5
Hallazgo	Parcialmente destruido	4
Hallazgo: troncos	Parcialmente destruido	4
Paleontológico	Parcialmente destruido	4
Sitio arqueológico	Parcialmente destruido	4
Sitio: bivalvos	Parcialmente destruido	4
Sitio: troncos	Parcialmente destruido	4
Sito arqueológico	Parcialmente destruido	4
Hallazgo: troncos		3
Sitio arqueológico	Medianamente destruido	3
Sitio arqueológico	Destruído	2
Sitio arqueológico	Destruído	2
Sitio arqueológico	Altamente destruido	1
Sitio arqueológico	Bajamente destruido	1

FUENTE: IEE 2015

Variable temática área de bosque y vegetación protectora

Las funciones de los bosques protectores son las de conservar el agua, el suelo, la flora y la fauna silvestre (MAE, 2015). Bajo este contexto se evaluó los bosques y vegetación

protectora con los valores más altos por su riqueza de recursos q estas poseen y valor histórico cultural que representan.

Cuadro 33: Escala de valoración para la variable área de bosque y vegetación protectora

Nombre	Ubicación	Peso
Rio arenillas presa tahuín	Provincia: el oro; cantón: arenillas, Atahualpa	5
Cuenca del rio Moro – Moro	Provincia: El Oro; cantón: Pinas	5
Bosque Petrificado del Puyango	Provincia: Loja y El Oro; cantón: Puyango	5

FUENTE: MAE 2016

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

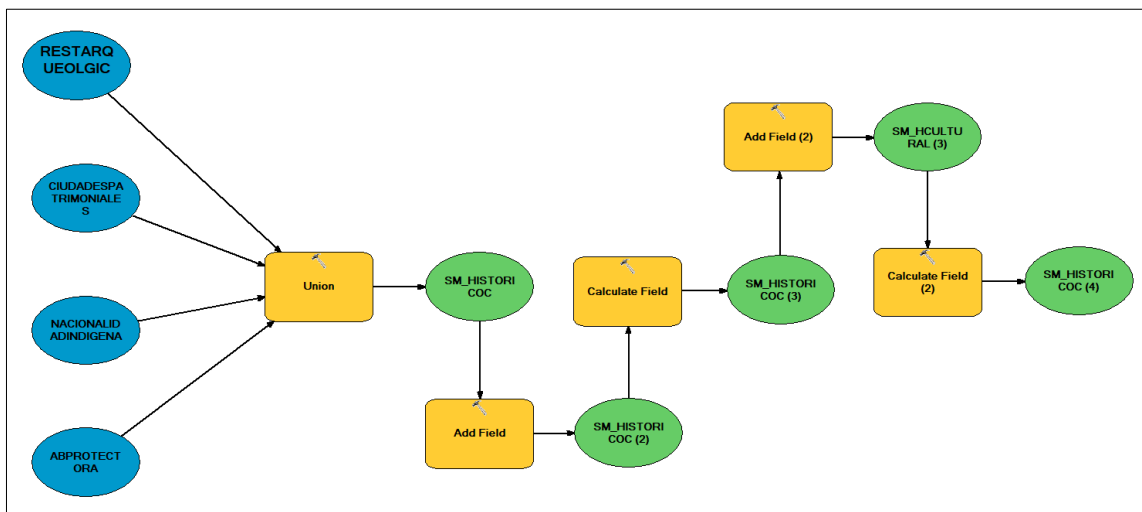


Figura 12: Modelo geoespacial de conflicto ambiental

❖ Submodelo de urbano industrial

En el submodelo urbano industrial se consideró cinco variables temáticas. Para la determinación del submodelo se utilizó la ecuación ponderativa (8).

$$Urb_I = A * Sm_Vuln + B * Sm_Bioeco + C * CUT + D * Phidro + E * Cpobla \quad Ec. 8$$

- **Variable dependiente**

Urb_I: Urbano industrial

- **Variables independientes**

Sm_Vuln: Submodelo Vulnerabilidad

Sm_Bioeco: Submodelo Bioecológico

CUT: Cobertura y uso de la tierra

Phidro: Potencial hidroenergético

Cpobla: Centros poblados

A, B, C, D, E: Grado de participación de las variables.

- **Escala de valoración de las variables temáticas**

La evaluación o calificación se realizó para cada uno de los factores o indicadores de las variables. A continuación, se muestra la escala de valoración de cada una de las variables utilizadas para generar el submodelo urbano industrial.

Variable temática vulnerabilidad

La calificación del submodelo de vulnerabilidad generado con variables de pendiente, precipitación, geología, geomorfología, cobertura vegetal y uso de la tierra, suelos, se realizó tomando en cuenta que cuando hay vulnerabilidad alta existe mayor probabilidad de ocurrencia de fenómenos físico como deslizamientos y derrumbes, y se puede ocasionar daños materiales y pérdidas humanas.

Cuadro 34: Escala de valoración para la variable vulnerabilidad

Nivel	Área (ha)	Peso
Vulnerabilidad Alta	28862.09	1
Vulnerabilidad Media	123120.74	2
Vulnerabilidad Baja	138043.46	4
Vulnerabilidad Muy Baja	37251.19	5
Vulnerabilidad Estable	39886.78	5
Total	367164.26	

Variable valor bioecológico

La calificación de esta variable se lo realizó tomando en cuenta el nivel: valor bioecológico bajo si le asigno el valor más alto y valor bioecológico alto se le asignó el valor más bajo.

Cuadro 35: Escala de valoración para la variable valor bioecológico

Nivel	Área (ha)	Peso
Bioecológico Muy Alto	8194.18	1
Bioecológico Alto	91649.87	1
Bioecológico Medio	50091.95	3
Bioecológico Bajo	122402.74	5
Bioecológico Muy Bajo	94825.53	5
Total	367,164.26	

Variable temática cobertura vegetal y uso de la tierra

La ponderación de esta variable se realizó en función al tipo de cobertura, considerando los valores más altos a las áreas sin cobertura, poblada e infraestructura.

Cuadro 36: Escala de valoración para la variable cobertura vegetal y uso de la tierra

Descripción	Área (ha)	Peso
Pastizal	158051.42	4
Bosque nativo	112933.75	1
Cultivo anual	32107.44	2
Cultivo permanente	19122.22	1
Vegetación arbustiva	14846.39	4
Mosaico agropecuario	11954.75	4
Paramo	11786.3	1
Cultivo semi permanente	1710.14	2
Área poblada	1642.9	5
Vegetación herbácea	1408.22	4
Natural	1296.02	0
Plantación forestal	203.01	1
Área sin cobertura vegetal	55.71	5
Infraestructura	45.99	5
Total	367,164.26	4

FUENTE: MAE 2014

Variable temática potencial hidroenergético

La definición del potencial hidroenergético se realizó en base a información generada por Luna *et al.*, (sf) que menciona que el río Luis, afluente principal posee una potencia instalada de 14.806 MW.

Cuadro 37: Escala de valoración para la variable potencial hidroenergético

Descripción	Peso
Rio Luis	5

FUENTE: Luna et al., (sf)

Variable temática centros poblados

La calificación de la variable se realizó evaluando los centros poblados urbanos y rurales que se encuentran en la zona de estudio asignándoles al valor más alto a los centros urbanos y el valor más bajo a los centros rurales debido a su poblacional y superficie.

Cuadro 38: Escala de valoración para la variable centros poblados

Tipo	Peso
Rurales	4
Urbanos	5

FUENTE: IGM 2016

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

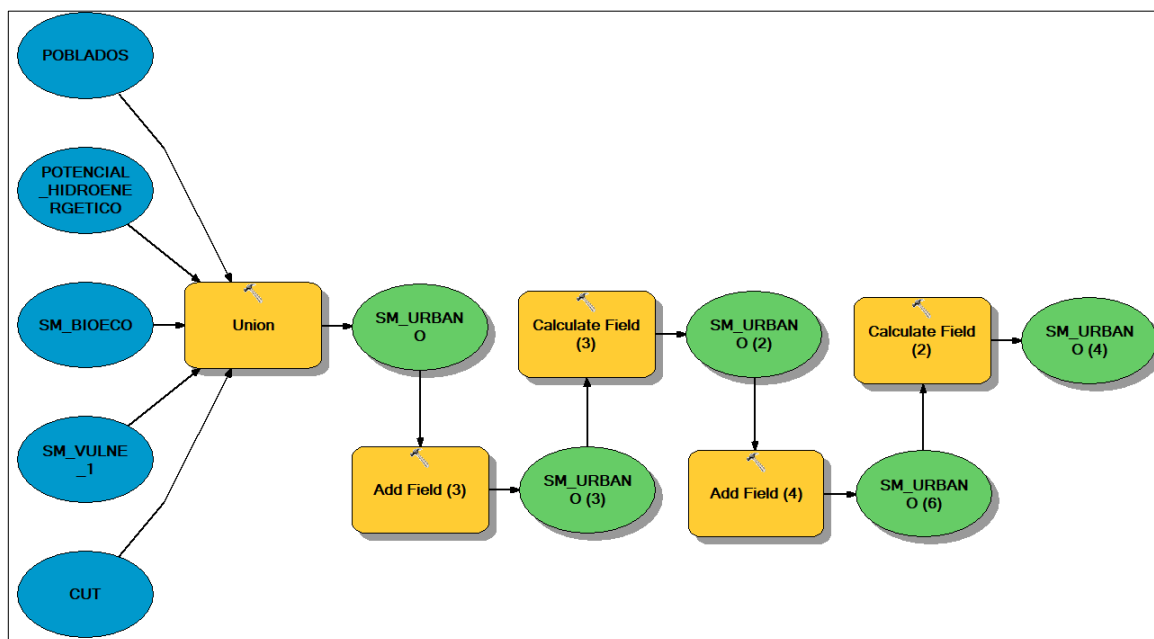


Figura 13: Modelo geoespacial urbano industrial

❖ **Submodelo socioeconómico**

Se consideraron ocho variables temáticas, que reflejan las condiciones socioeconómicas de la unidad hidrográfica Puyango, y son de gran importancia para determinar la situación social y económica de la zona de estudio. Para la determinación del submodelo se utilizó la siguiente ecuación ponderativa (9).

$$SOC_EC = A * AN + B * CS + C * CE + D * SB + E * PEA + F * PO + G * VI + H * DP \text{ Ec. 9}$$

- **Variable dependiente**

SOC_EC: Socioeconómico

- **Variables independientes**

AN: tasa de analfabetismo

CS: Centros de salud

CE: Centros educativos

SB: Servicios básicos

PEA: Población económicamente activa

PO: Pobreza

VI: Vías

DP: Densidad poblacional

A, B, C, D, E, F, G, H: Grado de participación de las variables.

- **Escala de valoración de las variables temáticas**

La evaluación de las variables temáticas socioeconómicas se realizó a nivel parroquial con información obtenida de las diferentes instituciones, con el fin de definir su potencial.

Cuadro 39: Escala de valoración de las variables socioeconómicas utilizadas.

Parroquia	Cantón	AN	CS	CE	SB	PEA	PO	RV	DEP
12 de Diciembre	Pindal	4.5	1	2	2.3	3.5	1	2	1
Alamor	Puyango	4.8	3	5	3.5	3.7	3	4	1
Amarillos	Chaguarpamba	4.4	0	1	1.8	3.6	1	2	1
Arcapamba	Zaruma	4.8	1	1	3.9	4.1	3	4	1
Ayapamba	Atahualpa	5	1	1	4	3.8	3	5	1
Balsas	Balsas	4.9	2	1	3.9	3.9	3	5	1
Bellamaria	Balsas	4.6	0	1	3.5	4.1	2	3	1
Bolaspamba	Zapotillo	4.1	2	1	2.9	3.4	1	4	1
Buenavista	Chaguarpamba	4.7	2	1	2.9	3.6	2	2	1
Cangonama	Paltas	4.7	1	1	1.2	4.2	1	3	1
Capiro	Piñas	4.8	2	1	2.9	3.4	2	4	1
Catacocha	Paltas	4.8	5	3	4	3.8	3	5	1
Cazaderos	Zapotillo	4.7	1	2	2	4	1	4	1
Chaguarpamba	Chaguarpamba	4.8	2	3	2.5	3.7	2	5	1
Chilla	Chilla	4.5	2	2	2.7	4	2	2	1
Ciano	Puyango	4.7	2	2	2.7	2.8	1	2	1
Cordoncillo	Atahualpa	4.8	1	1	4	3.2	3	3	1
Curtincapa	Portovelo	4.7	1	1	2.5	4.1	2	3	1
El Arenal	Puyango	4.7	1	2	2.3	3.2	1	4	1
El Cisne	Loja	4.8	1	1	3.4	4.2	3	3	1
El Ingenio	Marcabeli	4.9	0	1	3.4	3.5	4	2	1
El Limo	Puyango	4.7	2	3	2	3.5	1	4	1
El Paraiso	Las Lajas	4.8	2	1	3	3.8	3	3	1
El Paraiso De Celen	Saraguro	3.6	2	1	1.8	3.4	1	2	1
El Rosario	Chaguarpamba	5	1	1	1.3	3.7	1	2	1
Garzareal	Zapotillo	4.5	2	2	1.7	3.4	1	3	1
Guachanama	Paltas	4.8	2	3	1.5	3.3	1	3	1
Gualel	Loja	4.3	2	2	1.9	4	1	3	1
Guanazan	Zaruma	3.9	2	2	1.6	3.7	1	2	1
Guayquichuma	Catamayo	4.8	1	1	1.9	5	1	2	1
Guizhaguiña	Zaruma	4.7	1	1	2.3	3.9	1	4	1
Huertas	Zaruma	4.9	1	1	3.9	3.6	3	4	1
La Bocana	Piñas	4.7	1	1	2.9	3.6	2	4	1
La Libertad	Las Lajas	4.8	1	1	2.5	3.3	1	3	1
La Tingue	Olmedo	4.5	1	1	1.7	3.5	1	2	1
La Victoria	Las Lajas	4.8	2	1	4.2	3.7	3	4	1
Lauro Guerrero	Paltas	4.8	1	1	2.4	3.5	1	3	1
Malvas	Zaruma	4.9	1	1	3.8	3.6	3	3	1
Manu	Saraguro	4.5	2	3	2.5	3.6	1	2	1
Marcabeli	Marcabeli	4.8	2	1	4.6	3.8	4	4	1
Mercadillo	Puyango	4.8	1	1	2.8	3.5	2	2	1
Milagro	Atahualpa	4.9	1	1	4	3.4	3	3	1
Morales	Portovelo	4.6	2	1	2.1	3.8	1	3	1
Moromoro	Piñas	4.9	2	1	3.2	3.9	2	4	1
Muluncay Grande	Zaruma	4.9	1	1	3.9	4.3	4	2	1

Continuación...

Olmedo	Olmedo	4.7	2	2	2.3	3.2	1	5	1
Orianga	Paltas	4.7	1	2	2.2	3.4	1	3	1
Paccha	Atahualpa	4.8	2	1	4.4	3.6	5	5	1
Paletillas	Zapotillo	4.4	1	3	1.8	3.6	1	4	1
Pindal	Pindal	4.7	2	5	2.9	3.5	2	3	1
Piñas	Piñas	5	4	3	4.6	4	5	5	1
Portovelo	Portovelo	4.9	3	2	4.6	4.1	4	4	2
Salati	Portovelo	4.5	1	1	1.9	4	1	3	1
Salvias	Zaruma	4.7	2	1	2.7	3.5	1	3	1
San Antonio	Paltas	4.7	1	1	1.8	3.5	1	3	1
San Isidro	Las Lajas	4.8	1	1	3.5	3.2	2	3	1
San Jose	Atahualpa	4.8	2	1	3.6	3.5	2	3	1
San Pablo De Tenta	Saraguro	4.3	3	2	1.9	4.2	1	2	1
San Pedro De La Bendita	Catamayo	4.9	2	1	4.3	3.6	5	5	1
San Roque	Piñas	4.9	2	1	3.1	3.9	2	4	1
Santa Rufina	Chaguarpamba	4.7	1	2	2.3	3.8	1	2	1
Saracay	Piñas	4.8	1	2	3.5	3.8	2	5	1
Sinsao	Zaruma	4.6	1	1	2.4	4	1	3	1
Vicentino	Puyango	4.7	2	2	2.1	4	1	2	1
Zambi	Catamayo	4.9	1	1	2.3	3.2	1	2	1
Zaruma	Zaruma	5	3	2	5	4.2	5	4	5

FUENTE: Elaboración propia con información del INEC 2010, MSP, MINEDUC, IGM.

AN: Tasa de analfabetismo, CS: centros de Salud, CE: Centros educativos, SB: servicios básicos, PEA: Población económicamente activa, PO: Pobreza, RV: Red Vial, DEP: Densidad poblacional.

Modelo geoespacial

La ejecución secuencial, combinación de las herramientas y datos se lo realizó mediante el uso del *model builder*, tal como se muestra a continuación.

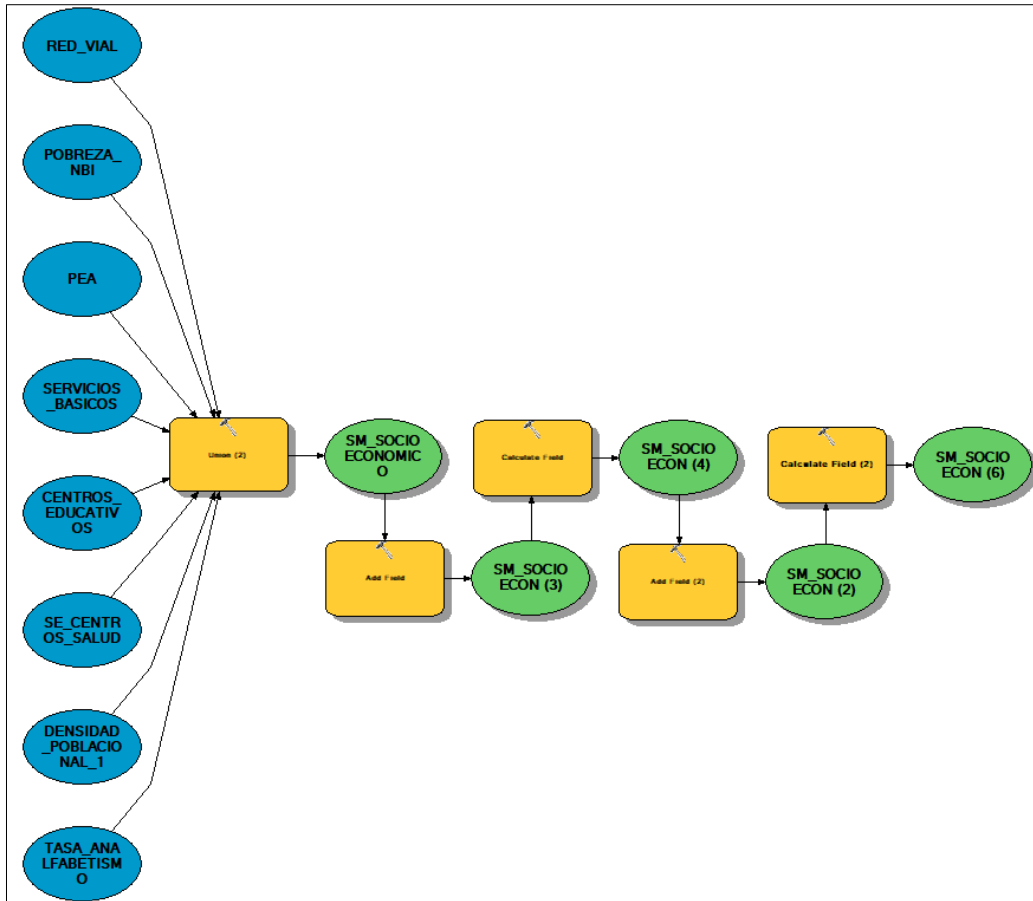


Figura 14: Modelo geoespacial socioeconómico

❖ **Grado de participación de las variables**

En la Figura 15 se muestra el esquema metodológico de las variables y el algoritmo utilizado para la generación de los diez submodelos. Las variables temáticas están condicionadas por un grado de participación, una vez ponderadas estas variables temáticas se realizó la integración vectorial, a cada una se asignó un peso tomando en cuenta su grado de influencia e importancia que tiene cada variable sobre el modelo y, la correlación que existe entre lo identificado con el submodelo y la realidad conocida mediante salidas de campo. El algoritmo de análisis ha consistido en sumar espacialmente las variables temáticas según corresponda, mediante la función unión, para obtener los respectivos submodelos, los mismos que a través de esta misma función fueron sumados.

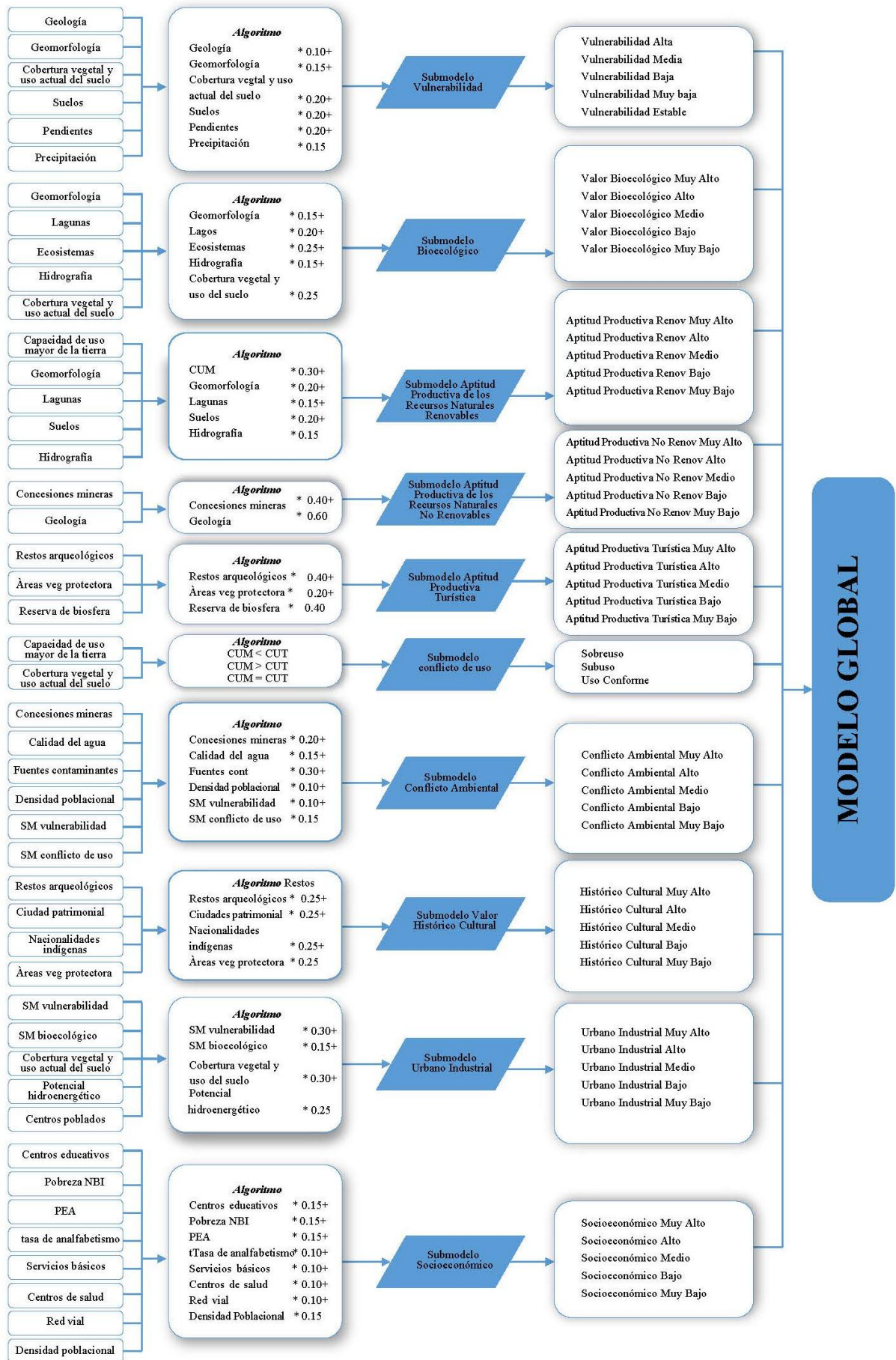


Figura 15: Esquema metodológico del estudio y ponderacion de variables.

❖ Generación del modelo global

En función de los submodelos obtenidos se elaboró el modelo global de la unidad hidrográfica Puyango, para cual se integró el resultado de los submodelos generados y validados a nivel de campo, el modelamiento geoespacial global permitió definir las zonas con limitaciones y potencialidades teniendo en cuenta las condiciones físicas y socioeconómicas. Para obtener el modelo global se realizó el procedimiento que se muestra en el Cuadro 40, basado en la guía de modelamiento participativo para zonificación ecológica y económica – región Cajamarca 2010, y adaptado a la realidad de la zona de estudio. En la Figuras 16a y 16 b, se muestra la integración de submodelos utilizando *model builder* en el software ARCGIS 10.3.

Cuadro 40: Procedimientos establecidos para definir la selección y atributos en la base de datos.

Condición	Descripción		Zonificación
Si	Vulnerabilidad Valor Bioecológico Valor Histórico cultural	Alta Muy Alta Muy Alta	Zona de protección y conservación
No			
Si	Conflicto ambiental Conflicto de uso	Alto Sobre uso	Zona de recuperación
No			
Si	Socioeconómico Urbano industrial	Alto Muy alto Alto	Zona urbano industrial
No			
Si	Conflicto ambiental Aptitud productiva de recursos naturales no renovables	Bajo Alto	Producción Minera
No			
Si	Aptitud productiva de recursos naturales renovables Valor Bioecológico	Alta Medio	Producción Agrícola
No			
Si	Aptitud productiva turística	Muy Alta Alta	Producción Turística
No			
Si	Vulnerabilidad Valor Bioecológico	Baja Bajo	Producción Pecuaria
No			
Si	Vulnerabilidad Valor Bioecológico	Media Alto	Producción Forestal

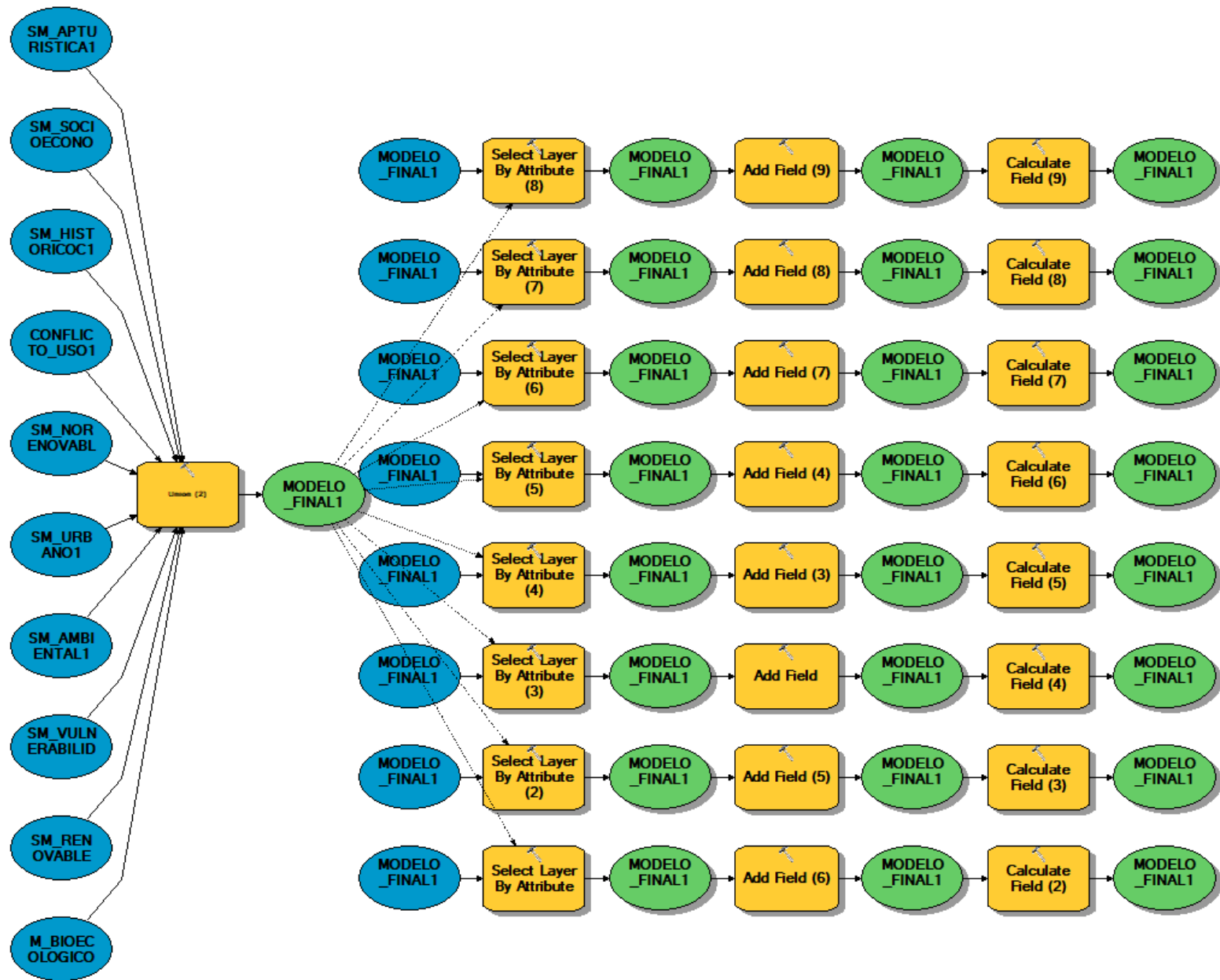


Figura 16a: Integración de submodelos

Continua →

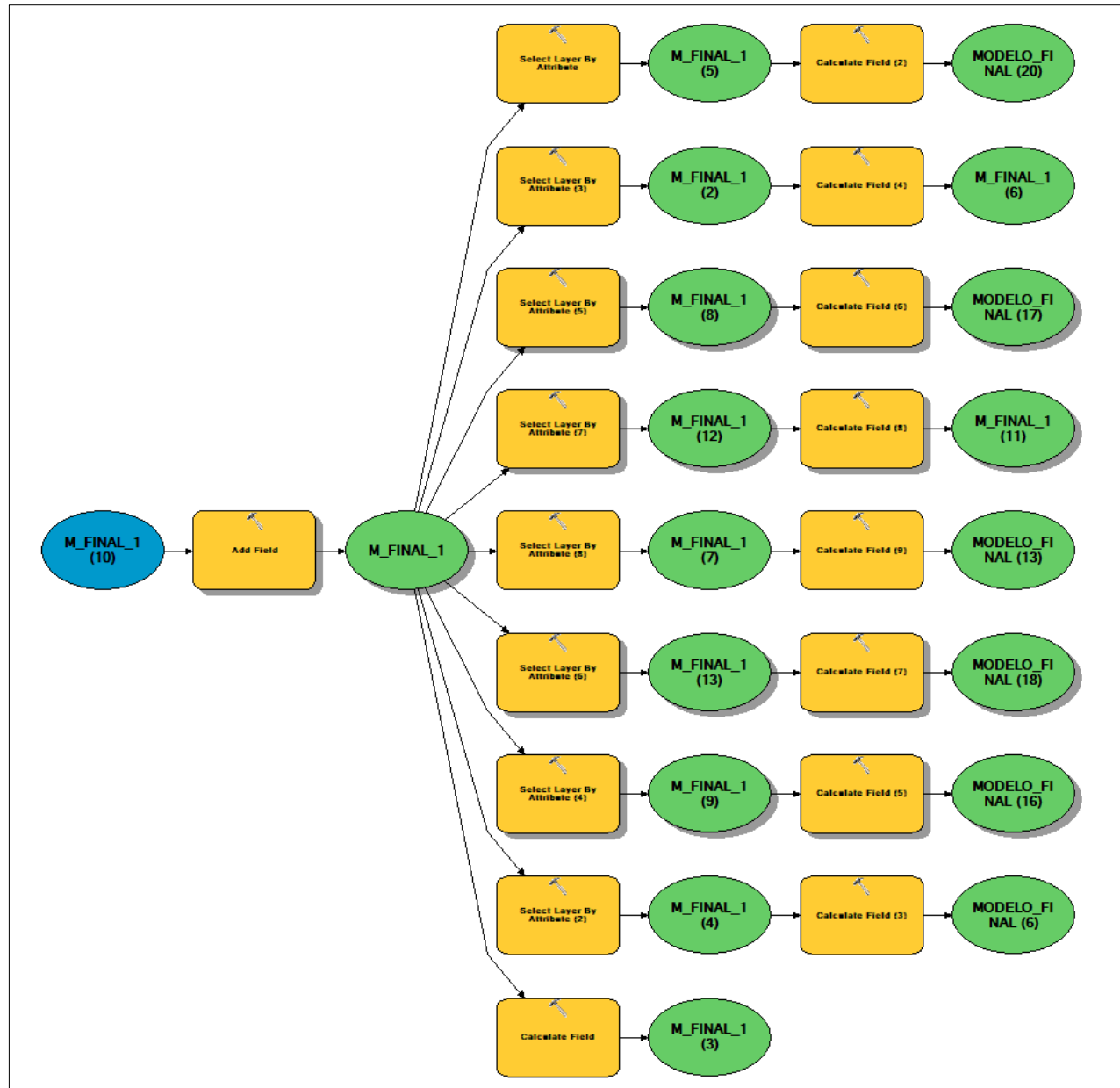


Figura 16b: Integración de submodelos

❖ **Formulación de propuesta de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales**

Con la generación del modelo global se definió zonas con limitaciones y potencialidades y/o caracterización, identificación y ubicación de zonas para protección y conservación, recuperación, urbano industrial, producción agrícola, producción pecuaria, producción turística, producción minera, producción forestal.

• **Criterios básicos para la selección de microcuencas**

La formulación de las propuestas se realizó a nivel de microcuencas, el proceso de selección se basó en un análisis integral del modelo global utilizando sistemas de información geográfica, la valoración cualitativa y cuantitativa de las microcuencas.

Los criterios de selección de las microcuencas, se basó en revisión de literatura y estudios similares realizados por Villafani (2017) y el INADE (1998) y, para lo cual se ha considerado criterios para el manejo de recursos naturales, control y administración de la contaminación del agua, control de procesos geodinámicos, desarrollo de la capacidad institucional.

Cuadro 41: Criterios de selección de las microcuencas

Manejo de recursos naturales	Control de administración de la contaminación del agua	y Control de procesos geodinámicos	Desarrollo de la capacidad institucional
Experiencia Comunal	Población beneficiada	Población beneficiada	Organizacional, institucional y participación ciudadana.
Impacto Ambiental	Nivel de contaminación existente	Costo	
Impacto Social	Costo equivalente per cápita	Impacto Ambiental	
Costo	Uso potencial del agua residual restituida	Impacto Social	
Generación de divisas		Nivel de daño y peligros	
Infraestructura existente para distribución		Infraestructura existente	

FUENTE: INADE, 1998

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Base de datos geoespacial construida

La información temática de las variables físicas y socioeconómicas recopilada de las diferentes instituciones se sistematizó y uniformizó, en base a estas variables se construyó la base de datos geoespacial teniendo como proyección de trabajo el Datum WGS 84, Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 17 S. La geodatabase fue construida en 11 feature dataset organizada para cada submodelo, tal como se muestra en las Figuras 17 y 18 en cual se encuentran la base de datos lógica y física.

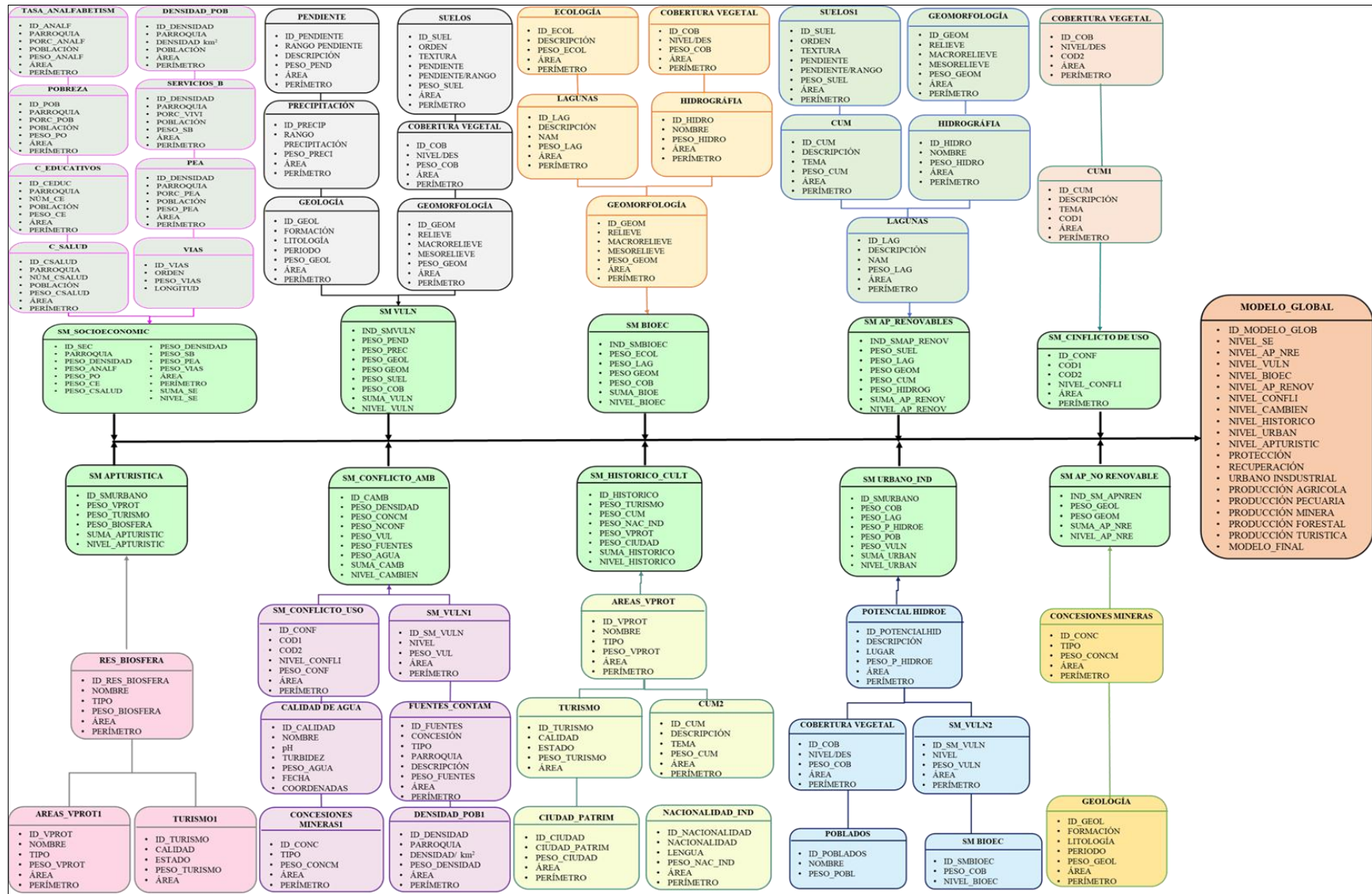


Figura 17: Geodatabase de información física y socioeconómica de la unidad hidrográfica (modelo lógico)

- CONFLICTO AMBIENTAL
 - AREAS_MINERAS
 - CALIDAD_AGUA
 - DENSIDAD_POBLACIONAL
 - F_CONTAMINANTES
 - FUENTES_CONTAMINANTES
 - FUENTES_CONTAMINANTES_B
 - SM_CONFLICTO_USO
 - SM_VULNE
 - CONFLICTO DE USO
 - CUM1
 - CUT_1
 - HISTORICO CULTURAL
 - ABPROTECTORA
 - CIUDADESPATRIMONIALES
 - NACIONALIDADINDIGENA
 - TURISMO
 - USO_POTENCIAL
 - NO RENOVABLES
 - CONCESIONES_MINERAS
 - GEOLOGIA
 - RENOVABLES
 - CUM
 - GEOMORFOLOGIA
 - Hidrografia
 - HIDROGRAFIA_F
 - LAGUNAS1
 - SUELO
- SOCIOECONOMICO
 - CENTROS_EDUCATIVOS
 - DENSIDAD_POBLACIONAL_1
 - PEA
 - POBREZA_NBI
 - RED_VIAL
 - SE_CENTROS_SALUD
 - SERVICIOS_BASICOS
 - TASA_ANALFABETISMO
 - TURISTICA
 - ABPROTECTORA_1
 - RESERVA_BIOSFERA
 - T_RARQUEOLOGICOS
 - TURISMO_1
 - URBANO INDUSTRIAL
 - CUT
 - POBLADOS
 - poblados_prueba_Buffer1_Cli
 - POTENCIAL_HIDROENERGET
 - SM_BIOECO
 - SM_VULNE_1
- VULNERABILIDAD
 - CUT_2014
 - GEOLOGIA_V
 - GEOMORFOLOGIA_V
 - PENDIENTE
 - PRECIPITACION_F
 - SUELO_V
 - BIOECOLOGICO
 - CUT2014
 - ECOSISTEMAS
 - GEOMORFOLOGIAF
 - Hidrografia_B_1
 - HIDROGRAFIAF
 - LAGUNASF
- SM_TOTAL
 - CONFLICTO_USO
 - MODELO_FINAL1
 - MODELO_FINAL1_1
 - SELECCION
 - SM_AMBIENTAL
 - SM_APTURISTICA
 - SM_BIOECOLOGICO
 - SM_HISTORICOC
 - SM_NORENOVABLES
 - SM_RENOVABLES
 - SM_SOCIOECONOMICO
 - SM_URBANO
 - SM_VULNERABILIDAD

Figura 18: Geodatabase de información física y socioeconómica de la unidad hidrográfica (modelo físico)

4.2. Información temática generada

4.2.1. Variable temática de pendientes

La información geoespacial de la variable pendientes se clasificó en 6 rangos que van desde 0 a > 60%, rangos según la guía para la descripción de suelos de la FAO (2009), tal como se muestra en la Figura 19, se observa que el 44.14% (161,996.36 ha) de la zona de estudio presenta una pendiente entre 15 – 30% denominada moderadamente escarpado, mientras que el 16.29% (59,801.32 ha) de la zona de estudio presenta una pendiente entre 10 – 15% denominada fuertemente inclinado, seguido por el 15.9% (58,363.27 ha) de la zona de estudio tiene una pendiente entre 5 – 10% denominado inclinado, finalmente el 0.10% (381.06 ha) de la zona de estudio presenta una pendiente > 60%, denominado muy escarpada.

4.2.2. Variable temática de suelos

El mapa de suelos, se elaboró en base a información recopilada de las instituciones y se identificaron un total de seis ordenes o unidades de suelos, tal como se muestra en la Figura 20, los más representativos son los siguientes: en la zona de estudio el orden inceptisol representado por el 45,34% (157,281.34 ha) con una textura arcillo arenoso, seguido por el orden ultisol con el 14.60% (50,635.61 ha), mientras que el 0.12% (403.45 ha) corresponde al orden oxisol con textura arcilloso, y finalmente 0.12% (403.06 ha) ocupa el orden vertisol con textura arcilloso.

4.2.3. Variable temática de precipitación

A partir de la información proporcionada por el INAMHI para la precipitación, se clasificó según la distribución de los rangos que van desde cero hasta mayor a 2000 mm, con intervalos de 100 mm, tal como se presenta en la Figura 21. Teniendo en cuenta que la unidad hidrográfica está rodeada por terrenos montañosos con altitudes de hasta 3500 msnm, que determina una estación lluviosa marcada en la parte alta.

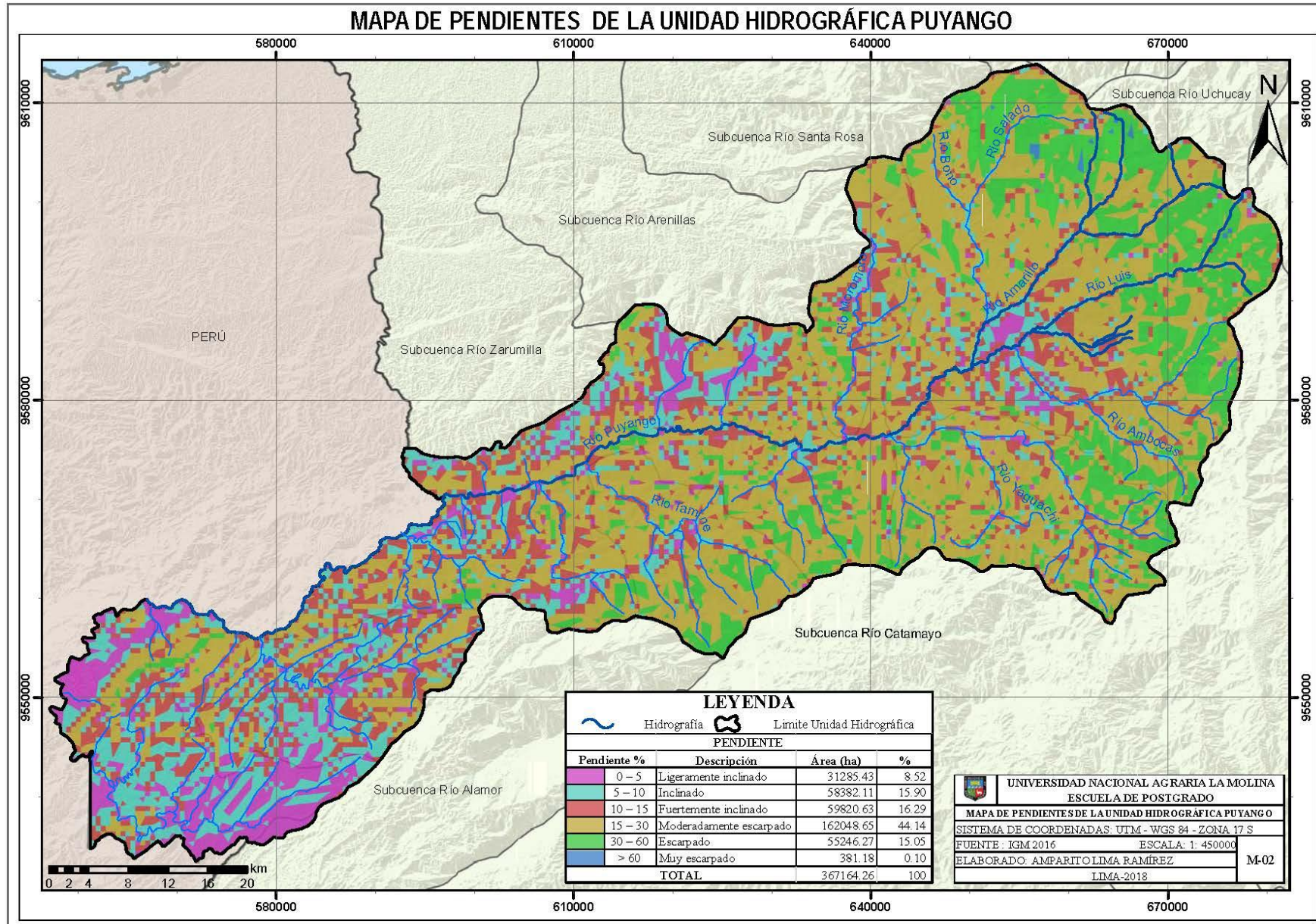


Figura 19: Mapa de pendientes de la unidad hidrográfica Puyango.

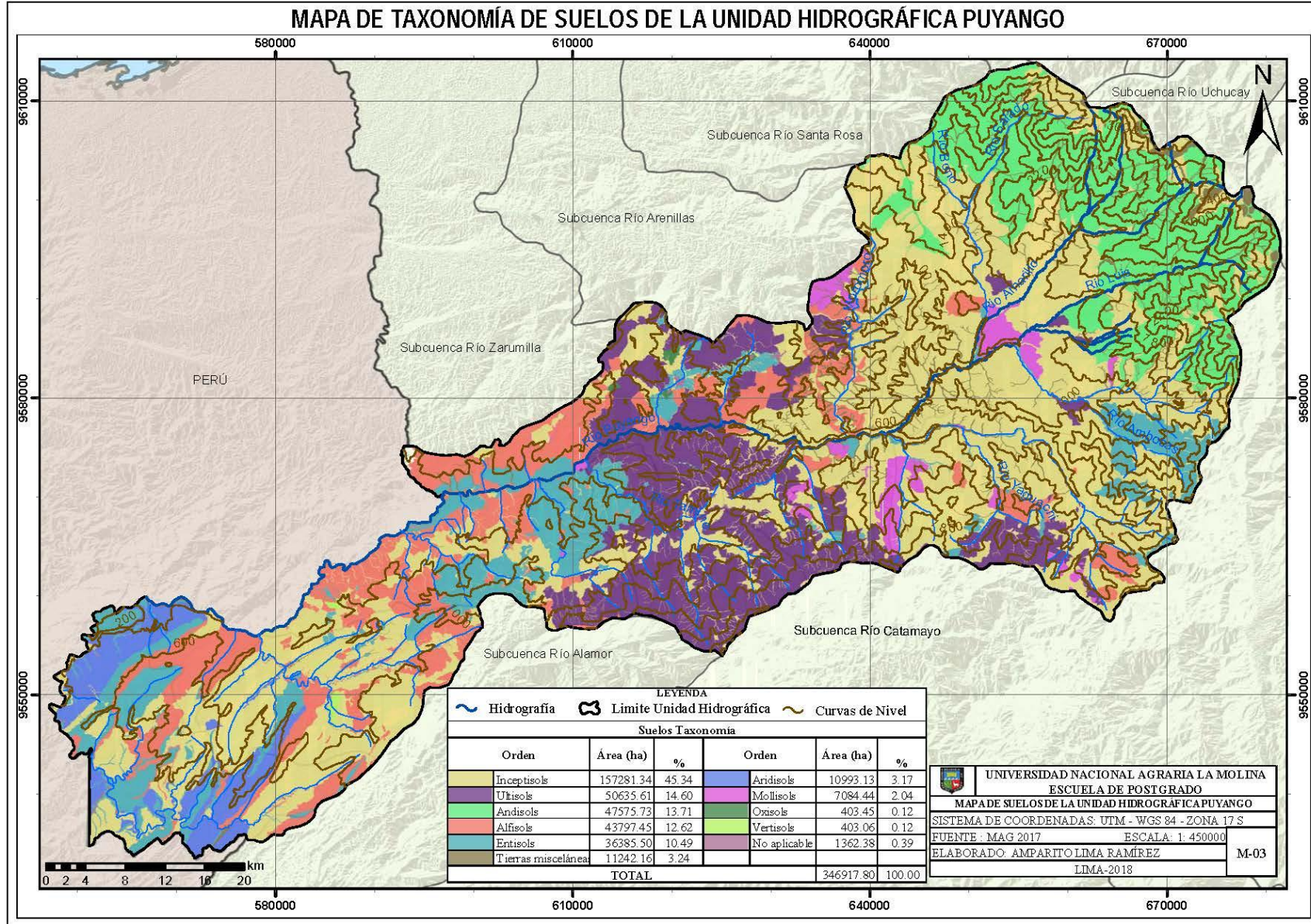


Figura 20: Mapa de taxonomía suelos de la unidad hidrográfica Puyango.

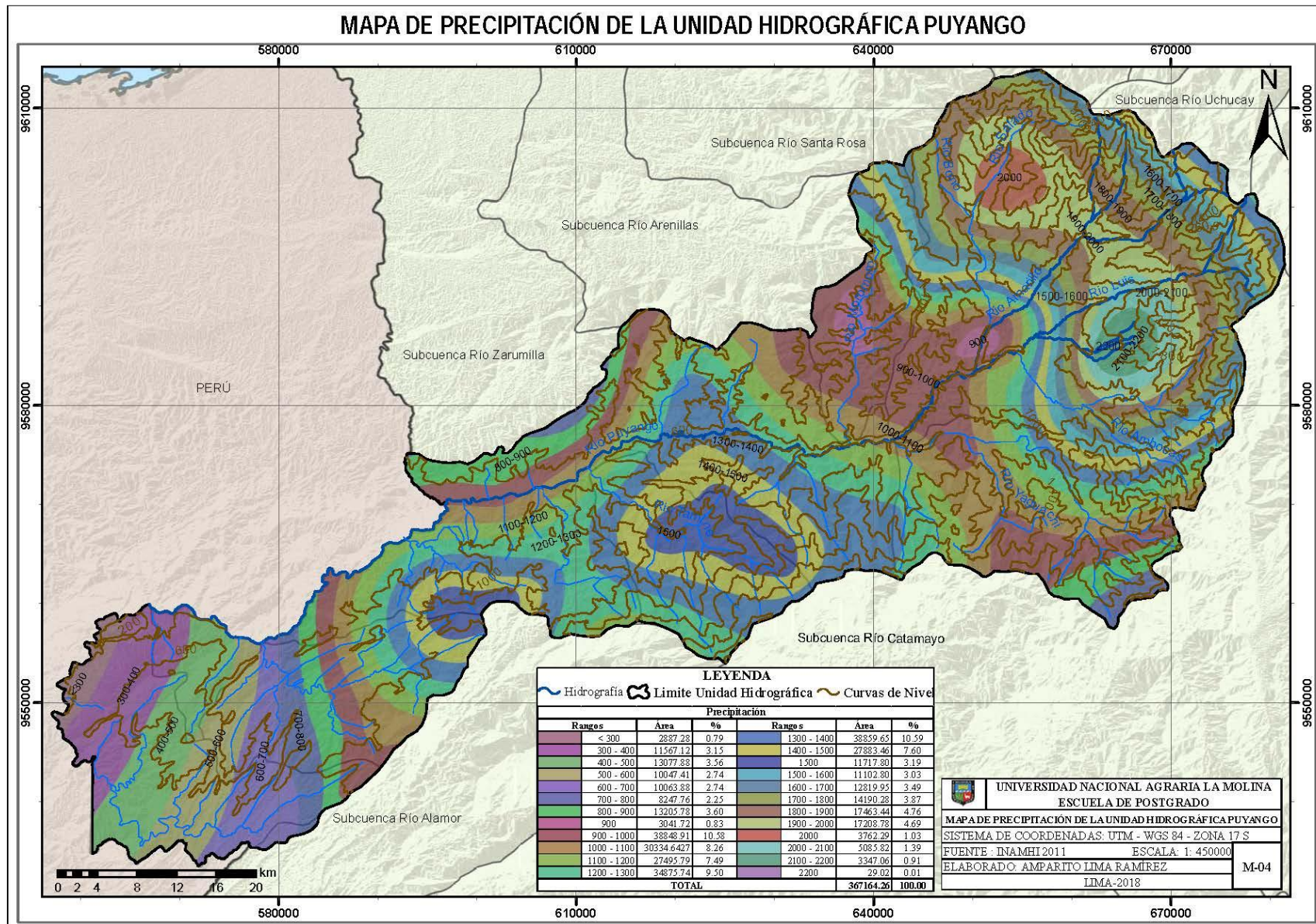


Figura 21: Mapa de precipitación de la unidad hidrográfica Puyango

4.2.4. Variable temática de geología

Se clasificó la geología de la zona de estudio en función de la litología, periodo y formación de las unidades geológicas, tal como se presenta en la Figura 22. Se observa que predomina la formación Zapotillo-Ciano, periodo cretáceo con 40,67% (149,322.98 ha) caracterizado por presentar lutitas, grauwacas, piroclastos; seguida por la formación volcánicos saraguro, periodo oligoceno con 17.93% (65,825.72 ha) está conformado por lavas andesíticas, riolíticas, piroclastos; mientras que la formación unidad tigre, periodo paleozoico con 13.98% (51,339.86 ha), caracterizado por presentar metagrauwacas, pizarras; el periodo triásico 8.22% (30,187.86 ha) conformado por granito gnéisico per-alumínico; finalmente se encuentran las formaciones cazaderos, volcánicos pisayambo, unidad la Victoria y Yunguilla ocupando una superficie menor dentro de la unidad hidrográfica.

4.2.5. Variable temática de geomorfología

Considerando las características geomorfológicas de la unidad hidrográfica, se clasificó de acuerdo a su forma de relieve, tal como se detalla en la Figura 23. Se observa que el 25.67% (94,193.59 ha) corresponde a vertientes, con macrorelieve pie de monte, seguidamente por vertientes disectada con el 18.73% (68,715.77 ha) perteneciente a macrorelieve de serranía; mientras el 13.86% (50,857.19 ha) corresponde relieves montañosos de cordillera, por otro lado, el 10.94% (50,857.19 ha) pertenece a estribaciones andinas de serranía y finalmente en menor representatividad se encuentran etchplain, colinas altas, crestas, terrazas, llanura aluvial y cimas.

4.2.6. Variable temática de ecosistemas

Con la información disponible de las instituciones se identificaron 16 ecosistemas, tal como se presenta en la Figura 24, considerando que el 53.18% (195254.32 ha) corresponde a Intervención, seguido por el 16,01% (58,776.91 ha) pertenece a bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo-Alamor, mientras que el 6.42% (23,574.74 ha) corresponde a Bosque semideciduo piemontano del Catamayo-Alamor, finalmente se encuentran el 0.04% (143.97 ha) representa a arbustal semideciduo del sur de los Valles, el 0.01% (45.54 ha) corresponde a herbazal del páramo.

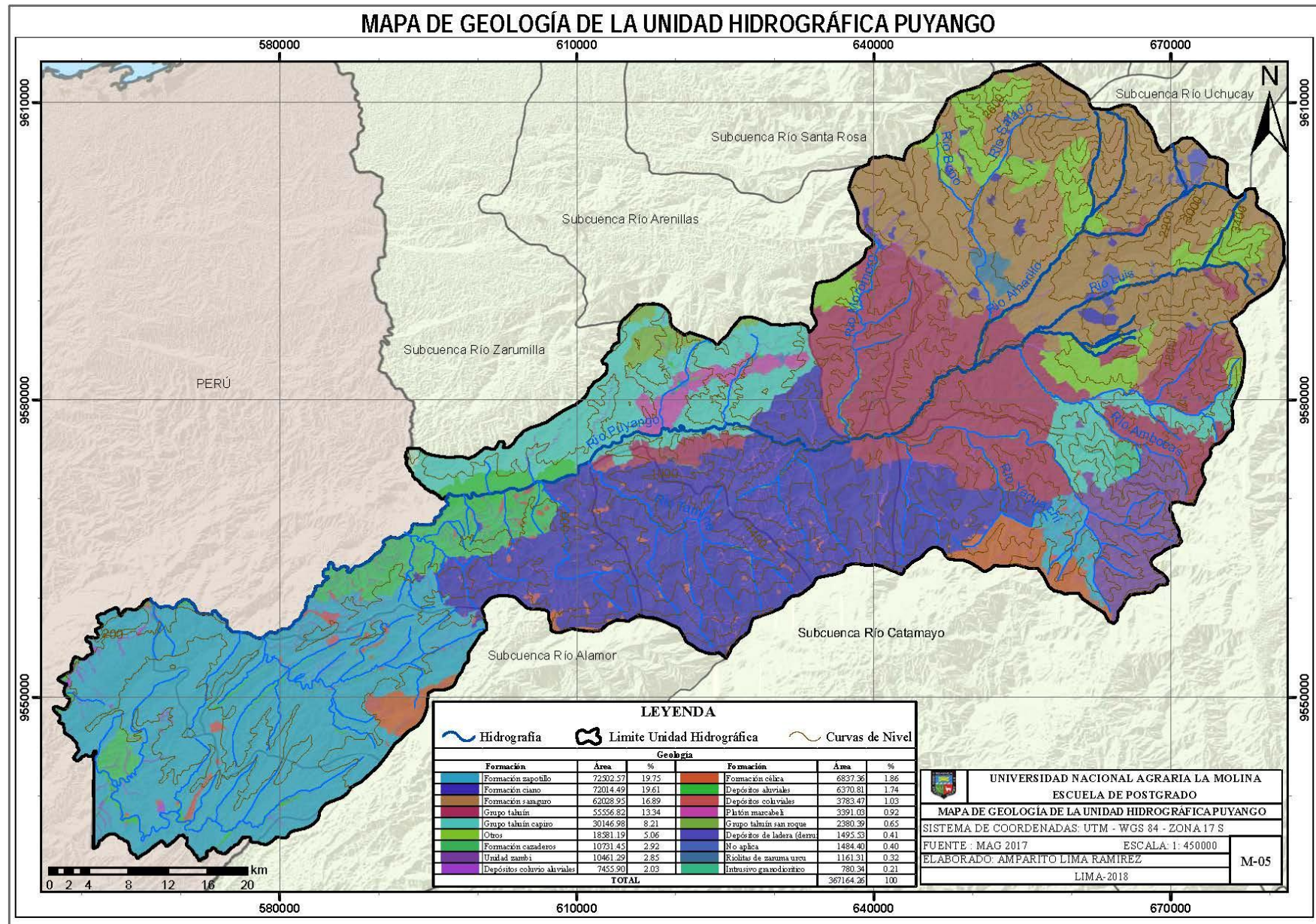


Figura 22: Mapa de geología de la unidad hidrográfica Puyango

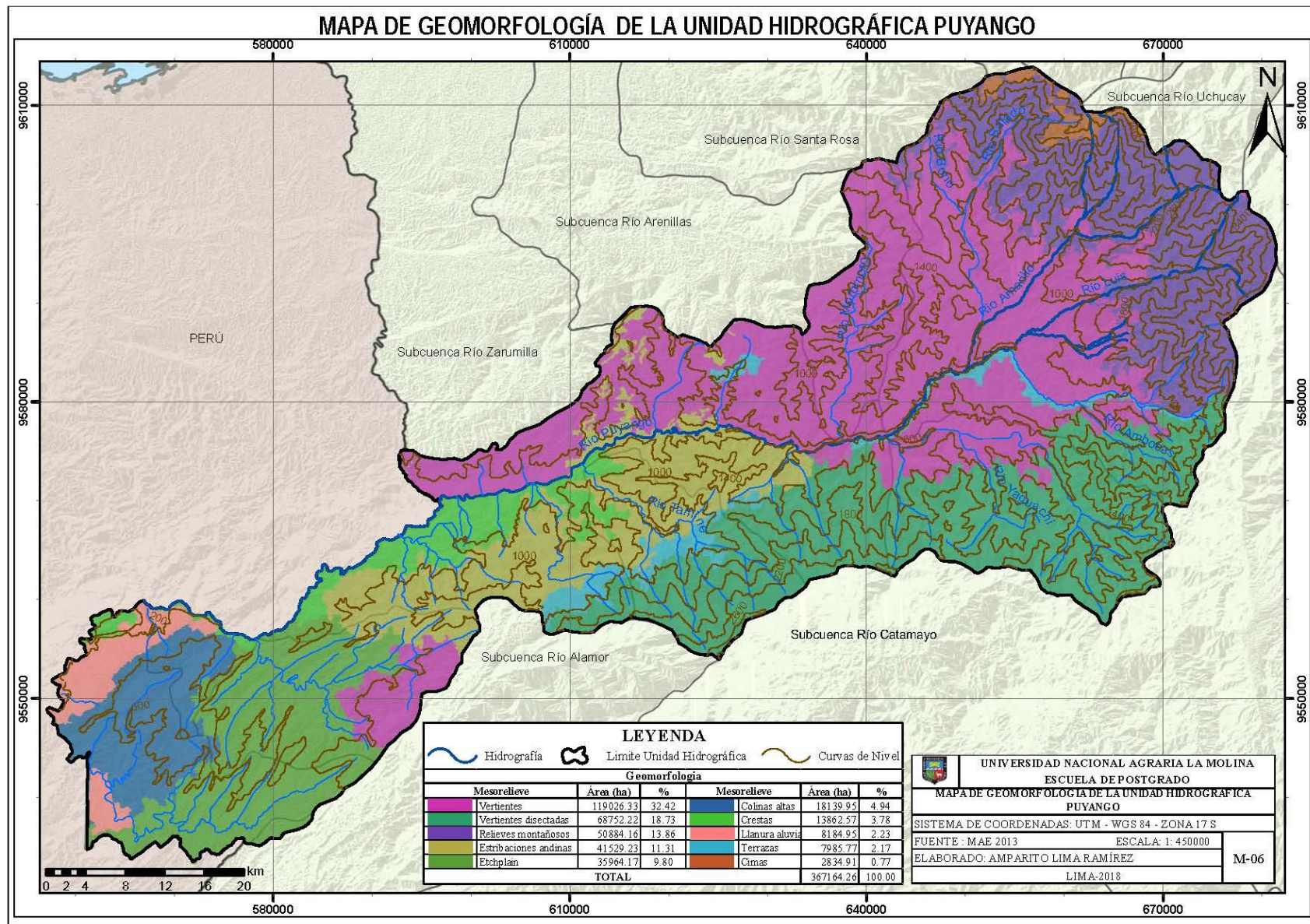


Figura 23: Mapa de geomorfología de la unidad hidrográfica Puyango

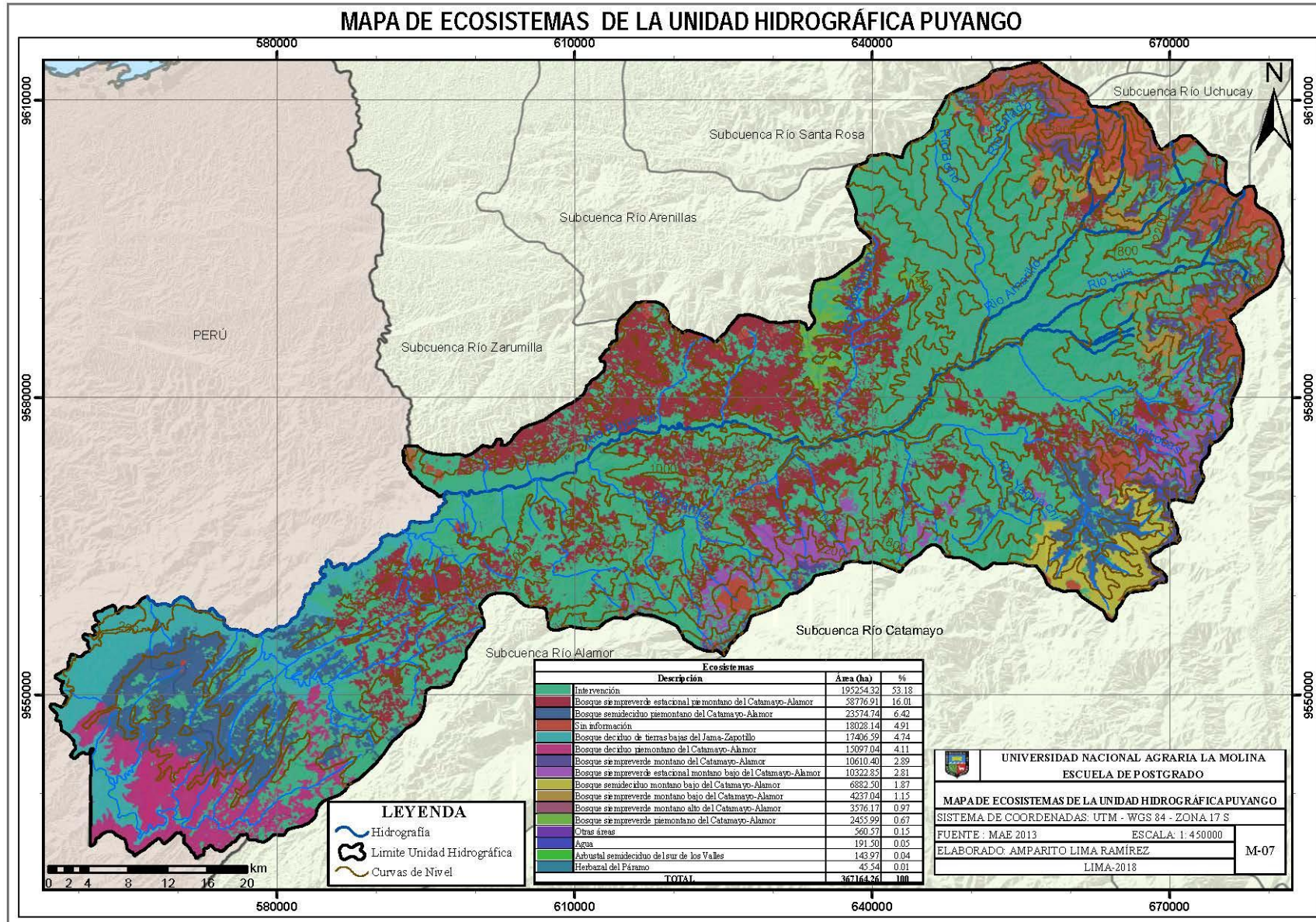


Figura 24: Mapa de ecosistemas de la unidad hidrográfica Puyango.

4.2.7. Variable temática de cobertura vegetal y uso de la tierra

Según el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, la unidad hidrográfica presenta un alto grado de deforestación por cambio de uso del suelo, se observa que el 43.05% (15,8051.29 ha) corresponde a pastizales, sin embargo, aún queda remanentes de bosque nativo con el 30.76% (112,933.66 ha), mientras que el 14.42% (52,939.75 ha) corresponden a cultivos anuales, permanentes y semipermanente, el 4.04% (14,846.38 ha) de la unidad hidrográfica es vegetación arbustiva, seguido por el 3.26% (11,954.74 ha) es mosaico agropecuario; la pérdida del páramo es muy notable con 3.21% (11 786,29 ha), tal como se detalla en la Figura 25.

4.2.8. Variable temática de capacidad de uso mayor de la tierra

La capacidad de uso mayor de la tierra se define como el uso potencial que presenta una determinada zona para desarrollarse en sus distintas capacidades; en la unidad hidrográfica existen las siguientes unidades tal como se detalla en la Figura 26: protección total y terrenos forestales 75.59% (277,542.01 ha); el 12.24% (44,943.36 ha) destinada a producción de pastos; el 8.84% (32,450.35 ha) terrenos aptos para cultivos considerando que en algunas de las áreas se deben sembrar cultivos sin limitaciones, cultivos con limitaciones, cultivos con limitaciones ligeras, cultivos con limitaciones importantes; el 2.19% (8,031.52 ha) corresponde a terrenos aptos para pastos/ aptos para cultivos, y finalmente el 1.14% (4,196.66 ha) con potencialidad de protección total.

4.2.9. Variable temática de concesiones mineras

En la parte alta de la unidad hidrográfica existen alrededor de 193 concesiones mineras, tal como se muestra en la Figura 27, catalogadas como minería artesanal y pequeña minería, siendo la principal actividad económica de la zona. El desarrollo minero en la pequeña minería y minería artesanal, los mismos que han generado una serie de problemas socio-ambientales.

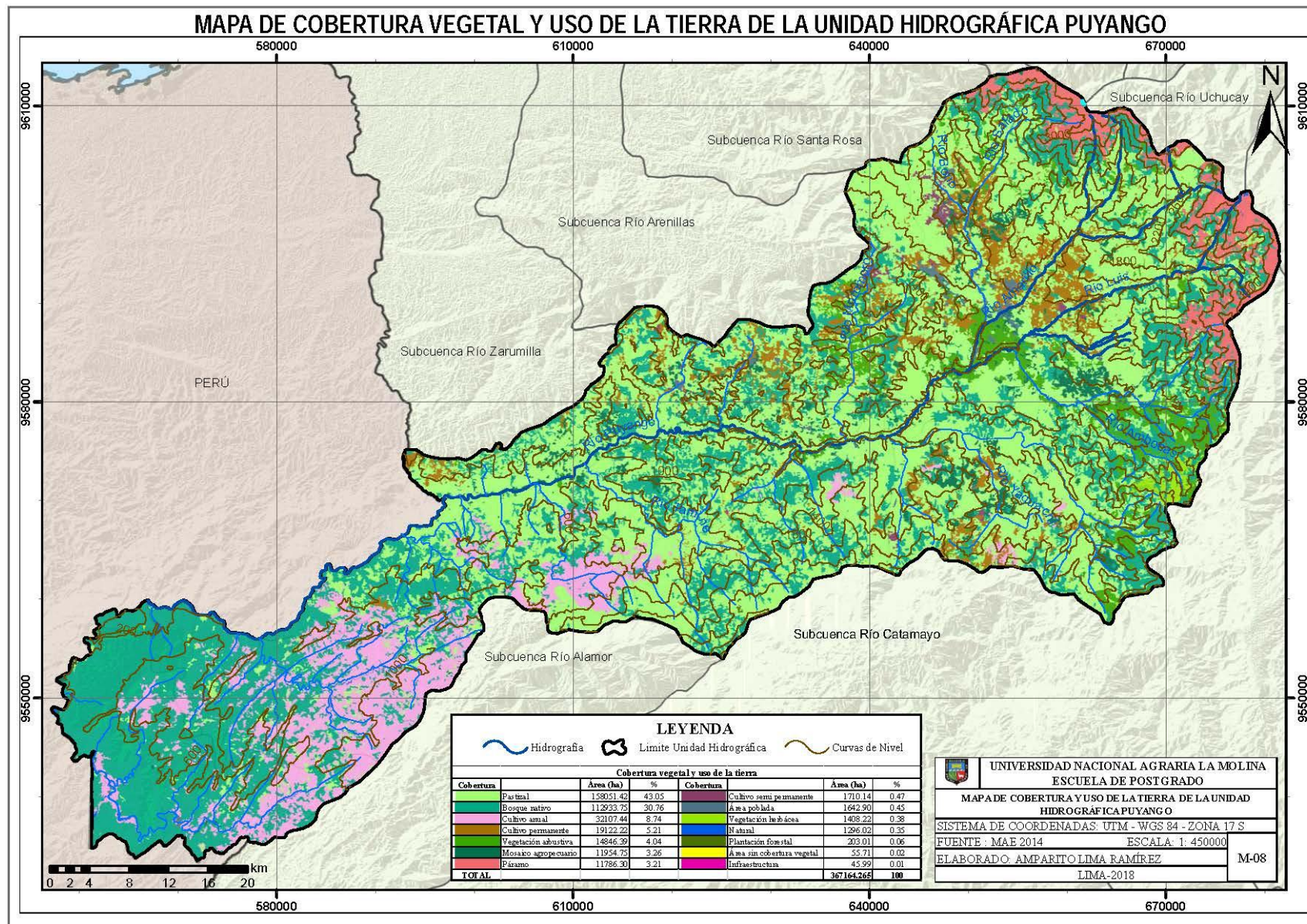


Figura 25: Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de la unidad hidrográfica Puyango.

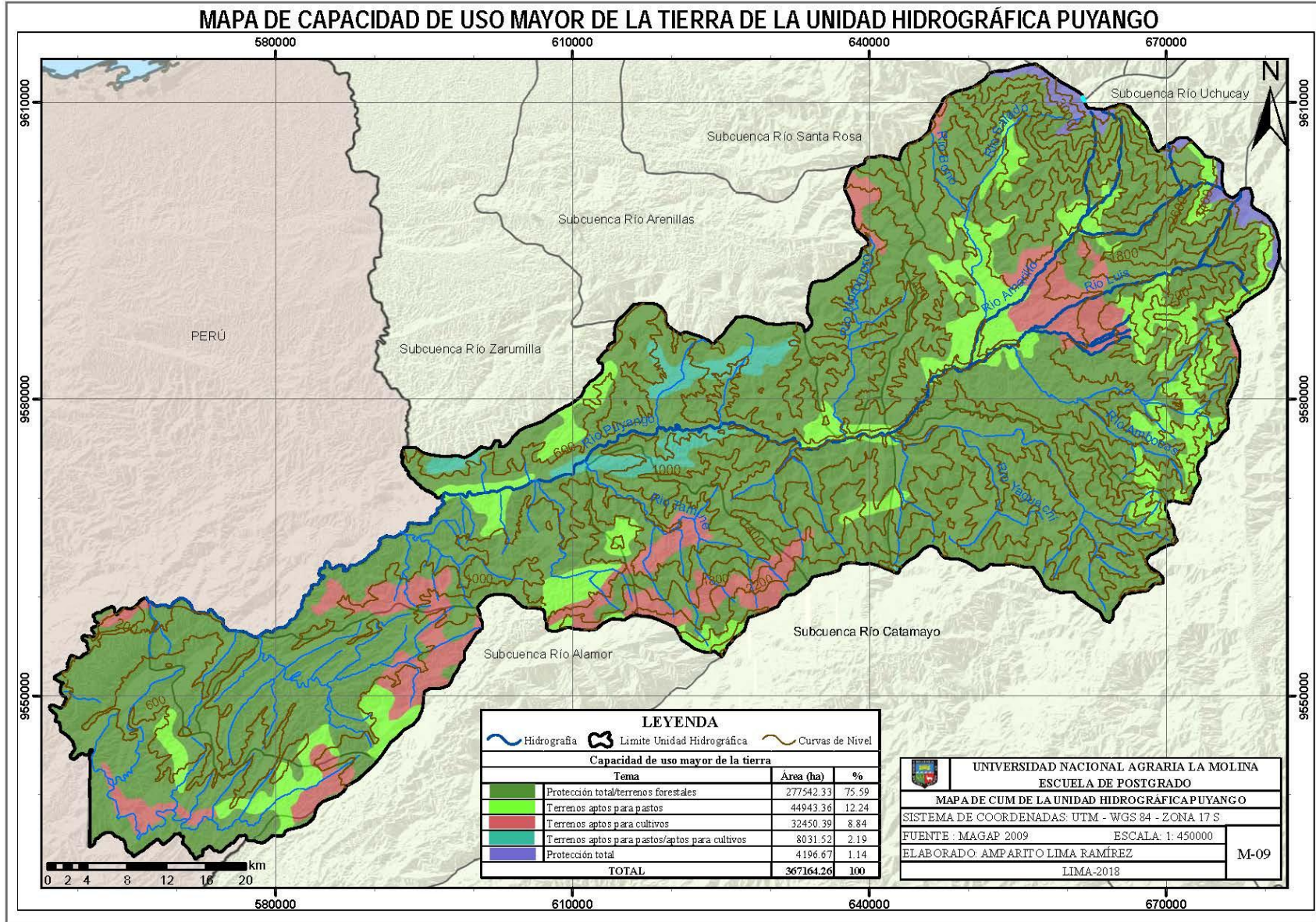


Figura 26: Mapa de capacidad de uso de la tierra de la unidad hidrográfica Puyango.

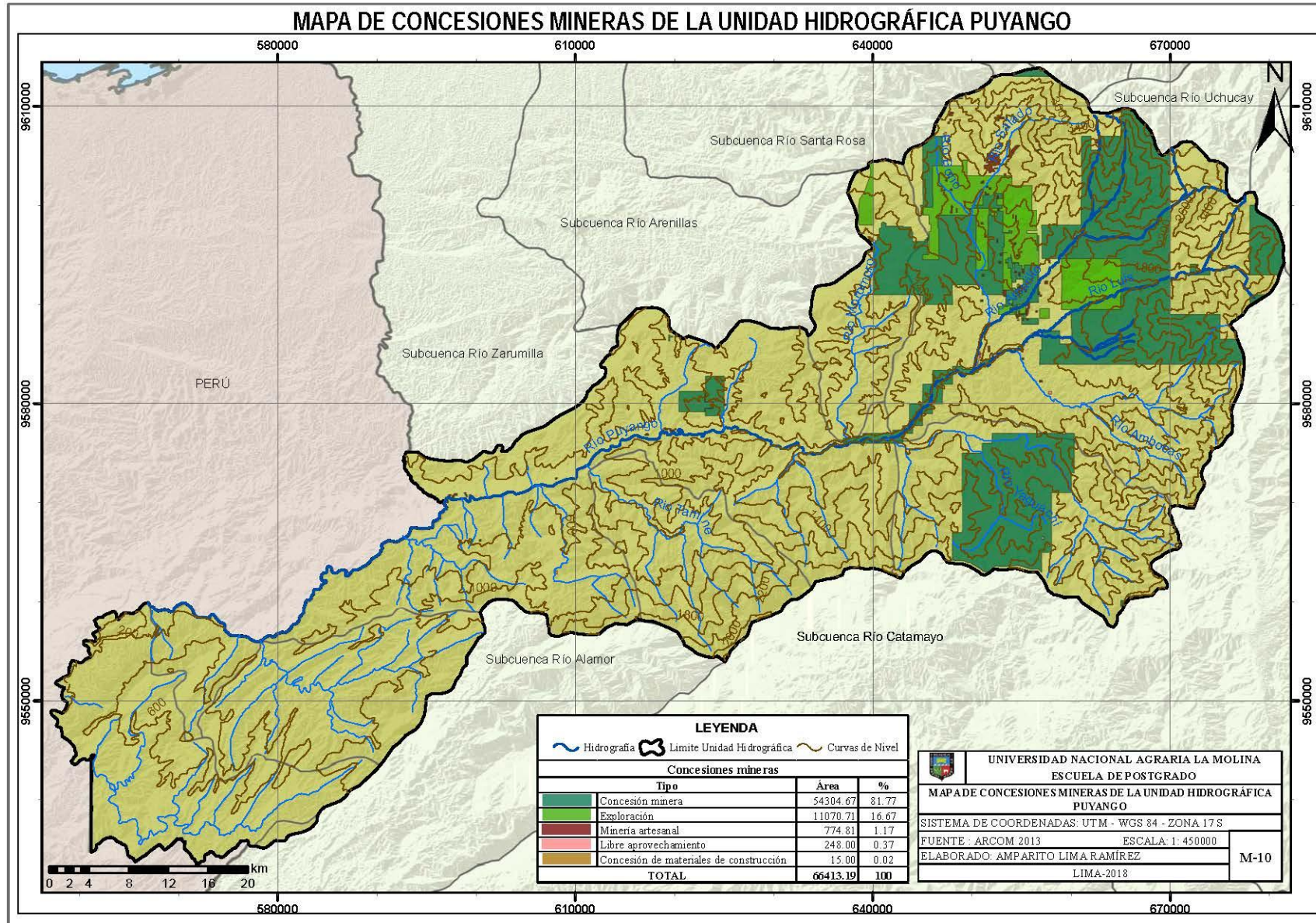


Figura 27: Mapa de concesiones mineras de la unidad hidrográfica Puyango.

4.2.10. Variable temática de pobreza (NBI)

La pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), el indicador combina factores tales como hacinamiento en el hogar, saneamiento y agua potable, materiales de la vivienda, dependencia económica y asistencia de niños a la educación básica. En la Figura 28 se muestra la pobreza por NBI a nivel parroquial. En las parroquias de la parte alta de la provincia de El Oro existe mayor incidencia de pobreza, en las parroquias rurales como Guanazán el 97.9% de la población es considerado pobre (3,045 total de habitantes), seguidamente Sinsao 92.7% de la población es pobre (1,336 total de habitantes), el 92.6% (1,687 total de habitantes) de la población de Salatí es considerado pobre, mientras que el 88% de la población de morales es pobre (667 total de habitantes), y en las parroquias urbanas como Portovelo, Marcabelí, Paccha, Piñas y Zaruma existe menos pobreza.

Por otro lado, en las parroquias rurales de la provincia de Loja: el 98.9 % de la población de Bolaspamba es pobre por necesidades básicas insatisfechas (1,086 total de habitantes), seguido por Orianga con el 98.6% (1,763 total de habitantes), Garzareal el 98.3% (1,774 total de habitantes), La tingue 98.2% (668 total de habitantes), Guachanama 98.1% (2,601 total de habitantes). Mientras que las parroquias que existe menor pobreza son Chaguarpamba, El Cisne, Catacocha, Alamor, San Pedro de la Bendita.

4.2.11. Variable temática de centros educativos

En las 66 parroquias existen 492 instituciones educativas, entre: municipales, públicas, fiscomisionales y privadas. La mayor inversión en infraestructura educativa se encuentra concentrada en las cabeceras cantonales y parroquiales como Puyango, Pindal, Piñas, Olmedo, Chaguarpamba (inicial, educación general básica, bachillerato), tal como se muestra en la Figura 29.

4.2.12. Variable temática centros de salud

En la variable temática de centros de salud se evaluó los centros y subcentros de salud, dispensarios y puestos de salud, tal como se muestra en la Figura 30, en la zona de estudio existen 107 establecimientos públicos de salud, divididos en 42 centros de salud, 5 hospitales básicos y 60 puestos de salud.

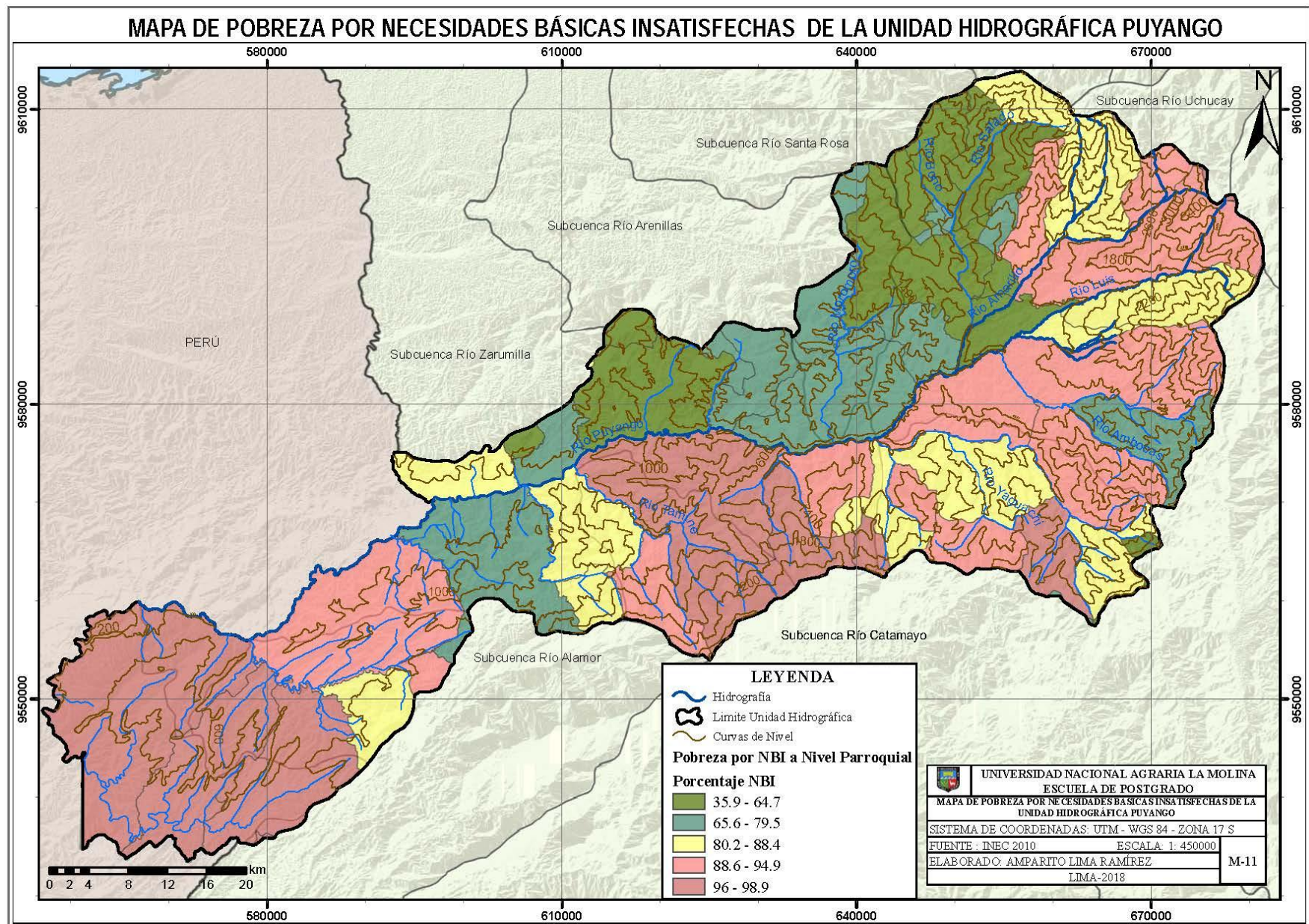


Figura 28: Mapa Pobreza de la unidad hidrográfica Puyango

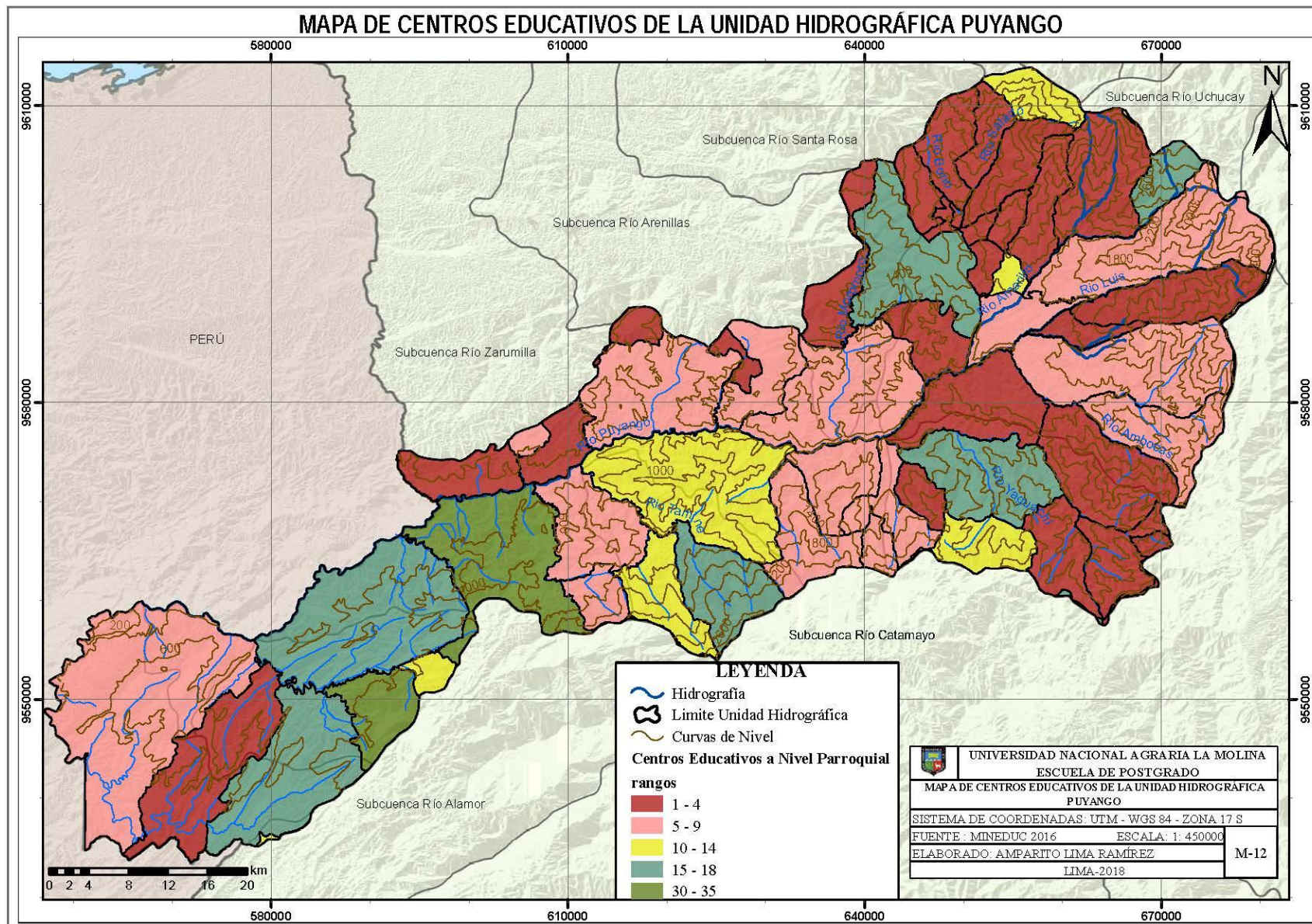


Figura 29: Mapa centros educativos de la unidad hidrográfica Puyango

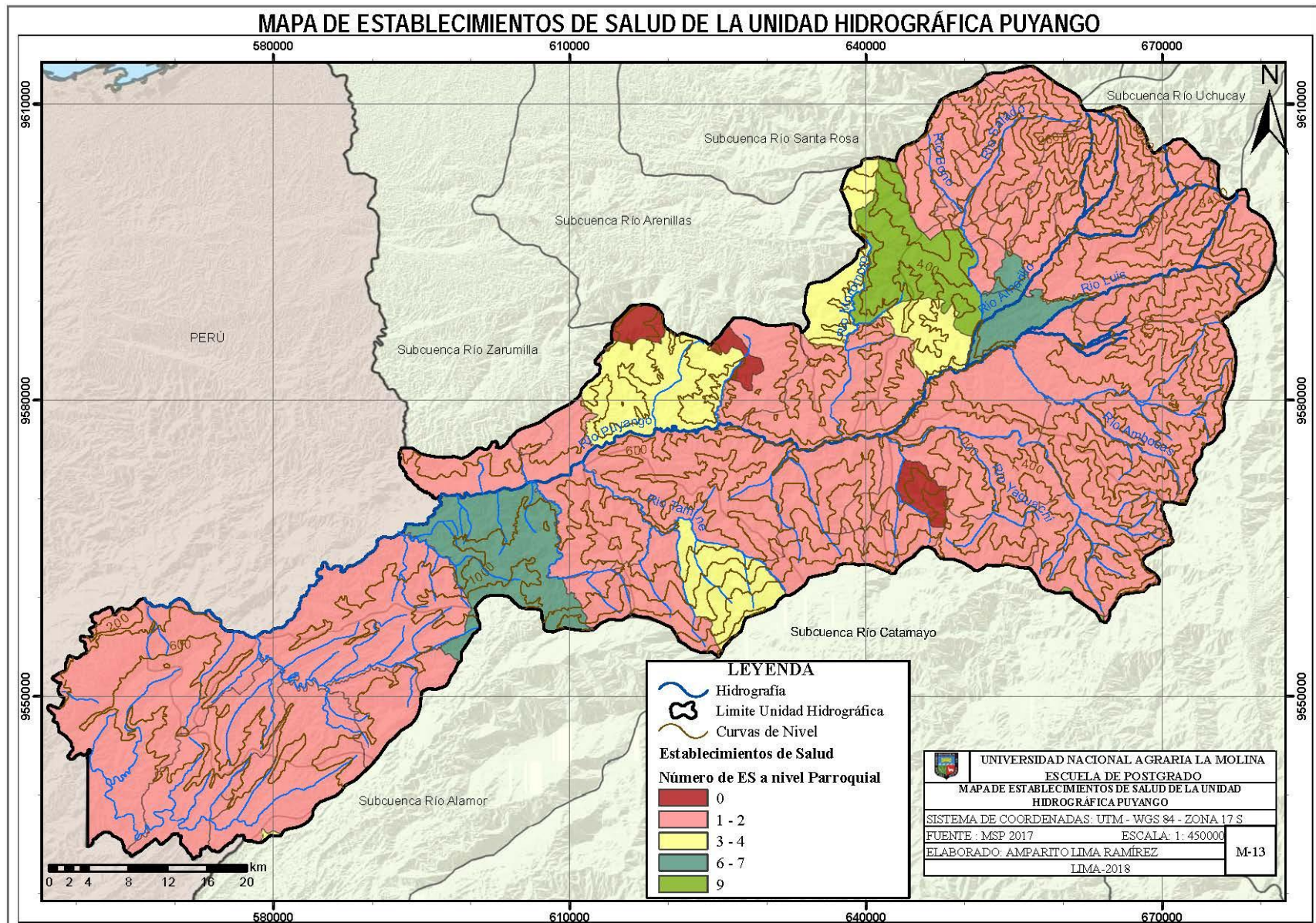


Figura 30: Mapa establecimientos de salud de la unidad hidrográfica Puyango.

4.2.13. Variable temática población económicamente activa (PEA).

La población económicamente activa es considerada de 15 a 64 años. De los 130,790 habitantes en edad de trabajar, el 39% (62,340) es población económicamente activa y se dedican a una rama de las actividades de: agricultura, ganadería, explotación de minas y canteras, silvicultura y pesca, mientras que el 42 % (68,450) es población económicamente inactiva.

Las parroquias rurales con mayor población económicamente activa se encuentran Guayquichuma población total 383 habitantes y la PEA 204 (63%), así mismo en la parroquia Muluncay grande la población total 787 y la PEA 391 (54.2%), mientras que en la parroquia urbana Zaruma la población total 10,454 y la PEA 4,630 (53%). Por otro lado, las parroquias rurales con bajo porcentaje de población económicamente activa: Ciano población total 1,426 y la PEA 389 (34.7%), seguida por El Arenal población total 981 y la PEA 318 (40.2%), mientras que la parroquia urbana Olmedo 4,194 población total y la 1,347 (39.9%), tal como se muestra en la Figura 31.

4.2.14. Variable temática de servicios básicos

Los servicios básicos se determinan en base al número de viviendas que tienen acceso a servicios públicos (agua, alcantarillado, recolección de basura y, electricidad), en las 66 parroquias de la unidad hidrográfica existen 43,922 viviendas de los cuales el 63.83% (28,035 viviendas) tienen acceso o disponibilidad a servicios básicos, mientras que el 36.17% (15,887 viviendas) por estar más alejadas y tienen difícil acceso, no tienen disponibilidad de los servicios básicos.

Las parroquias con mayor número de viviendas con servicios básicos tal como se muestra en la Figura 32: Zaruma tiene 2,970 viviendas del cual el 94.1% (2,795), seguida por Portovelo que posee 2,816 viviendas mismo que el 87.4% (2,461), Piñas tiene 17301 viviendas del cual el 87.3% (4,148). Mientras las tanto en las parroquias que existe bajo número de viviendas con acceso a los servicios básicos están: Guachanamá tiene 637 viviendas del cual solo el 28.6% (182), así mismo en El Rosario tiene 152 viviendas del cual 24.2% (37), finalmente Cangonamá tiene 635 del cual el 23.4% (149).

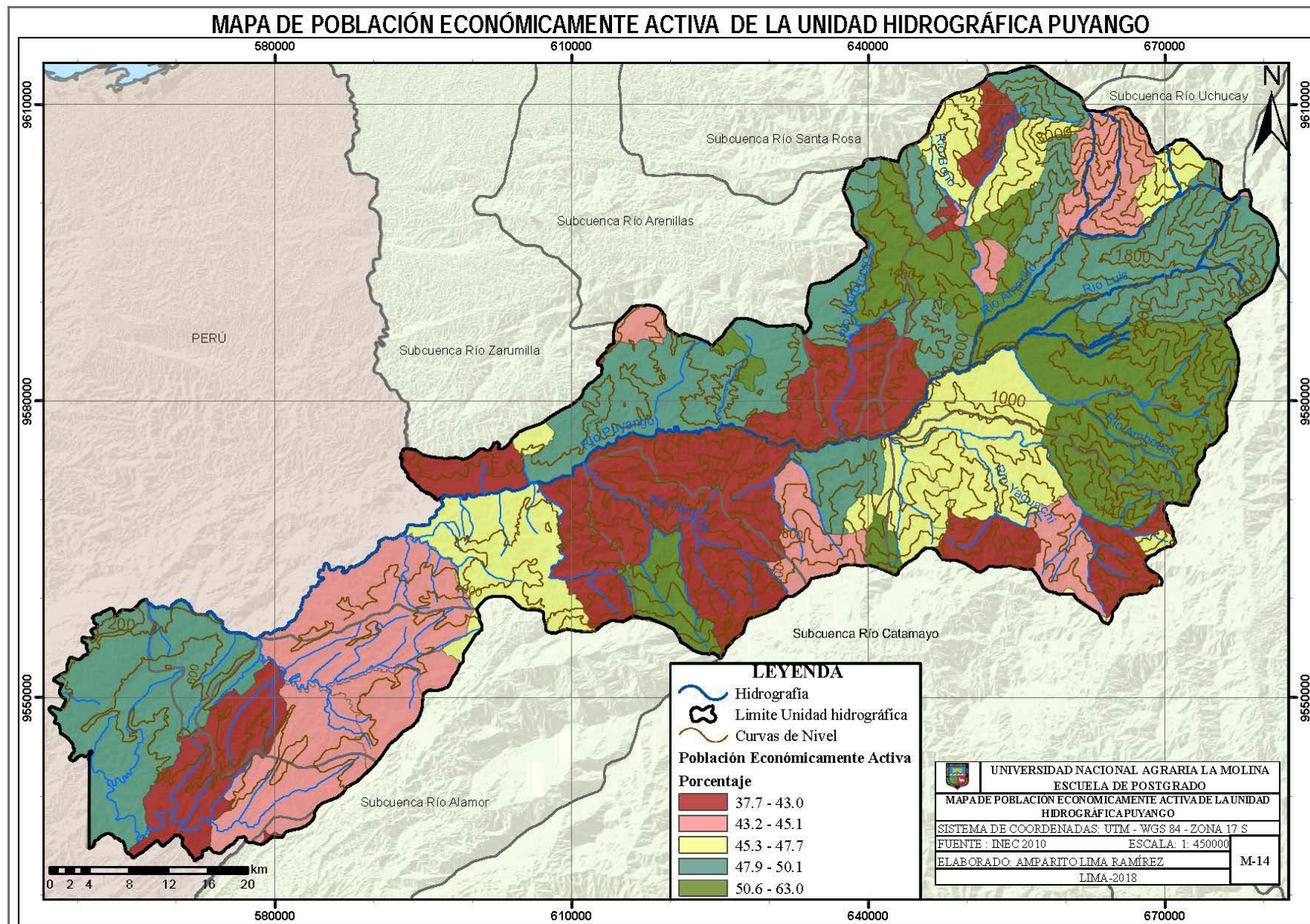


Figura 31: Mapa población económicamente activa de la unidad hidrográfica Puyango

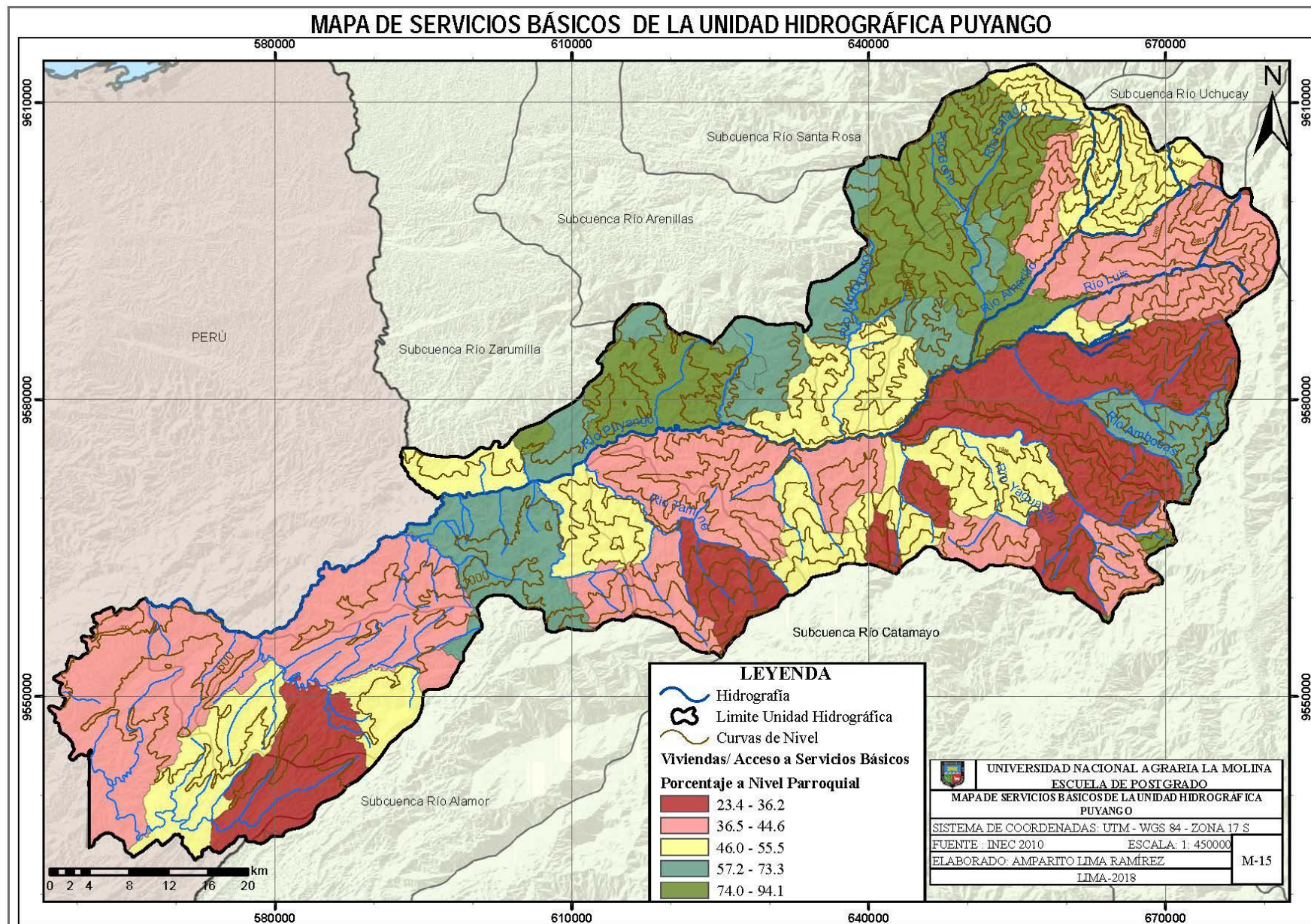


Figura 32: Mapa servicios básicos de la unidad hidrográfica Puyango.

4.2.15. Variable temática densidad poblacional

La densidad poblacional es la relación entre el número de habitantes y la superficie en el que viven, expresados en km^2 y por lo tanto con los recursos de que dispone esa sociedad para su desarrollo.

En la unidad hidrográfica Puyango las parroquias con mayor población por kilómetro cuadrado se encuentra Zaruma (968.72 hab/km^2), Portovelo (244.7 hab/km^2), San José (135.91), mientras que las parroquias con menor población por kilómetro cuadrado El Rosario (5.4 hab/km^2) Cazaderos (4.4 hab/km^2), Guayquichuma (3.64 hab/km^2), tal como se muestra en la Figura 33.

4.2.16. Variable temática tasa de analfabetismo

La tasa de analfabetismo se lo puede definir como porcentaje de la población mayor o igual a quince años de edad que no puede leer, escribir, ni comprender un texto sencillo y corto sobre su vida cotidiana, en un periodo (INEC 2010). En la zona de estudio las parroquias con menor tasa de analfabetismo se encuentran El Rosario (1.66%), Zaruma (2%), Piñas (2.37), y con mayor tasa de analfabetismo El Paraíso de Celen (29.57%), Guanazán (24.1%) y Bolaspamba (19.63%), tal como se muestra en la Figura 34.

4.2.17. Variable temática centros poblados

En la zona de estudio se encuentran existen 326 centros poblados de los cuales son centros 12 poblados urbanos y 314 centros poblados rurales, tal como se muestra en la Figura 35.

4.2.18. Variable temática red vial

En la zona de estudio las parroquias que tienen vías de primer orden: Piñas, Balsas, Chaguarpamba, Olmedo, Saracay y las parroquias con camino de verano o sendero: El Rosario, Guayquichuma, Amarillos, La tingué, El Ingenio, tal como se muestra en la Figura 36.

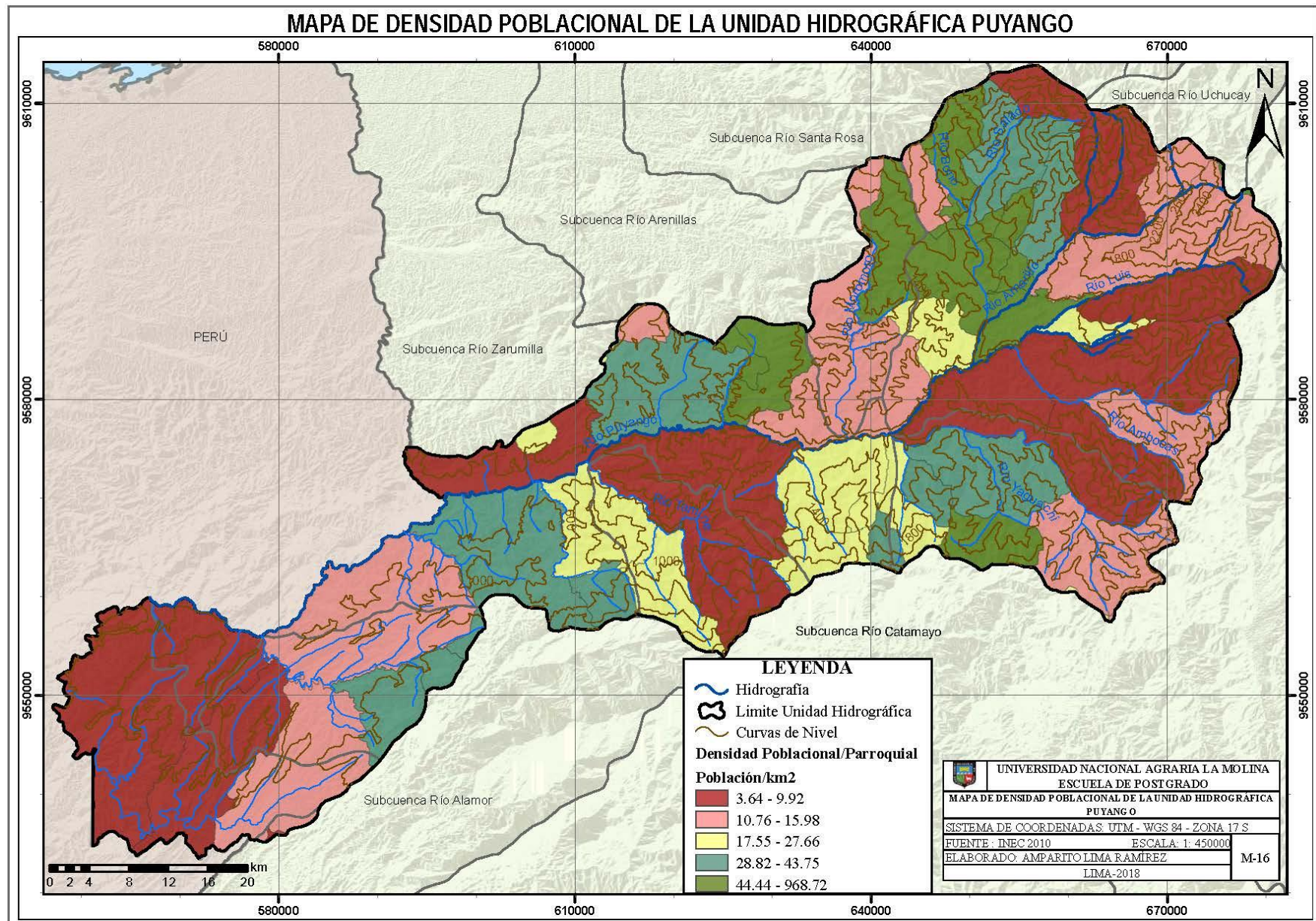


Figura 33: Mapa densidad poblacional de la unidad hidrográfica Puyango

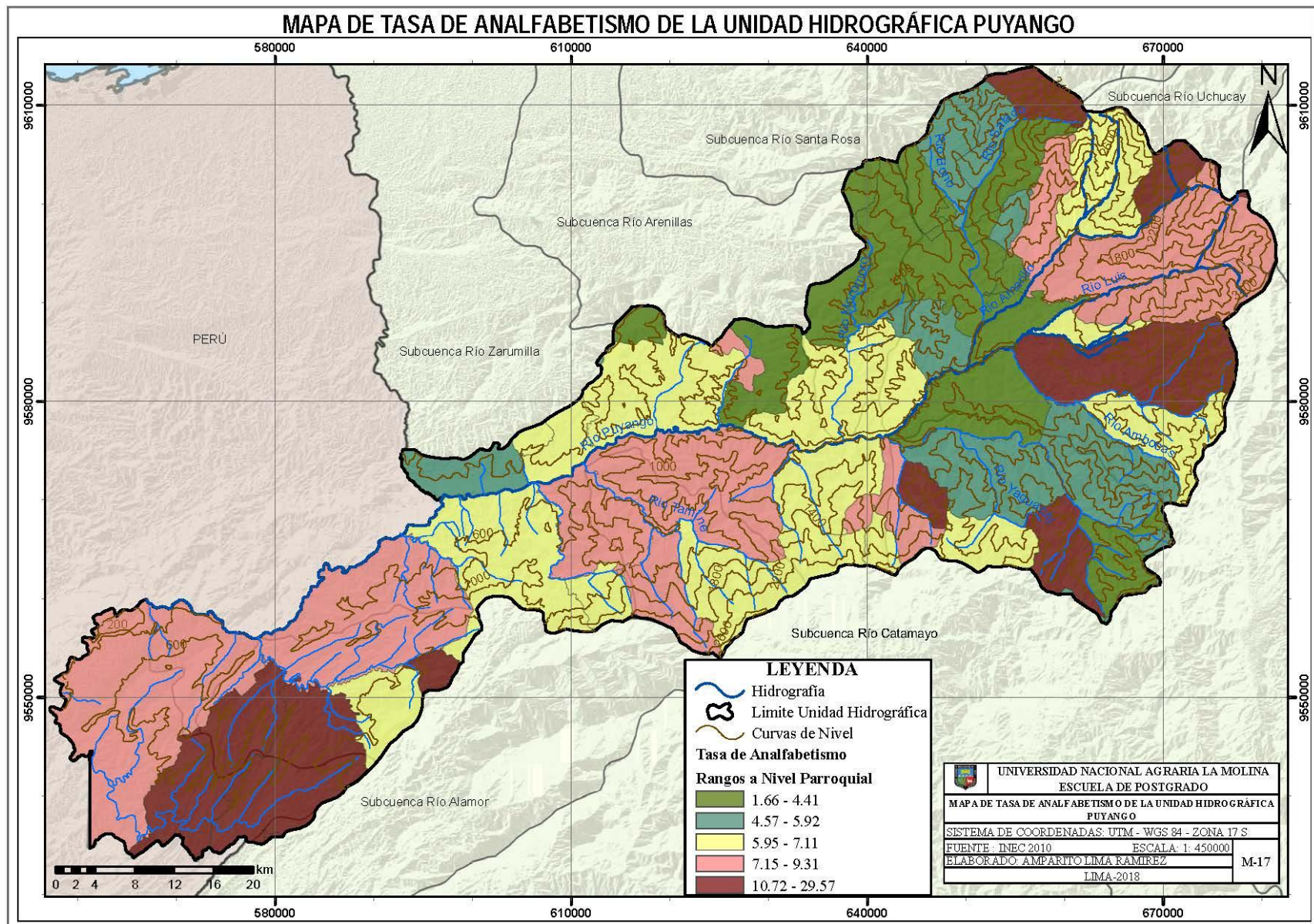


Figura 34: Mapa tasa de analfabetismo de la unidad hidrográfica Puyango

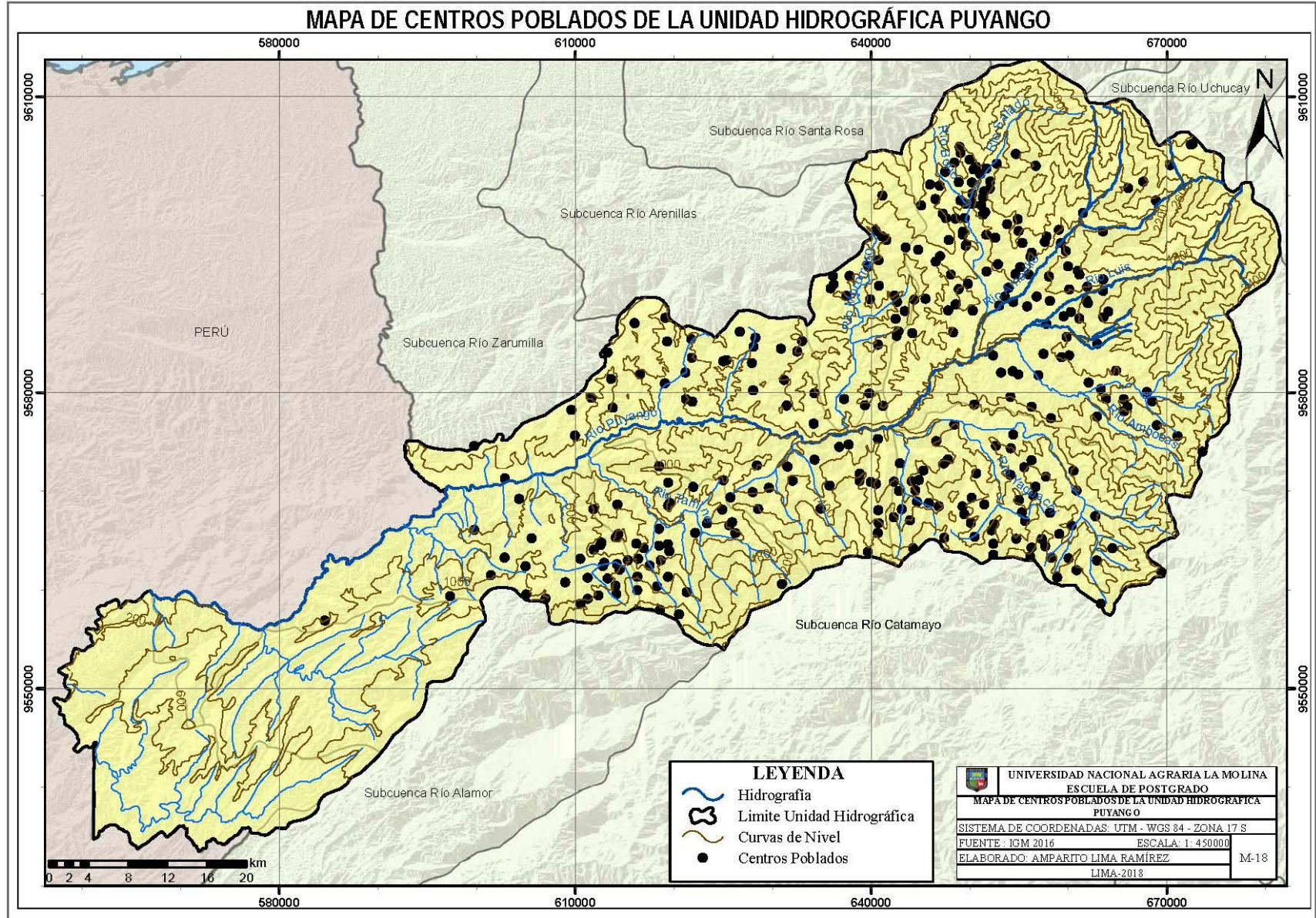


Figura 35: Mapa centros poblados de la unidad hidrográfica Puyango

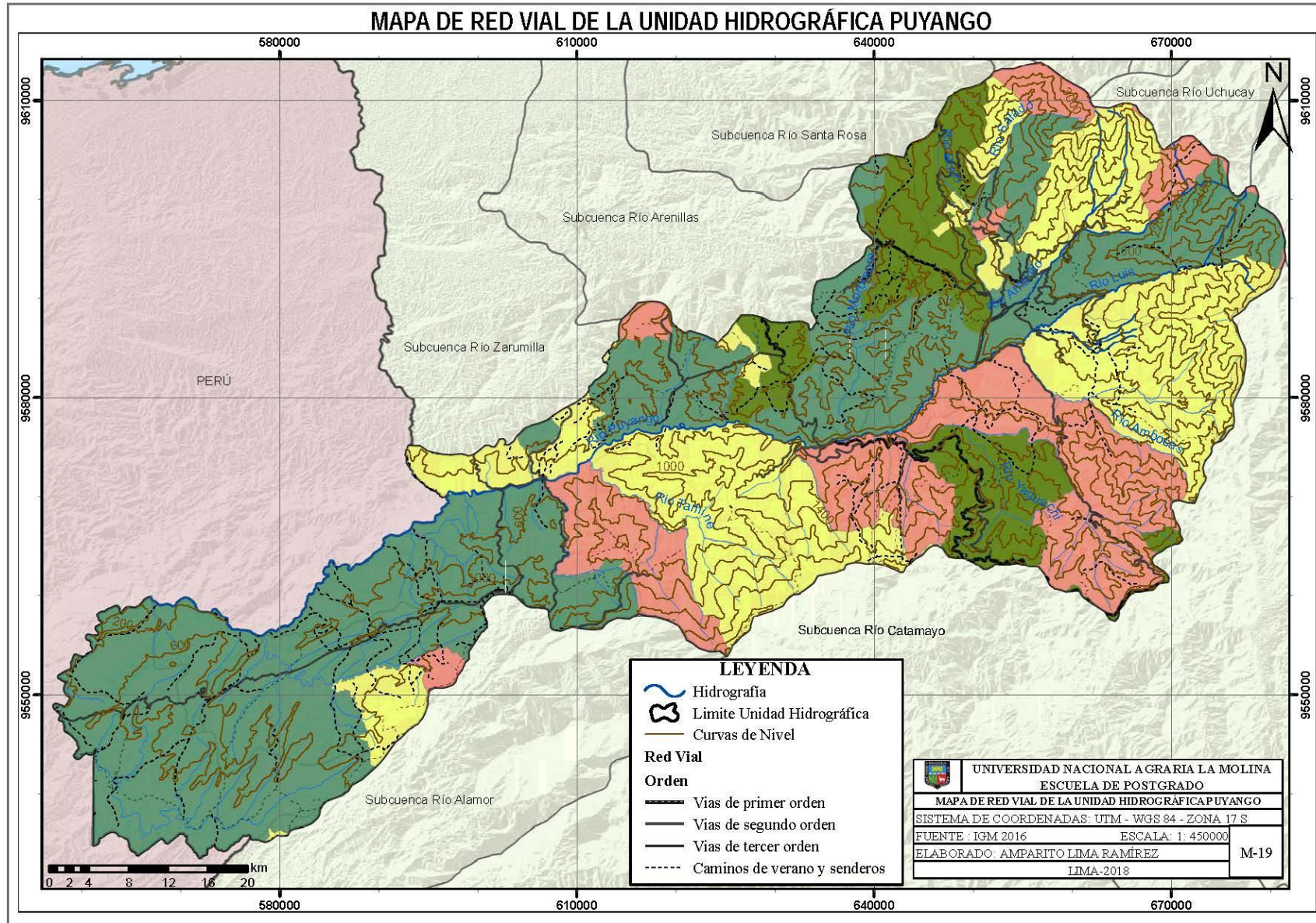


Figura 36: Mapa red vial de la unidad hidrográfica Puyango.

4.3. Submodelos geospaciales

4.3.1. Submodelo valor bioecológico

En la Figura 37 se muestra el mapa con los resultados de análisis de valor bioecológico: El valor bioecológico muy alto se encuentra distribuido en la parte alta de la zona de estudio representado por el 2.23% (8,194.18 ha), la zona aún conserva la cobertura vegetal natural como páramo, mientras que el 24.96% (91,649.87 ha) pertenece a valor bioecológico alto distribuido en toda la unidad hidrográfica con mayor concentración en la parte alta y baja, debido que aún conservan la cobertura vegetal natural de páramo y bosque nativo, en la parte baja corresponde bosque seco, podemos encontrar una de las zonas de endemismo más importante del mundo, además el bosque seco se lo considera como el corazón de la región de endemismo Tumbesina, compartida entre Ecuador y Perú (Aguirre y Geadá, 2013).

El valor bioecológico medio se encuentra disperso en toda la zona de estudio 13.64% (50,091.95 ha), mientras que el valor bioecológico bajo y muy bajo ocupan 59.16% (217,228.28 ha), áreas que han sufrido intervención antrópica, cambio de uso del suelo para establecer cultivos, pastizales e implementar áreas mineras y plantas de beneficio, similar a lo reportado por el MAE (2014) en el estudio de flora del sector Puente Negro, cantón Portovelo, se registró un total de 14 especies, pertenecientes a 11 familias y 14 géneros. La vegetación natural de la zona ha sido reemplazada y talada casi en su totalidad para dar paso a la extracción minera que se desarrolla en la zona. La poca cobertura vegetal remanente se observa en la ribera del río Caleras y en linderos que se han dejado a propósito para delimitar las fincas. Entre los árboles: “Caucho” *Ficus obtusifolia* (Moraceae), “Amarillo” *Centrolobium ochroxylum* (Fabaceae), “Balsa” *Ochroma pyramidale* (Malvaceae), *Cochlospermum vitifolium* (Bixaceae), “Guayacán” *Handroanthus chrysanthus* (Bignoniaceae), *Pouteria brevipetiolata* (Sapotaceae), *Bauhinia aculeata* (Fabaceae), *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae), *Muntingia calabura* (Muntingiaceae) y “Teca” *Tectona grandis* (Lamiaceae).

Hernández et al., (2016), corrobora los resultados, en el cual afirma que los diferentes estudios de la zona 7, son varios los factores que influyen en la alta biodiversidad: la disminución de la altitud de los Andes, la cercanía entre la Amazonía y el desierto del norte peruano, la influencia del fenómeno del niño y la corriente fría de Humboldt.

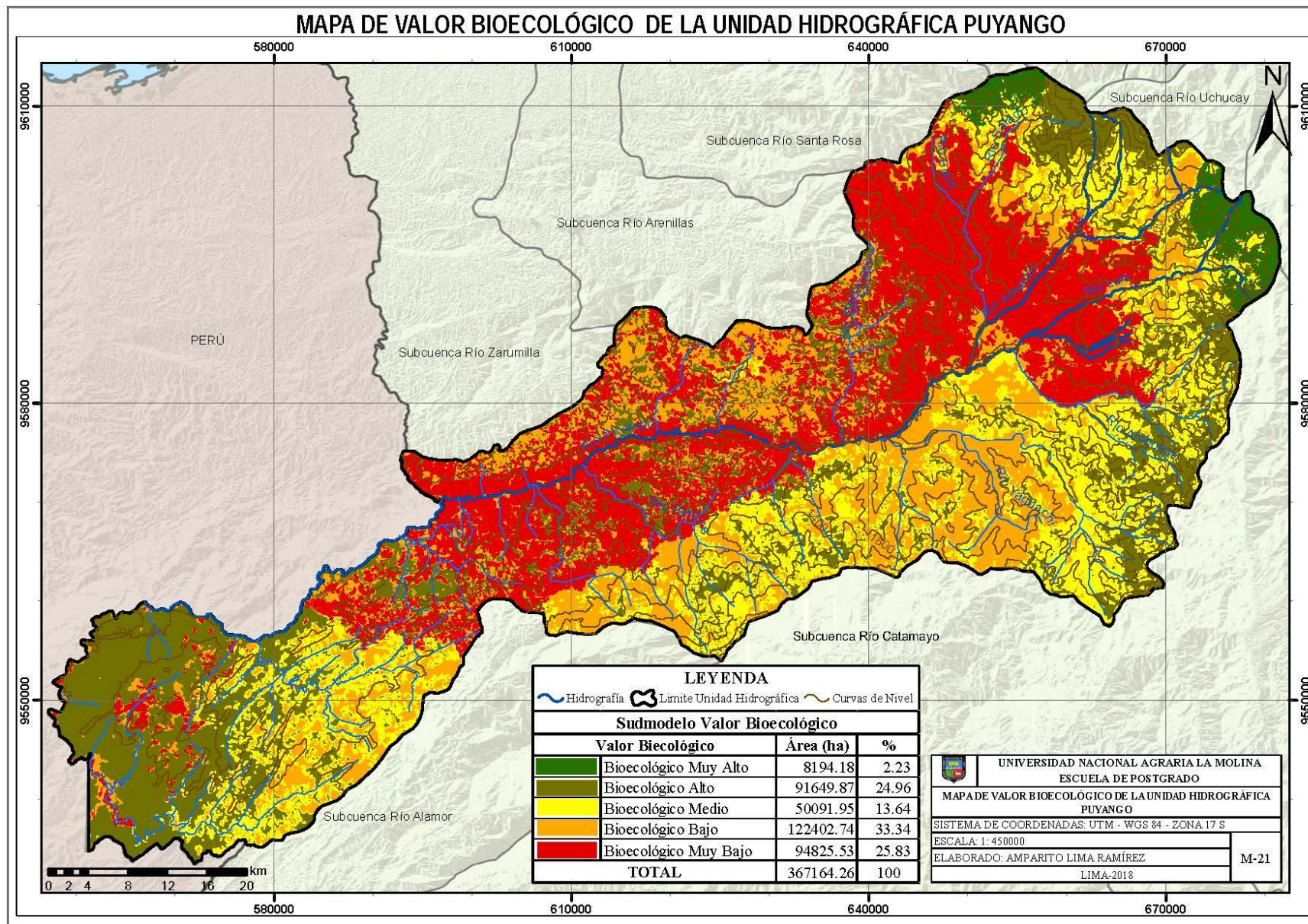


Figura 37: Mapa valor bioecológico de la unidad hidrográfica Puyango

4.3.2. Submodelo de vulnerabilidad

En la Figura 38, se presenta los resultados del submodelo de vulnerabilidad: Los niveles de vulnerabilidad alta se presentan en la parte alta y media de la unidad hidrográfica, concentrados en las parroquias de Zaruma, Salvias, Malvas, Arcapamba, Salati, San José, Chaguarpamba, Guayquichuma y Buenavista, y a lo largo de los ríos Amarillo, Luis, Calera, alcanzando una superficie de 28,862.09 ha representa el 7.86% del área total. En general, se caracterizan por presentar procesos geodinámicos activos, pendientes abruptas, escasa cobertura vegetal debido a actividades agropecuarias y mineras, estos resultados concuerdan con los datos presentados en el geoportal de la SNGR 2018, en cual mencionan que los eventos peligrosos generados por el periodo de lluvias son deslizamientos y hundimientos y las parroquias afectas son Zaruma, Arcapamba, Salati Portovelo, El Rosario, Capiro, Buenavista, Chaguarpamba entre otras. Por otro lado, Nuñez y Zegarra (2006), menciona que las poblaciones con mayor vulnerabilidad alta de la parte ecuatoriana son los cantones Portovelo, Puyango, Balsas y Catamayo, por ser áreas susceptibles a deslizamientos y derrumbes.

Los niveles de vulnerabilidad media se encuentran distribuida en toda la zona de estudio, alcanzando una superficie de 123,120.74 ha, representan el 33.53% del área total, mientras que los niveles de vulnerabilidad bajo y muy bajo están distribuidos en toda la zona de estudio alcanzando una superficie total de 175,294.65 ha, que representan el 47.74% del área de estudio. Se caracteriza por presentar procesos geodinámicos no concentrados, pendientes suaves, cobertura vegetal con media y baja intervención por actividades humanas, así como baja concentración poblacional.

Las unidades con niveles de vulnerabilidad estable están distribuidas en la parte baja (cantón Zapotillo), cubriendo una superficie 39,886.78 ha, que representan el 10.86% del área total. Se caracteriza por presentar pendientes ligeramente inclinadas, cobertura vegetal permanente, escasa concentración poblacional y una mínima intervención humana. En el plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón 2014, mencionan que el 72.16% del cantón zapotillo presentan un riesgo medio o moderado a inundaciones y deslizamientos información que defiere con los resultados obtenidos en la presente investigación.

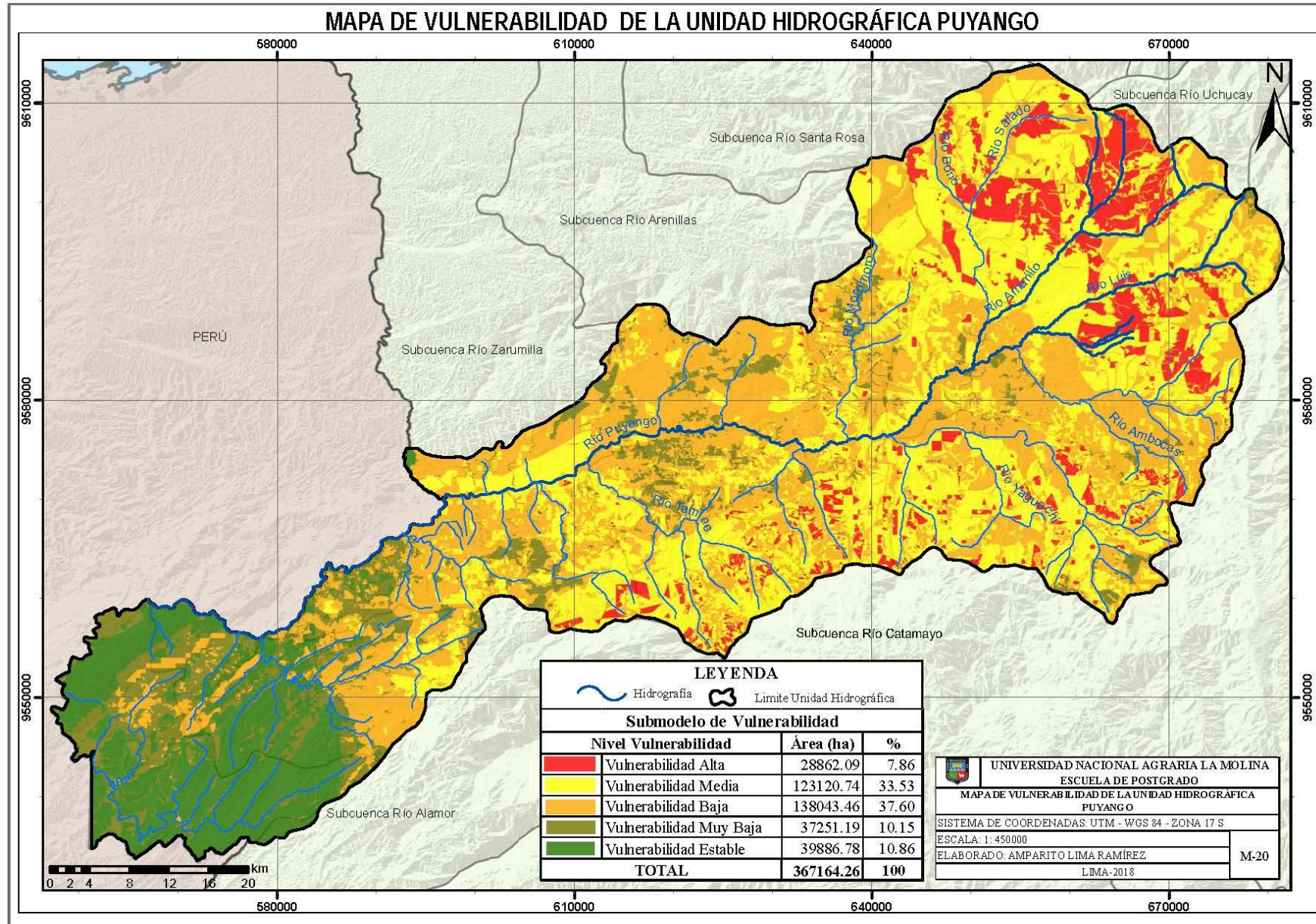


Figura 38: Mapa vulnerabilidad de la unidad hidrográfica Puyango

4.3.3. Submodelo aptitud productiva de recursos naturales renovables

En el Figura 39 se muestra el mapa con los resultados de la aptitud productiva de los recursos naturales renovables: Se estima que el 2.90% (10,635.38 ha) de la unidad hidrográfica corresponde a aptitud productiva de recursos naturales renovables muy alta, ubicado en las parroquias Pindal y Paletillas, seguido por la aptitud productiva de recursos naturales renovables alta con 14.96% (54,910.05 ha), ubicado en las parroquias Portovelo, Zaruma, Curtincapc, Malvas, Piñas, El Cisne, Morales, Guayquichuma, Alamor, mientras que el 26.08% (95,758.73 ha) corresponde a aptitud productiva de recursos naturales renovables media, en cual se encuentran parroquias como Chaguarpamba, El rosario, El Limo, Cazaderos, Bolaspamba, y finalmente se encuentran la aptitud productiva de recursos naturales renovables baja y muy baja con 56.07% (205,860.10 ha) parroquias como Malvas, Manú, Chilla y Guanazán.

Los resultados concuerdan con los mencionados por la SENPLADES (2010), el principal uso del suelo en la zona de planificación 7 es agrícola, sobre todo para cultivos de banano, maíz, caña de azúcar, cacao, entre otros. Estos cultivos, junto con las áreas destinadas para la ganadería, cubren una superficie del 44.3%. Por otro lado, Hernández *et al.*, (2016) menciona que en épocas secas y lluviosas afectan a la vegetación, suelo, agua y tornan vulnerables a los procesos productivos. Uno de los principales problemas de la producción zonal es el bajo rendimiento de los cultivos agrícolas y la producción pecuaria; esto se da porque: tan solo el 13.7 % de la superficie total de la zona tiene aptitud agrícola. Existen altos niveles de concentración de los factores de producción (tierra, crédito y riego), deficiente infraestructura productiva y falta de organización y asociatividad de los productores.

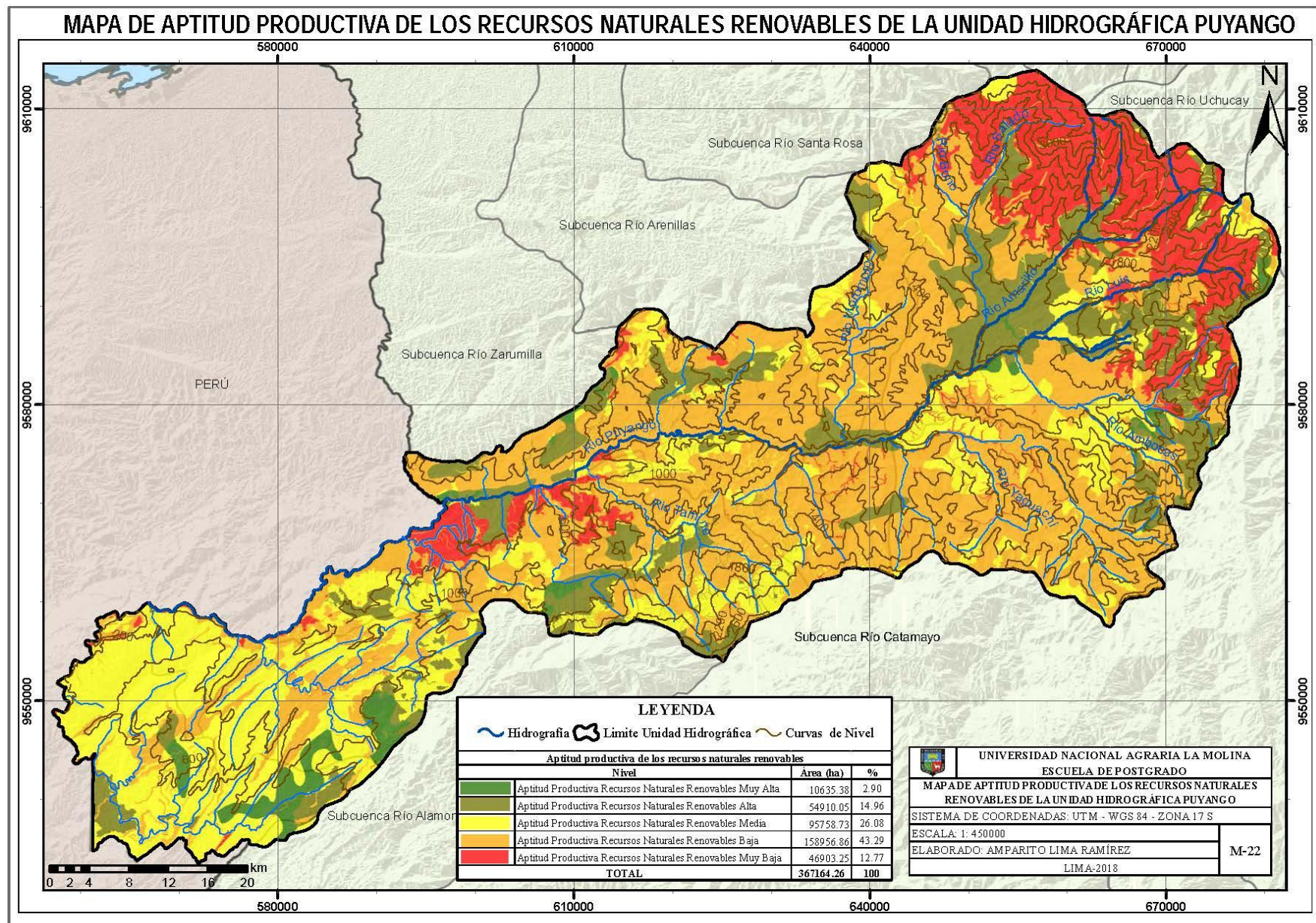


Figura 39: Mapa aptitud productiva de los recursos naturales renovables de la unidad hidrográfica Puyango.

4.3.4. Submodelo aptitud productiva de recursos naturales no renovables

En la Figura 40 se muestra el mapa con los resultados del submodelo de aptitud productiva de los recursos naturales no renovables de la unidad hidrográfica en el cual existen dos tipos de minería: pequeña escala y la de subsistencia y artesanal, representado por el 42.63% (156,529.98 ha) aptitud productiva recursos naturales no renovables baja, seguida por el 25.99% (95,437.68 ha) aptitud productiva recursos naturales no renovables muy baja, mientras que el 14.65% (53,787.35 ha) pertenece a aptitud productiva recursos naturales no renovables media, el 16.73% (61,409.26 ha) aptitud productiva recursos naturales no renovables muy alta y alta ubicada en los distritos mineros de Portovelo, Zaruma, Piñas y en los cantones de Chaguarpamba y Olmedo.

Los resultados concuerdan con los mencionado por la SENPLADES (2010), mismo que menciona que en la provincia de El Oro, se encuentran depósitos puntuales de recursos minerales en el distrito de Zaruma y Portovelo, con una reserva de 400 g/TM de y 800 g/Tm de plata. También se ha encontrado, como material adicional, zinc, cobre y pocos polisulfuros.

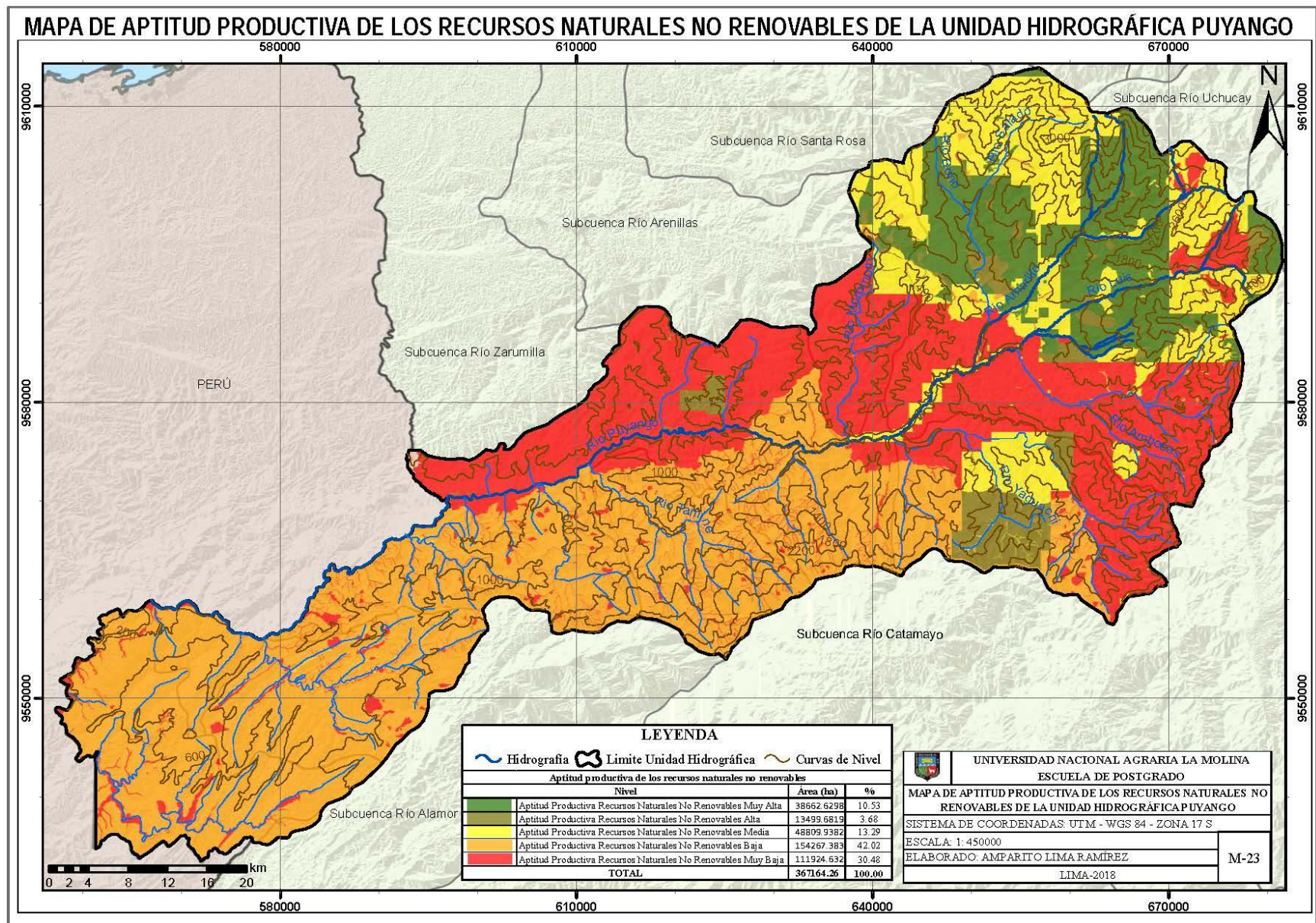


Figura 40: Mapa aptitud productiva de los recursos naturales no renovables de la unidad hidrográfica Puyango.

4.3.5. Submodelo aptitud productiva turística

De acuerdo con la integración de las variables se determinó que solo el 69.32% de la zona de estudio tiene aptitud turística y está representada por la aptitud productiva turística muy alta con el 12.08% (44,361.18.21 ha), ubicada en la parte media y baja de la zona de estudio, en el área se encuentra el bosque petrificado Puyango, mientras la aptitud turística alta está representada con el 1.55% (5,679.48 ha), seguida por la zona más representativa la aptitud productiva turística media se ubica en la parte alta y baja de zona de estudio en la misma se encuentra la reserva de biosfera de bosque seco su riqueza natural y paisajística la convierte en un sector muy atractivo, específicamente por el florecimiento de los guayacanes en el inicio de la temporada invernal, mientras que la aptitud productiva turística baja y muy baja se ubican en la parte alta y media, en los cantones Chaguarpamba, Olmedo, Portovelo, Zaruma y Piñas. Similar a los resultados reportados por la SENPLANES (2010) que menciona que en El Oro destacan los bosques primarios, cascadas, en la parte alta con el nacimiento de la explotación aurífera en el Ecuador. También sobresalen el bosque petrificado de Puyango, ubicado en las provincias de El Oro y Loja con árboles petrificados, fósiles de insectos y formas de moluscos petrificados en las rocas.

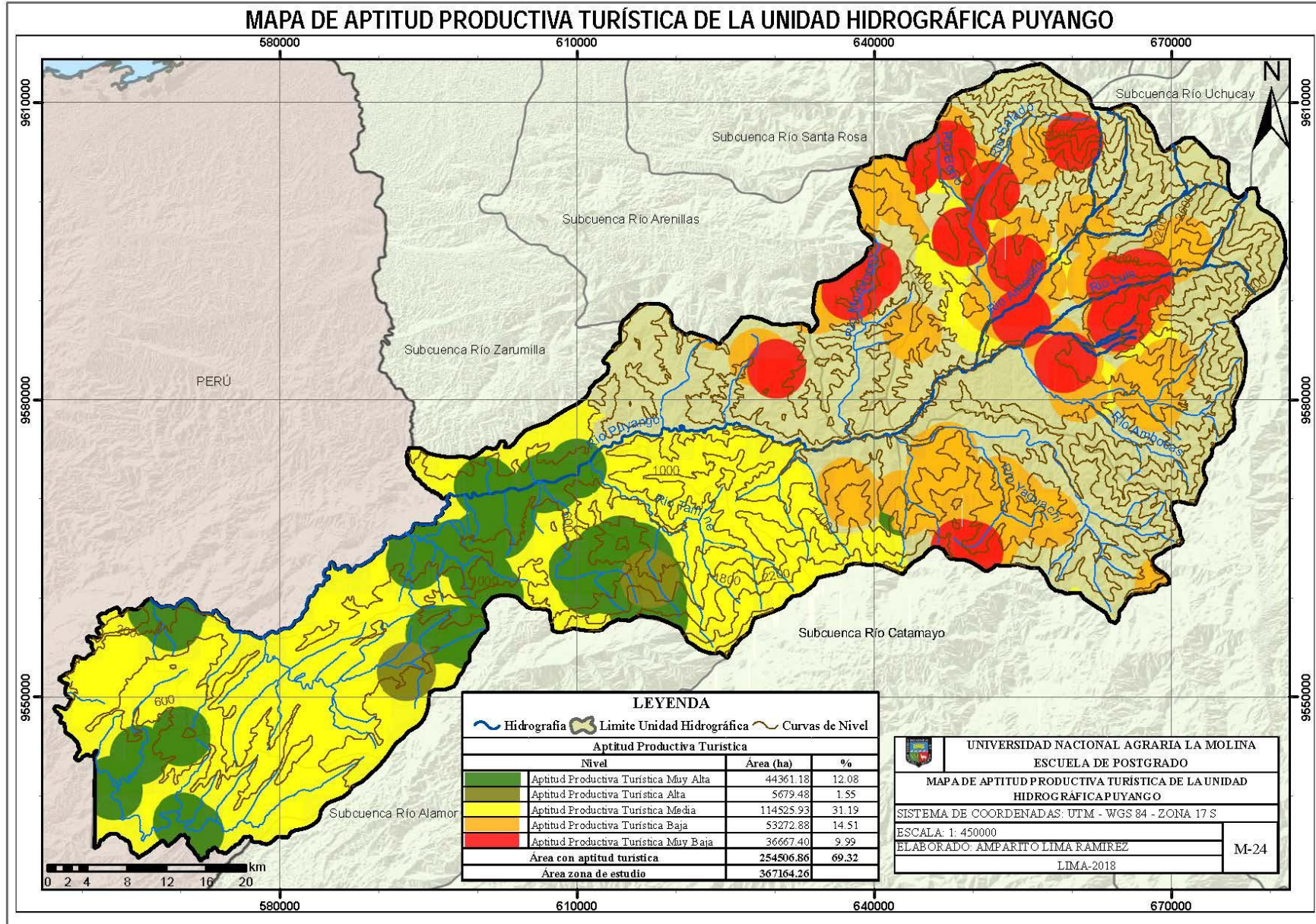


Figura 41: Mapa aptitud productiva turística de la unidad hidrográfica Puyango.

4.3.6. Submodelo conflicto de uso del suelo

El submodelo se generó con las variables independientes capacidad de uso mayor de la tierra, y, cobertura vegetal y uso actual del uso, el resultado final fue el mapa de conflicto de uso en donde se aprecia las zonas que tiene sobreuso, subuso y las que presentan una conformidad entre su uso actual, tal como se muestra en la Figura 42.

El 51.21% (188,036.19 ha) del territorio presenta subuso en áreas correspondientes a las tierras donde el uso actual del suelo corresponde a categorías inferiores a la de capacidad de uso mayor de la tierra, se encuentran destinadas a la agricultura o pastoreos y no están siendo aprovechadas adecuadamente. Resultados similares reportan en la subcuenca Alamor el 39.6% está subutilizado, el 26.3% mantiene un uso adecuado y el 33.8% esta sobreutilizado. El sobreuso está representado por el 37.67% (138,306.46 ha), tierras en donde el uso actual del suelo es mayor al uso potencial del suelo, es decir, que las actividades realizadas actualmente en el lugar, son intensivas y exceden la capacidad de uso del suelo, se encuentra distribuida en toda la unidad hidrográfica, donde mayormente están ocupados por pastizales, áreas sin vegetación y asentamientos antrópicos.

Finalmente se encuentra el uso conforme o uso adecuado del suelo con 11.12% (40,821.62 ha), áreas que en la actualidad está conformada por áreas a las que se encuentra destinada incluyendo bosques y zonas de pastizales. Así mismo reportan en la subcuenca Catamayo tiene que el 44.12% del área tiene uso adecuado, el 16.68 % de los suelos están subutilizados y el 39% están sobreutilizados (Agencia Española de Cooperación Internacional, 2005). Los resultados difieren con los reportados en el proyecto Binacional Catamayo Chira, mencionan que los suelos con utilización correcta o uso adecuado tiene mayor área (35%), seguido por los suelos sobreutilizados (34%), finalmente se encuentran los suelos subutilizados con el 31% (Agencia Española de Cooperación Internacional, 2007).

Así mismo el MAGAP, actualmente MAG, (2015) de manera general reporta que el 28% del área continental se encuentra parcial o intensamente intervenida en actividades agroproductivas. De este porcentaje, las tierras adecuadamente utilizadas representan un 24%, las subutilizadas el 16% y aquellas sobreutilizadas el 59%, lo que es corroborado por este estudio en la unidad geográfica Puyango.

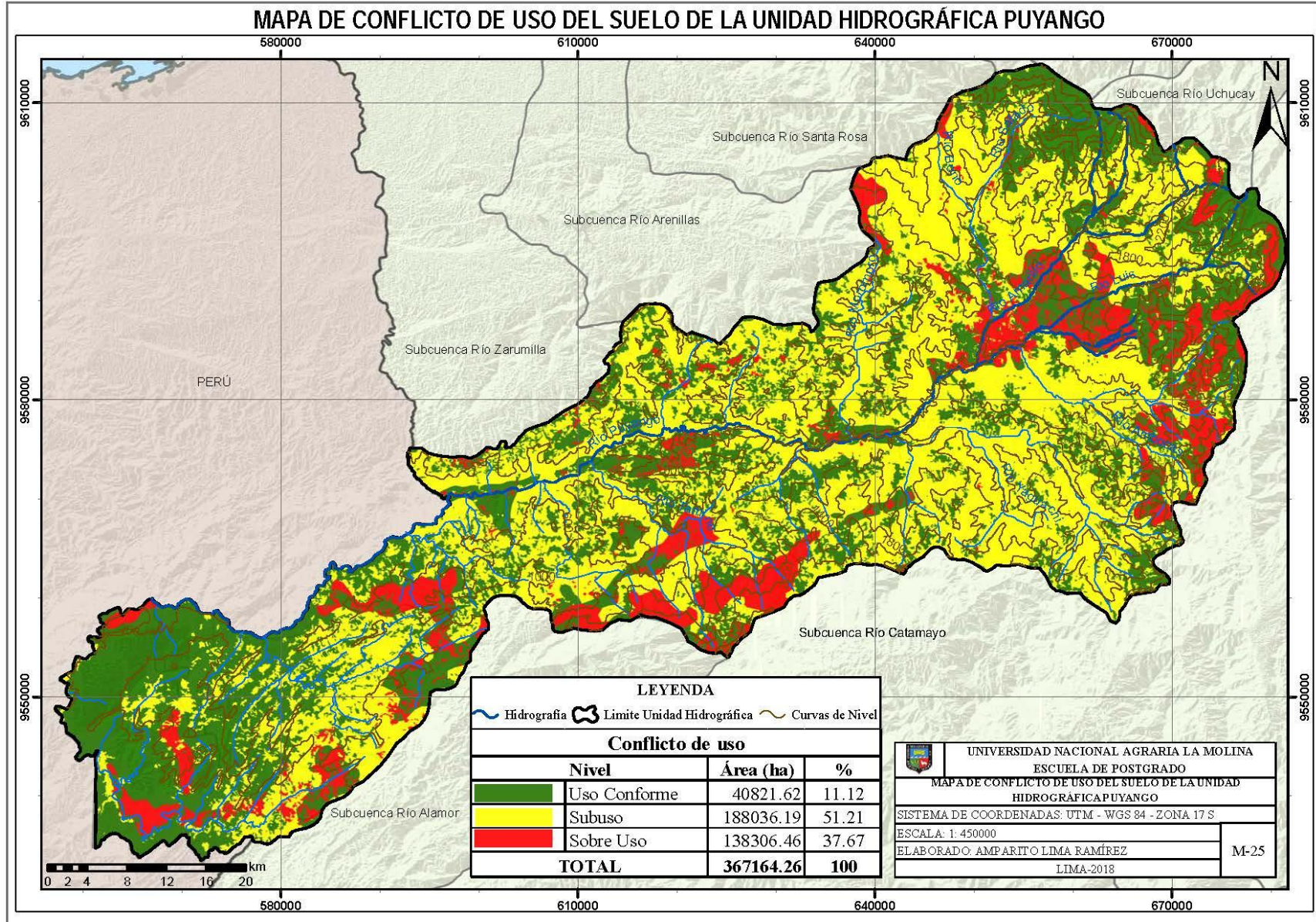


Figura 42: Mapa conflicto de uso de la unidad hidrográfica Puyango.

4.3.7. Submodelo conflicto ambiental

En la unidad hidrográfica se practica la minería a pequeña escala y artesanal lo que ha provocado un desequilibrio ecológico, además de la calidad ambiental, también se encuentra amenazada por el desarrollo de actividades productivas, la carencia de servicios básicos, el tratamiento de aguas residuales y la disposición final de los residuos sólidos.

La minería se desarrolla en la parte alta de la unidad hidrográfica en los cantones Zaruma, Portovelo y Atahualpa de la provincia de El Oro, ocasionando un conflicto ambiental alto 1.39% (5,098.16 ha), tal como se muestra en la Figura 43, producido principalmente por la presencia de plantas de tratamiento o beneficio ubicada a la ribera del río amarillo y calera, resultados que se corrobora con lo reportado por Puño (2016) las fuentes de contaminación del recurso hídrico de la cuenca del río Puyango-Tumbes son las actividades mineras de extracción y refinación de oro de la parte alta de la cuenca (ríos Amarillo y Calera en Ecuador), la actividad agrícola de la parte baja, aguas residuales domésticas y residuos sólidos urbanos de las ciudades de Portovelo, Zaruma y Tumbes principalmente.

El conflicto ambiental medio 1.78% (6,529.13 ha) mismo que es ocasionado principalmente por fuentes contaminantes como cantera, bocamina, relaveras abandonadas, mientras que el 71.64% (263,045.67 ha) no hay conflicto ambiental distribuido en toda la cuenca. Similar a lo mencionado Hernández *et al.*, (2016) mismo que hace hincapié que, en la provincia de Loja, las causas que producen contaminación de los recursos hídricos son: Vertederos líquidos de aguas residuales urbanas, desechos sólidos urbanos, vertidos de desechos mineros, remanentes de plaguicidas y fertilizantes de uso agrícola, desechos sólidos rurales y procesos erosivos de los suelos que generan elevada turbidez.

Por otro lado, el MAE (2015) también hace hincapié que el mal manejo del suelo, la tala de árboles, el incremento de las actividades ganaderas, sumada al poco interés por iniciar proyectos de reforestación, ha causado erosión del suelo y la contaminación del agua por el uso de pesticidas y agroquímicos. De la superficie total de la cuenca, un 65% corresponde a unidades de cobertura vegetal natural degradada.

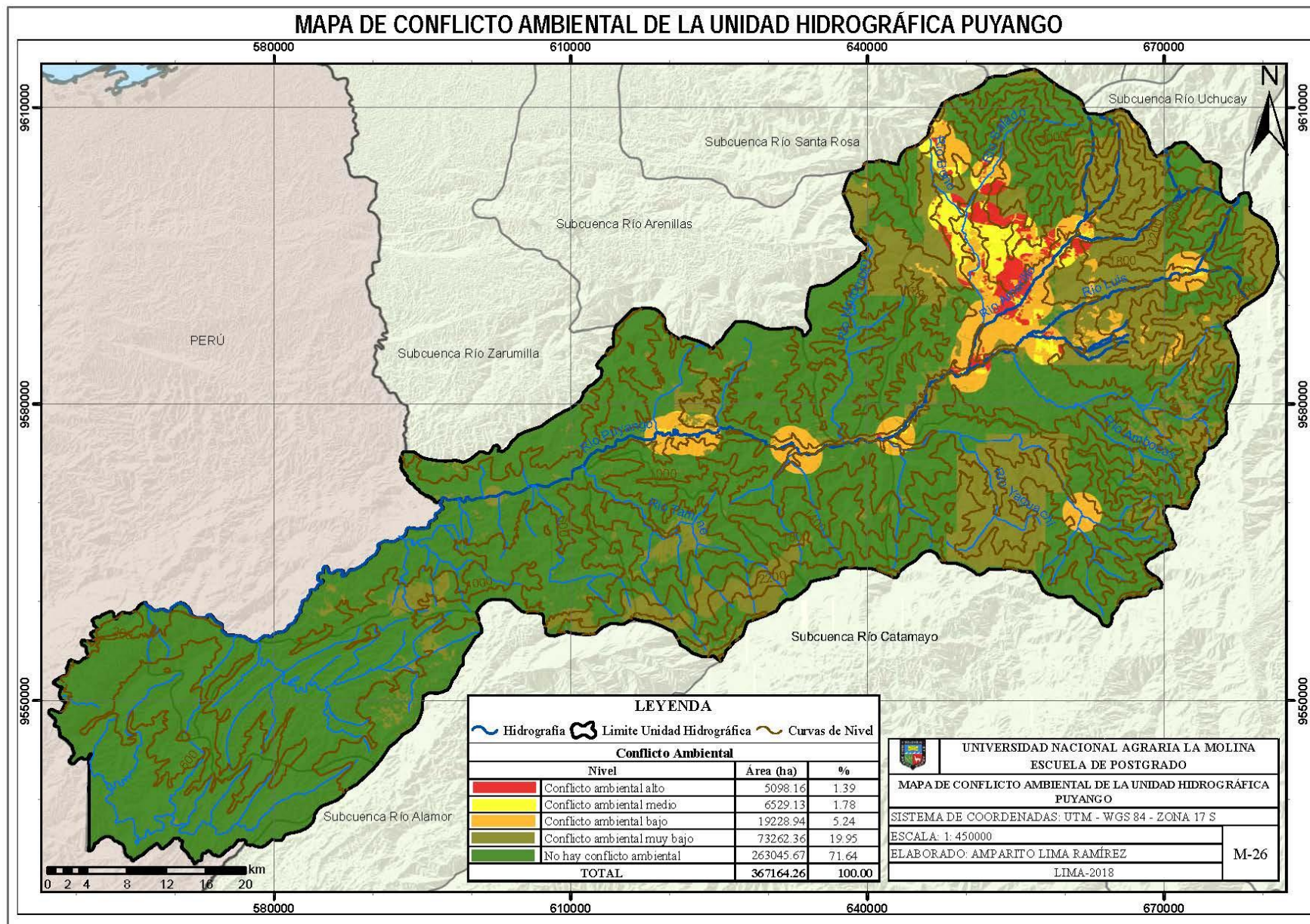


Figura 43: Mapa conflicto ambiental de la unidad hidrográfica Puyango

4.3.8. Submodelo valor histórico cultural

Valor histórico cultural está orientado a determinar las zonas que presentan una fuerte incidencia de usos ancestrales, históricos y culturales, que ameritan una estrategia especial, sobre la base de las variables comunidades y sitios de interés histórico cultural, se evaluaron sitios lugares que son considerados patrimonio cultural, zonas arqueológicas, sitios que deben ser conservados.

En la Figura 44 se muestran los resultados del submodelo: El valor histórico cultural alto 0.85% (3,118.45 ha) ubicado en el bosque petrificado Puyango zona de gran importancia paleontológica, geológica y cultural a nivel nacional y mundialmente conocido como yacimiento de fósiles marinos y madera petrificada, seguido por el valor histórico cultural medio 2.79% (10,245.64 ha) ubicado en la parte alta y media de la zona de estudio, representado por zonas con restos arqueológicos y áreas de bosques y vegetación protectora, mientras que el 57.83% (212,338.25 ha) no hay valor histórico cultural. Por otro lado, el INPC (2012) indica que la zona 7 posee cuatro ciudades patrimoniales: Loja, Saraguro, Catacocha y Zaruma, que representan el 18.2% del total de ciudades patrimoniales del país y que además el 17.1% de los sitios arqueológicos, 7.4% de los bienes culturales, 7.7% de bienes inmateriales, 9.6% de documentales de archivo, 8.9% de bibliotecas y el 4.8% de los bienes muebles a nivel nacional.

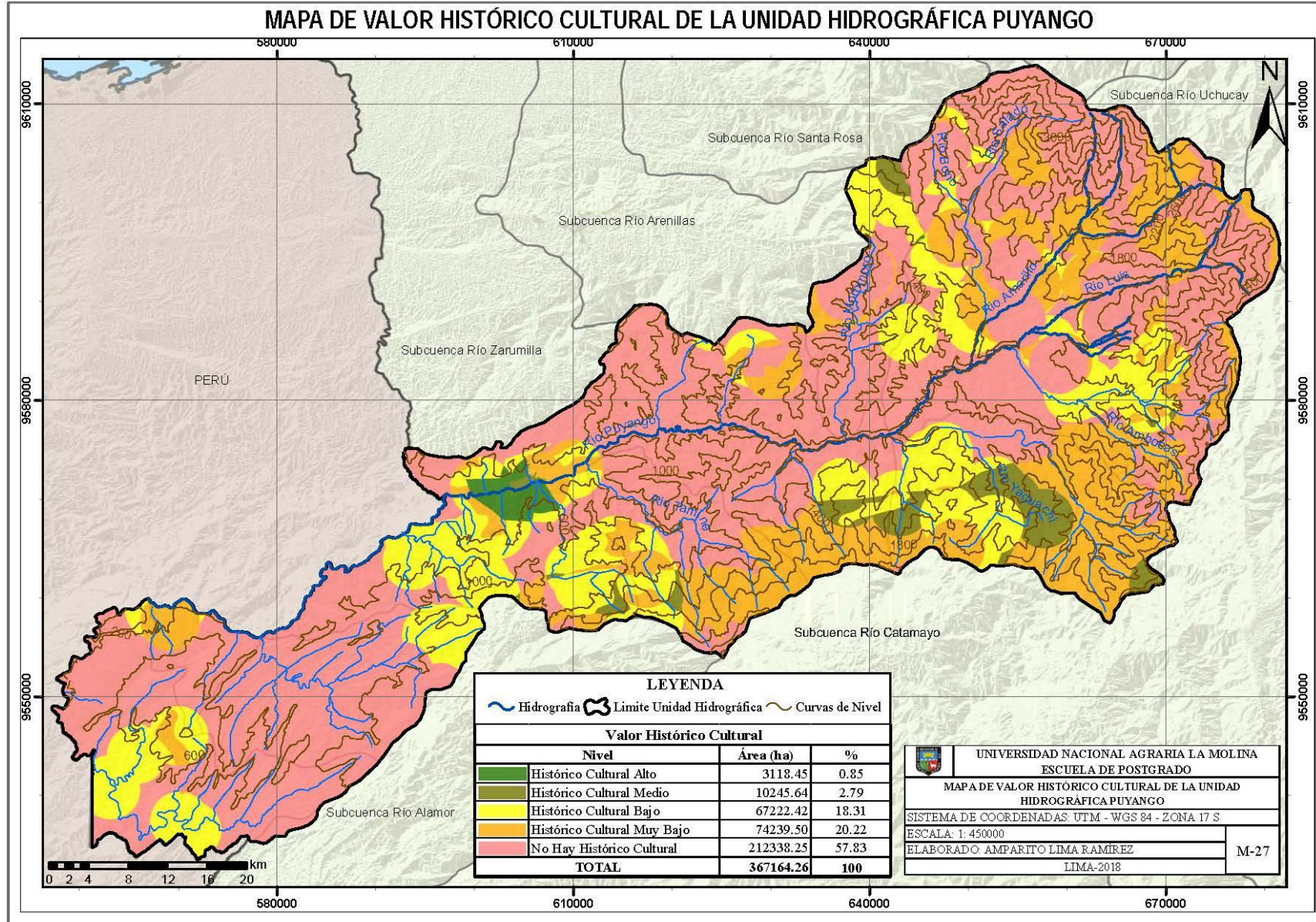


Figura 44: Mapa valor histórico cultural de la unidad hidrográfica Puyango.

4.3.9. Submodelo urbano industrial

Orientado a identificar las áreas que poseen condiciones tanto para el desarrollo urbano como para la localización de la infraestructura industrial de la zona, En la figura 45 se presentan los resultados del submodelo mismo que está representado por el 39.97% (146,750.87 ha) corresponde a urbano industrial medio, seguido por el 36.44% (133,806.62 ha) pertenece a urbano industrial bajo, mientras 13.05% (47,904.79 ha) está representado por urbano industrial muy bajo, finalmente el 10.54% (38,701.98 ha) por urbano industrial muy alto y alto en estos sectores se encuentran los principales centros poblados de la unidad hidrográfica, sitios con vulnerabilidad baja y muy baja. Los resultados difieren con los reportados por el INADE (Instituto Nacional de Desarrollo) (2007) en la zonificación ecológica-económica del corredor interoceánico sur tramo Iñapariinambar ya que el valor urbano industrial con mayor área es él; valor bajo (60-68%), seguido por valor muy bajo (24.41%) mientras que el valor alto representa el 3.85%, y el valor medio 8.39%, de la superficie total del ámbito de estudio.

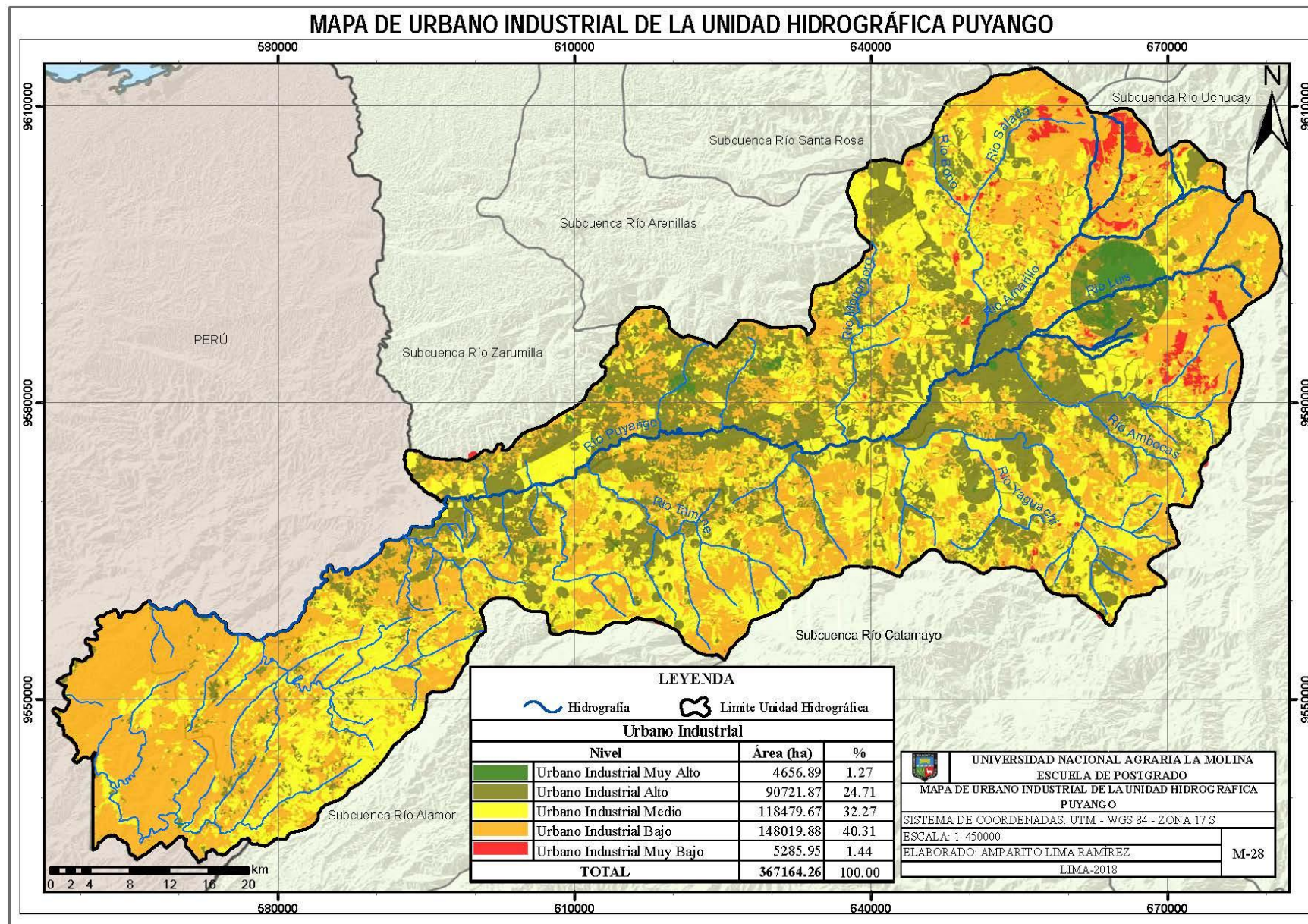


Figura 45: Mapa urbano industrial de la unidad hidrográfica Puyango

4.3.10. Submodelo socioeconómico

Para determinar el submodelo socioeconómico se han integrado las variables independientes: pobreza por necesidades básicas insatisfechas, infraestructura de salud, centros educativos, servicios básicos, red vial, densidad poblacional, nivel de analfabetismo, población económicamente activa. En la Figura 46 podemos observar los resultados del subdemolo socioeconómico: el potencial socioeconómico muy alto en algunas parroquias Zaruma y Piñas representando cartográficamente con el 3.60% (13,222.95 ha) de la unidad hidrográfica, dado la disponibilidad de los servicios básicos, red vial, bajo nivel de analfabetismo, centros de salud y centros educativos, así mismo el potencial socioeconómico alto se ubica en las parroquias Alamor, Catacocha, Paccha, Portovelo, San pedro de la bendita con el 6.81% (25,015.62 ha), seguido por el potencial socioeconómico medio 10.74% (39,441.93 ha) en las parroquias Ayapamba, Balsas, Chaguarpamba, La Victoria, Marcabeli, Muluncay grande, Pindal, Saracay.

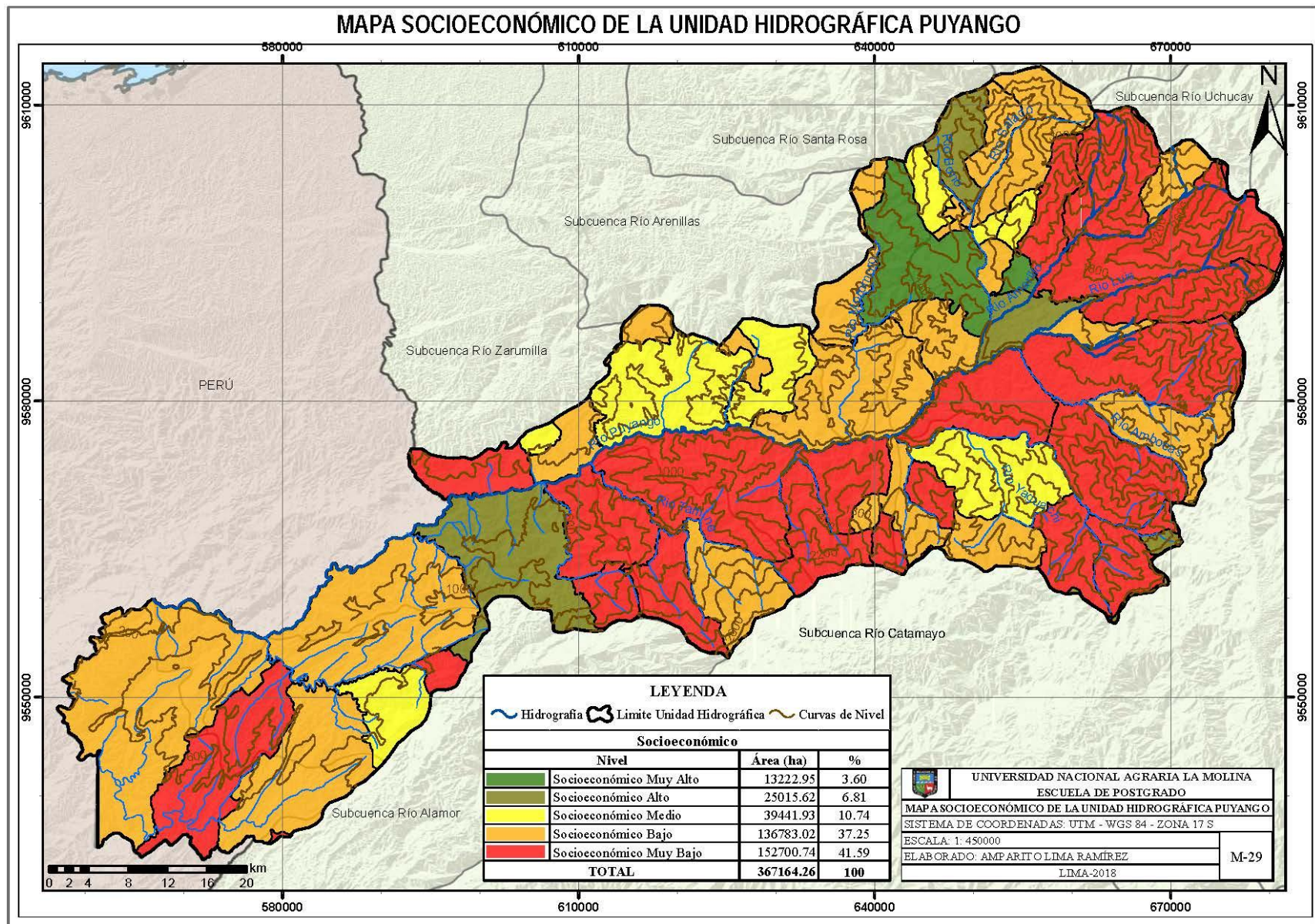


Figura 46: Mapa socioeconómico de la unidad hidrográfica Puyango

4.4. Caracterización física y socioeconómica de la unidad hidrográfica Puyango

La unidad hidrográfica Puyango tiene una superficie total de 367,164.26 ha. La caracterización física y socioeconómica realizada en el presente estudio tiene por objeto orientar y establecer que las condiciones de uso del espacio y de sus componentes se realicen de acuerdo a sus características físicas, ecológicas, económicas y sociales, con el fin de obtener su máximo aprovechamiento.

La unidad hidrográfica Puyango se clasifica en 4 macrozonas: zonas de protección y conservación, Zona de Recuperación, Zona urbano industrial y Zona de producción: agrícola, pecuaria, manejo y producción forestal, minera, turística. Mientras que Loaiza (2014), sintetiza la microcuenca Buenavista, en cinco zonas: Zona para la conservación y protección de Bosques. Zona de áreas ganaderas y agrícolas. Zona para reforestación; Zona de producción forestal; y, Zona para desarrollo civil; las cuales deberían respetarse dentro de los procesos de planificación; sin embargo, se determinó como área prioritaria, la zona para la conservación y protección de bosques dentro de la cual se encuentra la FUENTE de agua abastecedora del sistema de agua potable de Buenavista, de la cual depende la biodiversidad de los ecosistemas y la vida misma de la población; por tanto, es allí donde se concentrarán las acciones de la propuesta de gestión participativa de los recursos hídricos.

En la Figura 47, se describe la distribución espacial de las unidades ecológicas y las unidades según el potencial socioeconómico. Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

- **Zonas de protección y conservación**

Cubre el 15.52% (56,973.33 ha) de la superficie total del área de estudio, lo que indica que existen amplios espacios que tienen un valor ecológico alto sin intervención antrópica por lo tanto hay que conservarlos y protegerlos, además de poseer un alto valor histórico cultural, distribuidos en la parte alta y media de la unidad hidrográfica.

- **Zona de Recuperación**

Cubre el 9.43% (34,627.26 ha) de la superficie total de estudio, son áreas que presentan algún tipo de alteración, bosque medianamente intervenido y constantemente sufren presión antrópica por cambio de uso del suelo y que requieren de una estrategia especial para la recuperación de los ecosistemas degradados o contaminados.

- **Zona urbano industrial**

Cubre el 18.16% (66,664.52 ha) se tomaron en cuenta todas las zonas urbanas e industriales actuales, en donde se encuentra la mayor densidad poblacional además del desarrollo de nuevos asentamientos urbanos o industriales.

- **Zonas de producción**

Comprende zonas con potencialidad productiva, cubre 56.90% (208,899.16 ha) distribuido en zonas producción agrícola, pecuaria, forestal, minera, turística, a continuación, se detalla:

Producción agrícola: Las áreas productivas agrícolas cubren el 7.02% (25,785.88 ha), están ubicadas en la parte media y baja de la unidad hidrográfica, zonas con potencial para el desarrollo de cultivos.

Producción pecuaria: Las áreas productivas pecuarias cubren el 19.59% (71,923.74 ha), ubicadas parte media y baja de la unidad hidrográfica, las áreas que se encuentran dentro de zonas que presentan áreas con pastizales, siendo beneficioso para la producción pecuaria dado el clima, y las características edáficas. En su mayor parte, estas unidades son de carácter extensivo para la crianza de ganado ovino, vacuno, caprino, avícola y porcino.

Producción forestal: Cubren el 19.59% (71,923.74 ha) de la superficie total del área de estudio, incluyen zonas aptas para la producción y manejo forestal.

Producción minera: Cubre el 4.65% (17,087.30 ha) áreas con condiciones de desarrollo minero localizadas en la cabecera de la cuenca, actualmente existen concesiones mineras autorizadas.

Producción turística: Cubre el 6.13% (22,518.58 ha) áreas con potencial turístico, localizadas en forma dispersa en la parte baja de la unidad hidrográfica.

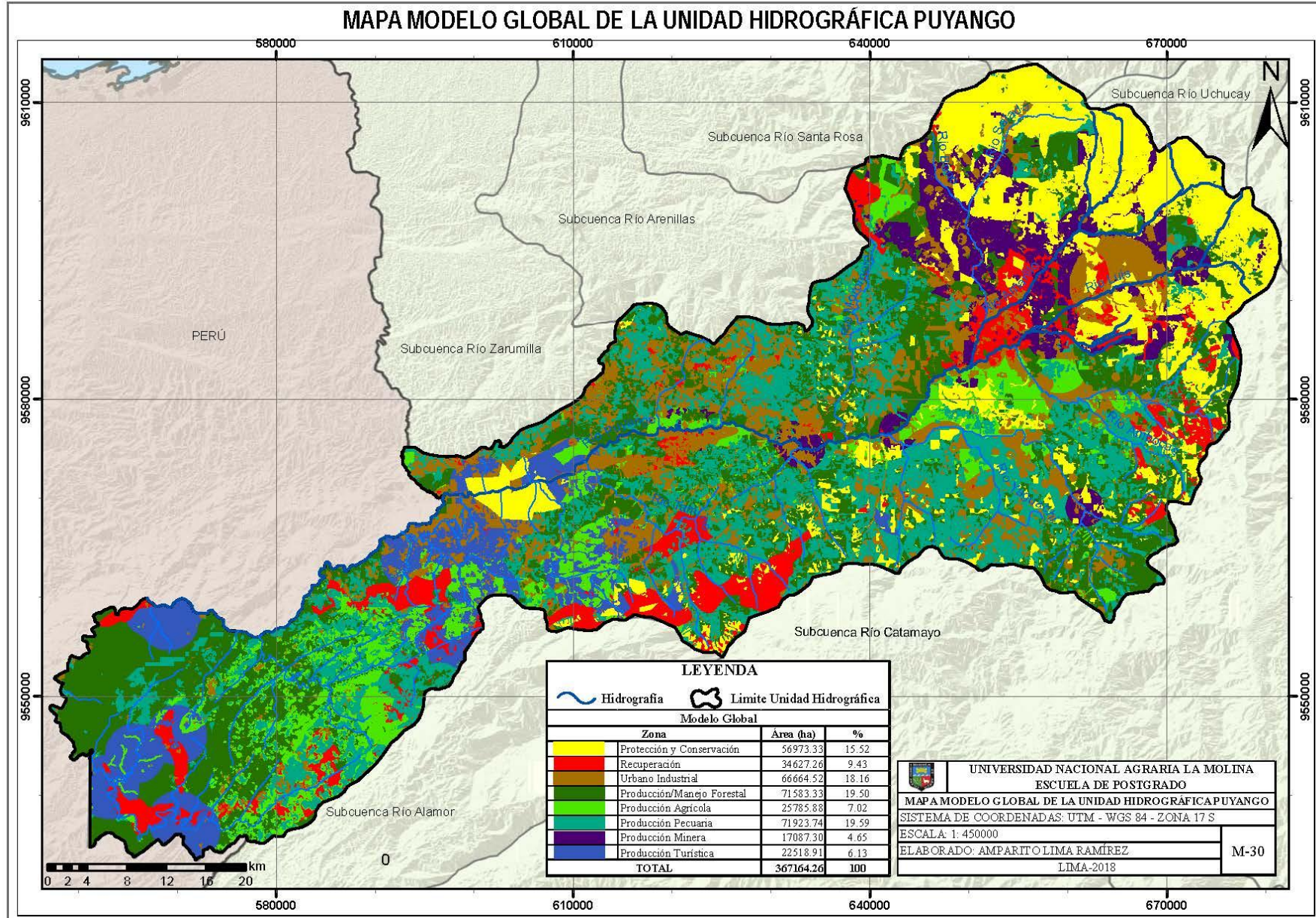


Figura 47: Mapa modelo global de la unidad hidrográfica Puyango

4.5. Alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales

4.5.1. Microcuencas seleccionadas

En el Cuadro 42 se muestra las microcuencas seleccionadas del área de estudio, en el ámbito de los siguientes componentes: manejo y gestión de los recursos naturales, control de procesos geodinámicos, desarrollo de la capacidad institucional, control y administración de la contaminación. En la Figuras de la 48 a la 51 de muestra la microcuencas seleccionada para cada uno de los componentes.

Cuadro 42: Microcuencas seleccionadas

Manejo y gestión de recursos naturales		
Microcuenca	Área (ha)	Total
Drenajes Menores	67 627.89	14
Río Balsas	7 428.73	14
Quebrada Palmira	10 079.61	13
Quebrada Paletillas	4 964.10	11
Río Ambocas	14 117.14	11
Río Luis	18 645.01	11
Río Umbalao	9 762.48	11
Río Ortega	3 578.19	9
Río San José	8 457.83	9
Control de procesos geodinámicos		
Drenajes Menores	67 627.89	18
Río Yaguachi	20 457.39	14
Río Las Palmas	7 631.40	13
Río Ortega	3 578.19	11
Río San José	8 482.36	11
Desarrollo de la capacidad institucional		
Drenajes Menores	86 612.15	3
Río Yaguachi	20 457.39	3
Quebrada Cochurco	11 422.75	3
Quebrada Palmira	10 079.61	3
Quebrada Santa Ana	10 396.32	3
Río Ambocas	14 117.14	3
Río Luis	18 645.01	3
Río Salado	10 000.02	3
Control y administración de la contaminación		
Drenajes Menores	67 627.89	9
Río Luis	18 601.01	9

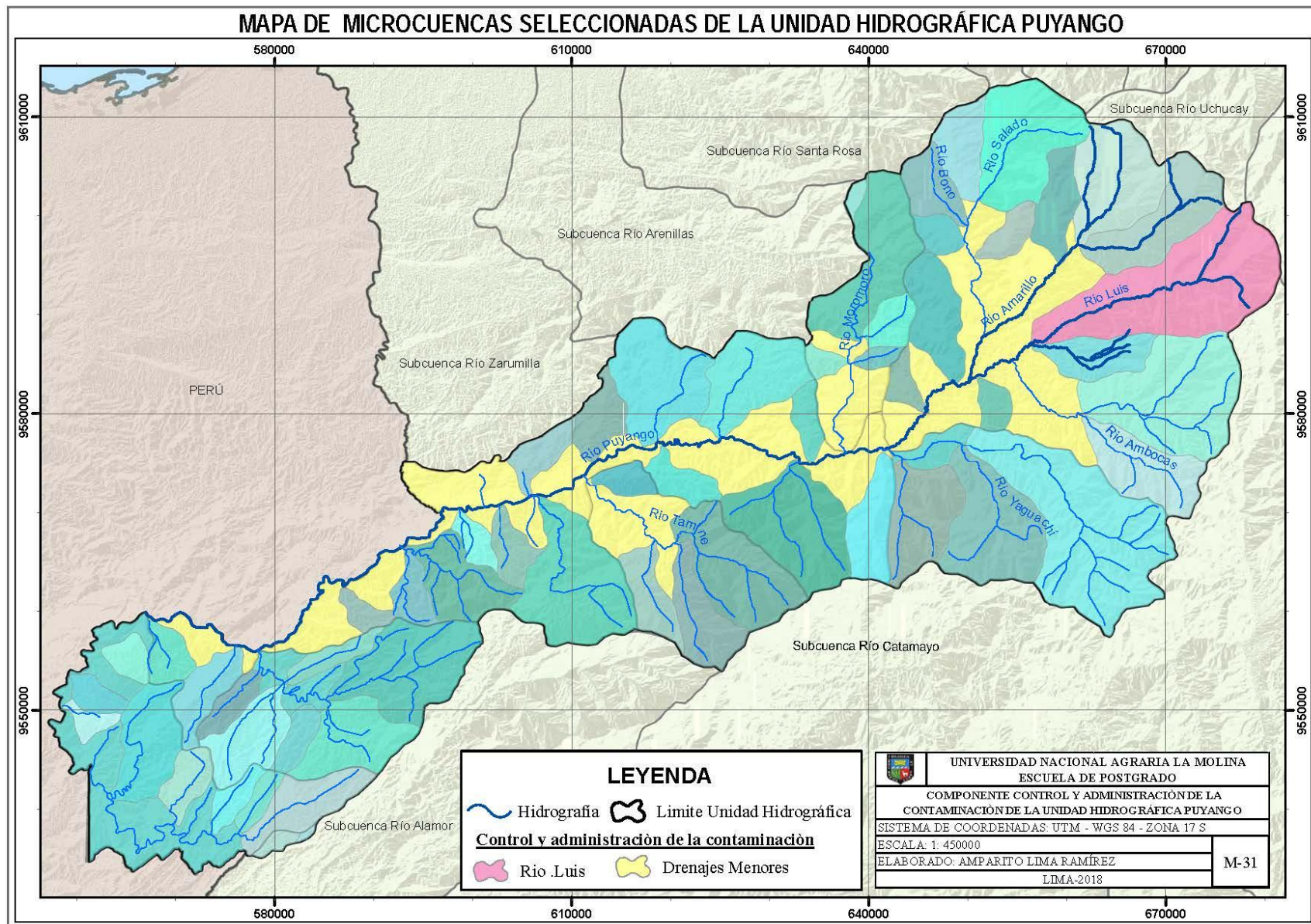


Figura 48: Mapa microcuencas seleccionadas componente control y administración de la contaminación de la unidad hidrográfica Puyango

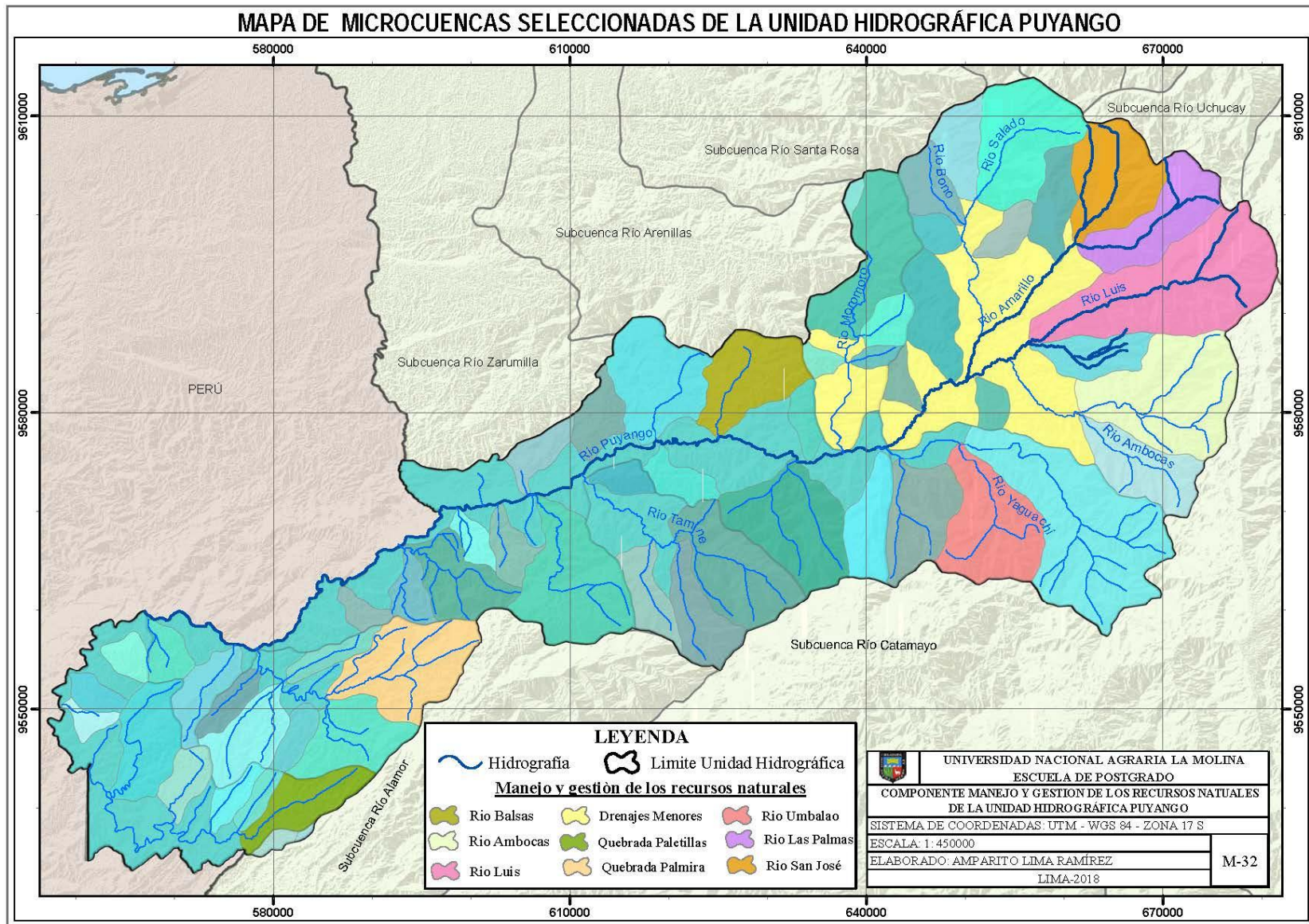


Figura 49: Mapa microcuencas seleccionadas componente manejo y gestión de los recursos naturales de la unidad hidrográfica Puyango

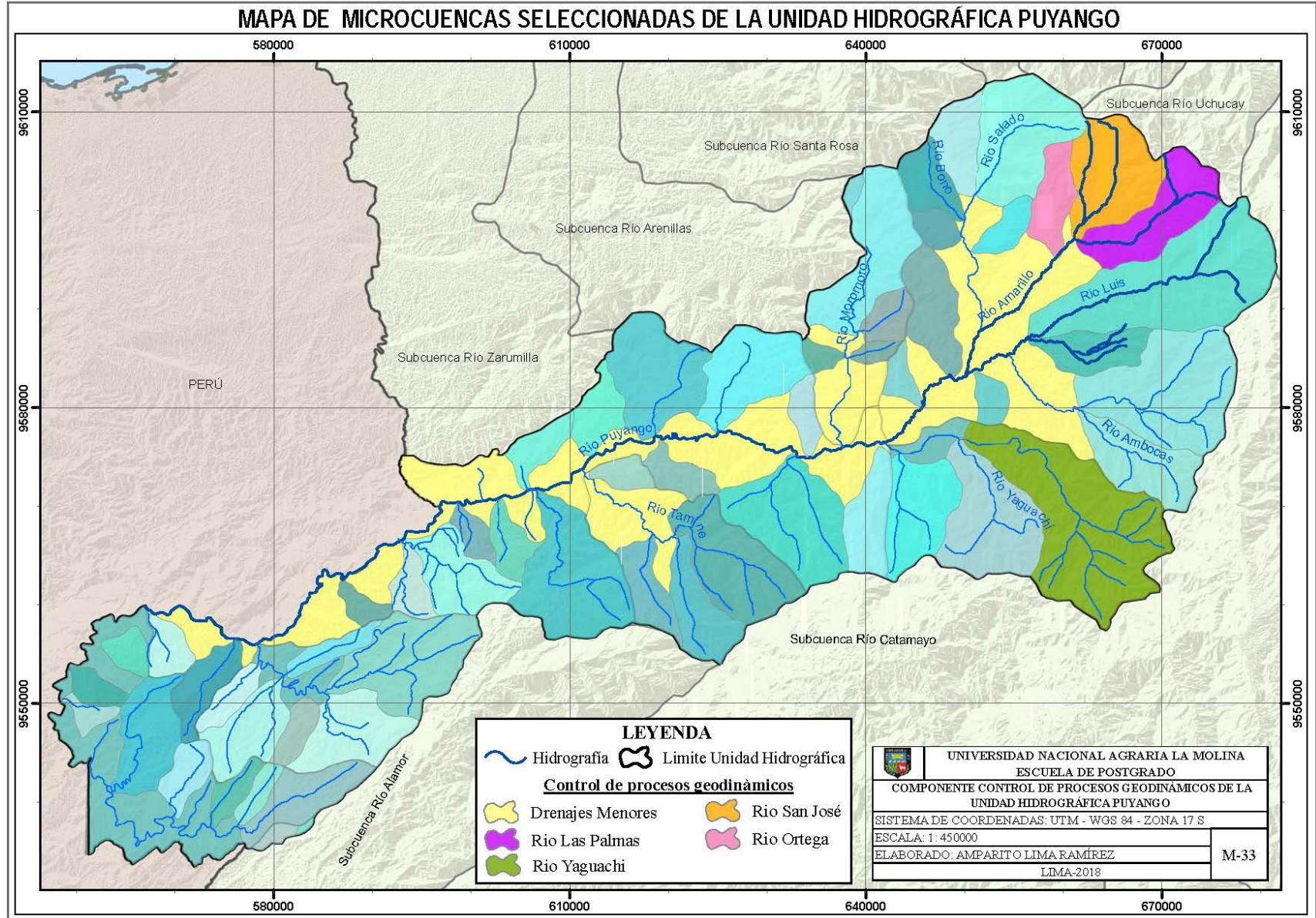


Figura 50: Mapa microcuencas seleccionadas componente control de procesos geodinámicos de la unidad hidrográfica Puyango

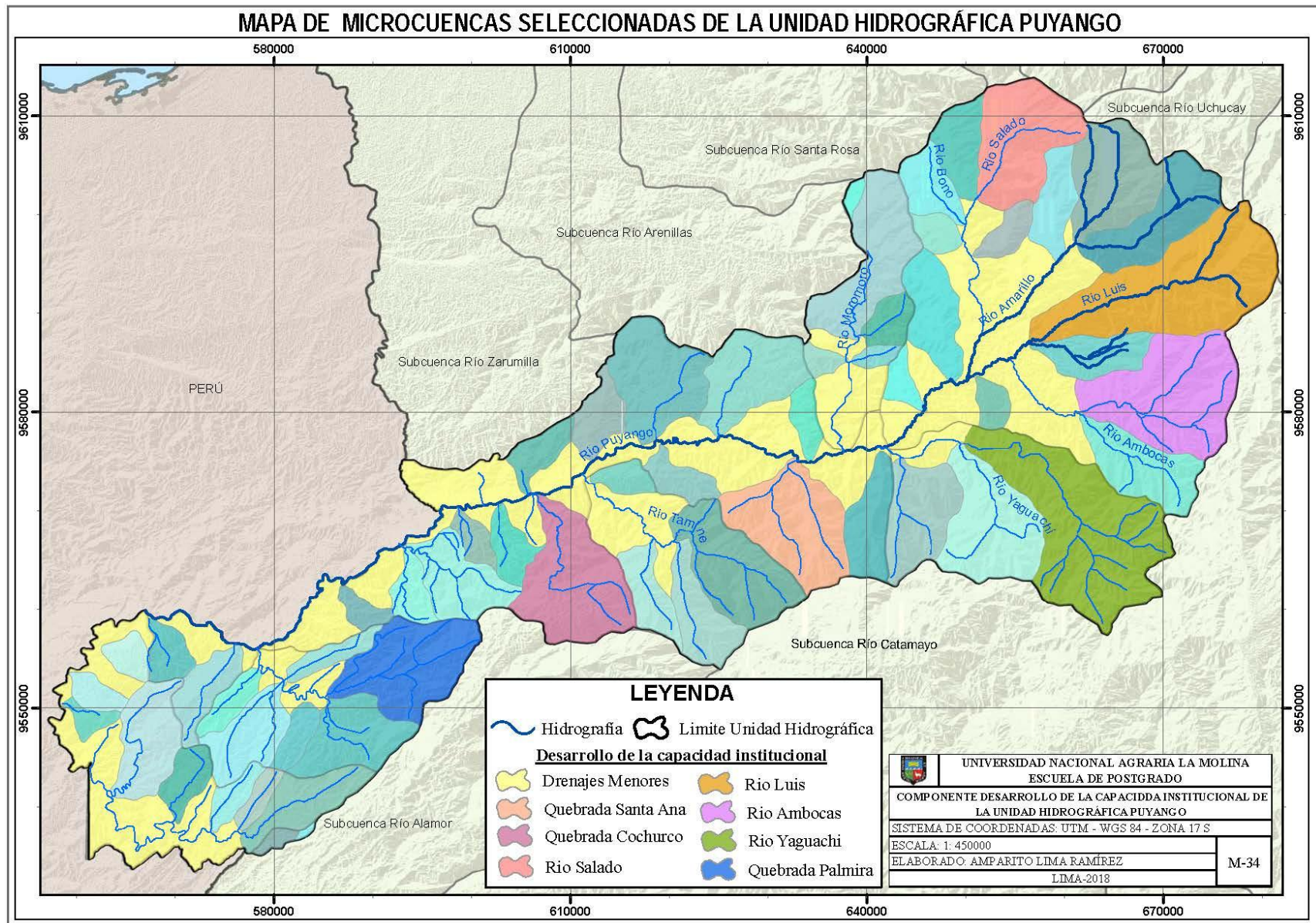


Figura 51: Mapa microcuencas seleccionadas componente desarrollo de la capacidad institucional de la unidad hidrográfica Puyango.

4.5.2. Alternativas de conservación y aprovechamiento

Las alternativas de conservación y aprovechamiento de la unidad hidrográfica Puyango, se plantearon con el fin de solucionar problemas que presenta la unidad hidrográfica, identificados en la caracterización física y socioeconómica: existe una fuerte intervención antrópica principalmente debido a la agricultura y a la minería artesanal, lo que provoca la pérdida de la cobertura vegetal, la quema de bosques, terrenos áridos y erosión del suelo, factores que incrementan los fenómenos geodinámicos externos.

La implementación y generación de estrategias de manejo de cuencas que permiten establecer un mejor entendimiento del ecosistema y conlleve a proponer políticas adecuadas y programas de control, recuperación, conservación, la unidad hidrográfica Puyango es una zona productiva desde diversos ámbitos, y se convierten en una gran posibilidad para la conservación y aprovechamiento sostenible y, contribuir a superar la calidad y el nivel de vida de la población local.

Las propuestas que se plantean en la presente investigación tiene mucha relevancia y algunas tienen el mismo fin con los proyectos planteados por las diferentes instituciones del estado que plantean reforestación con fines comerciales, restauración forestal, reforestación con fines de protección de vertientes, fortalecimientos de capacidades institucionales, plan de remediación de cuencas contaminados, riego tecnificado, mejoramiento genético de bovinos y porcino.

Cuadro 43: Alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales

Componentes	Potencialidades	Limitaciones	Propuesta
Control y administración de la contaminación	Disponibilidad y acceso al recurso hídrico todos los meses del año. Áreas adecuadas para la instalación de la relavera comunitaria. La ordenanza debe ordenar el uso de espacios, pero no a riveras de ríos Existencia de rellenos sanitarios donde. Estudios que demuestran la existencia de fuentes contaminantes identificadas por el MAE. Actores sociales vinculados a la gestión de recursos hídricos.	Presencia de plantas de tratamiento o beneficio ubicada a la ribera del río Amarillo y Calera. Depósito directo de desechos sólidos producidos por la población que se encuentran en la rivera del río Amarillo. Falta de servicios básicos en toda el área rural. Rellenos sanitarios inadecuados, poca tecnología, problemas de infraestructura. Limitados presupuestos Escaso liderazgo de instituciones que deben velar para evitar la contaminación. GADs con escasa capacidad técnica y logística para actuar.	Descontaminación del río Puyango mediante la planta de tratamiento de aguas residuales Manejo integral de residuos sólidos (planta de clasificación y tratamiento de residuos sólidos)
	Manejo y Gestión de los recursos naturales	Superficies de terrenos aptos para reforestación	Mala gestión de los recursos forestales
Reforestación con fines de protección. Zonas con potencial para restauración con plantaciones forestales. Existencia de programas estatales para Reforestación, Restauración (MAE, MAG).		Suelos con un grado alto de erosión. Bosques nativos amenazados por el sobrepastoreo, quemas y avance de la frontera agrícola. Zonas inestables, deslizamientos.	Recuperación de áreas degradadas, con especies nativas útiles que se adapten a las condiciones biofísicas de la cuenca, mediante programas de MAE y MAG
Capacidad de la tierra para cultivos. Potencial productivo		Agricultura no sustentable Conflicto de uso del suelo Suelos subutilizados Ineficientes sistemas de riego en las zonas bajas de la unidad hidrográfica.	Mejoramiento, manejo y recuperación de áreas con aptitud agropecuaria. Mejoramiento de sistemas de producción agrícolas y pecuaria. Implementación y Manejo de sistema de riego.

Continuación

		Recurso hídrico contaminado producto de la contaminación minera en la parte alta de la unidad hidrográfica.	
	Existencia de programas estatales a nivel nacional.	Poco interés en implementar programas de educación ambiental.	Programa de Educación Ambiental y sensibilización ambiental a nivel escuelas, colegios y comunitario.
	Belleza escénica, diferentes atractivos turísticos, cascadas, ruinas, bosques petrificados.	Poca promoción turística GADs sin capacidad de reacción para trabajar en turismo Escasos iniciativas para emprendimiento privados	Programa de impulso de Turismo que permita potenciar los atractivos turísticos.
Control de procesos geodinámicos	Proyectos del gobierno (MAE y SENAGUA)	Manejo inadecuado de las vertientes y FUENTES hídricas.	Protección y recuperación de franjas ribereñas
	Ríos quebradas con importantes caudales de agua Pendientes de los terrenos aptos para trabajar en controles de derrumbes Suelos con potencial forestal y de protección.	Viviendas a la orilla de los ríos Erosión hídrica Erosión del suelo Vulnerabilidad alta y media	Construcción de defensas ribereñas: Infraestructura para evitar filtraciones y deslizamientos. Reforestación para la protección del suelo, regularización del ciclo hidrológico y minimización de los procesos de erosión
Desarrollo de la capacidad institucional	Existencia de GADs parroquiales, cantonales y provincial Organizaciones comunitarias Cuatro Universidades en la región Sur	Mala administración por parte de las autoridades en las parroquias.	Fortalecer a las instituciones públicas y privadas involucradas en el marco de interés de la cuenca con una visión integradora y trabajo conjunto que potencien sus capacidades de gestión.
	Proyectos del gobierno (fortalecimientos de capacidades institucionales)		Fomentar la asociatividad por medio de los GADs parroquial y cantonal.

V. CONCLUSIONES

- La caracterización física y socioeconómica ha permitido definir 4 macrozonas: protección y conservación cubre el 15.52% (56,973.33 ha) distribuidos en la parte alta y media; recuperación posee el 9.43% (34,627.26 ha) áreas que presentan algún tipo de alteración, ubicado con mayor representatividad en la parte alta y en menor porcentaje en la parte media y baja; urbano industrial representa el 18.16% (66,664.52 ha) tomando en cuenta las zonas urbanas e industriales actuales, distribuido en toda la unidad hidrográfica pero con mayor representatividad en la parte media y alta; y finalmente producción en la cual se definió 5 microzonas de producción agrícola cubren el 7.02% (25,785.88 ha), ubicadas en la parte media y baja de la unidad hidrográfica, zonas con potencial para el desarrollo de cultivos; pecuaria representa el 19.59% (71,923.74 ha), ubicadas parte media y baja de la unidad hidrográfica, las áreas que se encuentran dentro de zonas que presentan áreas con pastizales; manejo y producción forestal cubren el 19.59% (71,923.74 ha), incluyen zonas aptas para el aprovechamiento de productos forestales y productos forestales no maderables a la distribuida en toda la zona de estudio con mayor representatividad en la zona baja y media; minera cubre el 4.65% (17,087.30 ha) áreas con condiciones de desarrollo minero localizadas en la cabecera de la cuenca; turística cubre el 6.13% (22,518.58 ha) áreas con potencial turístico, localizadas en forma dispersa en la parte baja de la unidad hidrográfica.
- Se elaboró la base de datos geoespacial con las variables físicas y socioeconómicas para la generación de los diez submodelos: vulnerabilidad, valor bioecológico, aptitud productiva de los recursos naturales renovables y no renovables, aptitud productiva turística, conflicto de uso, conflicto ambiental, valor histórico cultural, urbano industrial, socioeconómico y así como del modelo global para la caracterización de la unidad hidrográfica Puyango.

- Se identificaron que las zonas con vulnerabilidad alta principalmente son los cantones Zaruma, Chaguarpamba, Portovelo y la vulnerabilidad baja en el cantón Zapotillo; Valor bioecológico muy alto 2.23% se ubica en el cantón Saraguro, Zaruma y Chilla; Aptitud productiva de los recursos naturales no renovables muy alta y alta 16.73% se localiza en Portovelo, Zaruma, Atahualpa; Conflicto ambiental alto 1.39% se ocasiona por la minería; el potencial socioeconómico es muy bajo 41% ubicado en las parroquias Guanazàn, Manú, Salvias.
- Mediante la caracterización física y socioeconómica se plantearon alternativas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales en la zonas de protección y conservación; protección y recuperación de franjas ribereñas; plan de educación ambiental y sensibilización ambiental a nivel escuelas, colegios y comunitario: en la zona de recuperación; recuperación de áreas degradadas, con especies nativas útiles que se adapten a las condiciones biofísicas de la cuenca; descontaminación del río Puyango mediante la planta de tratamiento de aguas residuales: zona urbano industrial; manejo integral de residuos sólidos: zona producción; manejo integral del sistema de riego; mejoramiento, manejo y recuperación de áreas con aptitud agropecuaria.

VI. RECOMENDACIONES

- La elaboración de la base de datos geoespacial permitirá trabajar de una forma ordenada, además de facilitar la revisión y actualización periódica de la información almacenada para la unidad hidrográfica Puyango.
- Los resultados del presente trabajo de investigación se recomiendan utilizar en la elaboración de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial de los diferentes Gobiernos Autónomos Descentralizados cantonales y parroquiales de la zona de influencia de la unidad hidrográfica, tomando en cuenta las características y restricciones de cada zona.
- La tecnología de los sistemas de información geográfica y la teledetección se recomienda utilizar en los estudios ya que permite hacer el manejo y análisis de la información geoespacial para los planes de ordenamiento y toma de decisiones

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, J; Campos, J; Espinoza, J; Morachimo, K; Silva, R. (s.f.) Hidrología Características físicas de cuencas hidrográficas. Universidad Nacional de Chimote, Perú. 14 p.

Aguirre, Z; Geada, G. 2013. Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador, Ecuador. Revista Arnaldoa 24(1): 207 – 228. Consultado 5 de junio 2018. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n1/a07v24n1.pdf>

Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI): Plan Binacional de Desarrollo de la región Fronteriza Ecuador Perú. 2005. Cuenca Binacional Catamayo-Chira. Caracterización Hídrica y Adecuación entre la Oferta y la Demanda Caracterización Territorial y Documentación Básica. 110 p.

Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI): Plan Binacional de Desarrollo de la región Fronteriza Ecuador Perú. 2007. Cuenca Binacional Catamayo Chira. Caracterización Biofísica. 12 p.

Aguirre, M. 2011. La Cuenca Hidrográfica en la Gestión integrada de los recursos hídricos. Revista virtual REDESMA. 5(1): 11 p.

Ambuludi, P; Cueva, A. 2011. Zonificación ambiental de la microcuenca la capilla, orientada al ordenamiento de su territorio. Tesis Ing. en manejo y conservación del medio ambiente Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables. Ecuador. 168 p.

Araujo, A; Cabrera, F. 2009. Propuesta de un plan de manejo integral de la cuenca del Río Casacay en el Cantón Pasaje, Provincia de El Oro mediante la utilización de herramientas SIG. Tesis Ing. Geográfica y del medio ambiente. Universidad Politécnica del Ejercito. Ecuador. 208 p.

Arcos, M; Trujillo, E. 2012. Propuesta de un plan de ordenamiento territorial del cantón mejía en base a la zonificación ecológica económica. Tesis Ing. Geográfica y Medio Ambiente. Ecuador, Universidad Politécnica del Ejercito. 232 p.

Arellano, J. s.f. La Gestión Integral de Recursos Hídricos en Cuencas: Una estrategia para reducir la Vulnerabilidad ante Inundaciones en la Sierra Madre de Chiapas. Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca Frontera Sur Programa de Doctorado en Ciencias del Agua Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 11 p.

Arieta, V. s.f. Densidad poblacional Olmeca y sus implicaciones en el sitio arqueológico de San Lorenzo Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México. 311 p.

Asencios, J; Ato, M. 2015. Propuesta Metodológica para la Evaluación Semicuantitativa de Riesgo de desastres con fines de Ordenamiento territorial, en el Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, departamento de Ancash. Tesis Ing. Geógrafo. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. 158 p

Ayala, M; Quispe, J. 2007. Conflictos de uso del suelo y zonas ambientalmente críticas en la zona costera-marina de Lima metropolitana. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. Universidad nacional Mayor San Marcos. 10(20): 98-108 p.

Benítez, M; Granda, M. 2012. Diseño de una metodología geoespacial para la delimitación, caracterización y manejo de corredores de conectividad en la provincia De Napo. Tesis Ing. Geográfica y Medio Ambiente. Ecuador, Universidad Politécnica del Ejercito. 231 p.

Cabrejos, M. 2016. Modelamiento geoespacial en la determinación del riesgo, vulnerabilidad y de la cuantificación de la erosión hídrica en la microcuenca del rio Atuen. Tesis. Ing. Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 145 p.

CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza). 2000. Manejo de cuencas hidrográficas. Turrialba. CR, CATIE. 177 p.

Castro, W. 2015. Submodelo de Aptitud Productiva de Recursos Naturales No renovables. Zonificación Ecológica y Económica - ZEE de la provincia Alto Amazonas, departamento Loreto. Iquitos - Perú. 28 p.

Chuvieco, E. 2010. Fundamentos de Teledetección Espacial. España. 3 edición actualizada. 595 p.

Domínguez, S. 2008. Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 177 p.

ECORAE (Instituto para el Eco-desarrollo de la Región Amazónica Ecuatoriana). 2004. Compatibilización de los estudios de ZEE del departamento de Loreto en Perú y en la provincia de Pastaza en el Ecuador. 302 p.

Escobedo, R; Torres, G; Martínez, P; Maco, J; Palacios, J. 2015. Sub modelo de Aptitud Productiva de Recursos Naturales Renovables. Zonificación Ecológica y Económica - ZEE de la provincia Alto Amazonas, departamento Loreto. Iquitos - Perú. 36 p.

FAO (Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación Roma). 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Roma, Italia. 111 p.

Fernández, J; Pacco, J. 2016. Análisis de la inversión pública y su impacto en la economía de la provincia de Canchis, Cusco-Perú (2007-2013). Tesis economía, Universidad San Antonio Abad Del Cusco, Facultad De Ciencias Administrativas, Contables Económicas y Turismo. 121 p.

Fierro, D; Jiménez, L. 2011. Caracterización de la microcuenca del río manzano, cantón Alausí, provincia de Chimborazo y propuesta de plan de manejo, utilizando herramientas Sig. Tesis Ing. Geográfica y Medio Ambiente. Ecuador, Universidad Politécnica del Ejército. 322 p.

FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador). 2009. Ecuador-Perú Evaluación de una década de paz y desarrollo. Quito. Ecuador. 281 p.

Flores, R. 2016. Modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad - distrito Leimebamba – Amazonas. Tesis. Ing. Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 137 p.

Gaspari, F; Rodríguez, A; Senisterra, G; Delgado, M; Besteiro, S. 2012. Morphometric characterization of the upper watershed of the Sauce Grande river, Buenos Aires, Argentina.

Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires 25 p.

Gayoso, J. Alarcón, D. 1999. Guía de conservación de suelos. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Chile. 96 p.

Guerra, F; Gonzalez, J. 2002. Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada la bermeja, San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela. Departamento de Ciencias Sociales Universidad de los Andes, Táchira. 21 p.

Guerra, S. s.f. Determinación del conflicto de uso de suelo para las veredas las petacas y la correa del municipio de Puerto Rondón dentro de la cuenca del río Cravo norte en el departamento de Arauca. Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. 47 p.

GWP (Global Water Partnership) 2011. Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Bases para el desarrollo de planes nacionales (en línea). Consultado 13 de junio del 2017. Disponible en <http://www.gwp.org/fr/GWP-Sud-America/ACERCA/porque/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>

Hernández F; Sivisaca L; Chalco W. 2016. Analysis of the relevant aspects in Zone 7. Centro de biotecnología, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 13 p.

IGNE (Instituto Geográfico Nacional de España) 2016. Centro nacional de información geográfica. Teledetección. Madrid España. 3 p.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2010. Proyecciones de la Población de la República del Ecuador 2010-2050, 48 p.

INCP (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural) 2012. Sistema de Información para la Gestión del Patrimonio Cultural. Consultado el 4 de marzo de 2018. Disponible en <http://goo.gl/0fQSLn>.

INADE (Instituto Nacional De Desarrollo) 2007. Proyecto Especial Madre De Dios Estudio De Meso Zonificación Ecológica-Económica Del Corredor Interoceánico Sur Tramo Iñapariinambari.

INADE (Instituto Nacional De Desarrollo) 1998. Plan de Manejo y Estudios de Factibilidad del Programa Ambiental de la Cuenca del Rio Rimac. Lima. Perú. 207 p.

León, L. 2015. Análisis Económico de la Población Demografía Luis Alberto León Castillo. Lambayeque, Perú. 221 p.

Loaiza, E. 2014. Gestión participativa de los recursos hídricos de la microcuenca Buenavista, en base a la zonificación ecológica y socioeconómica. Tesis Mag. Sc. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 118 p.

Luna P; Sánchez, C; Zúñiga V; Saavedra J. sf. Aprovechamiento de las aguas del río Luis para la producción de energía eléctrica. Facultad de ingeniería eléctrica y computación. Escuela superior Politécnica Litoral. 6 p.

MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). 2014. Ordenamiento Ambiental Integral en la Cuenca del Río Puyango. 96 p.

MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). 2015. Plan de Reparación Integral de la Cuenca del Río Puyango. MAE, Quito Ecuador. 22 p.

MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca) actualmente MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 2015. Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra del Ecuador Continental. Consultado 05 de julio 2018, disponible en <http://www.sigtierras.gob.ec/conflictos-de-uso/>

Matus, O. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 247 p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). s.f. Prácticas de conservación de suelos en laderas, Lima Perú. 247 p.

MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú). 2010. Guía Técnica de Modelamiento SIG para la Zonificación Ecológica Económica. Lima, Perú. 47 p.

MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú). 2011. Memoria descriptiva del mapa de vulnerabilidad física del Perú: herramienta para la gestión del riesgo. Lima, Perú. 67 p.

Mondaca, G. 2011. El enfoque de gestión integral de recursos hídricos por cuencas, como propuesta base de la regulación hídrica en Bolivia. Revista Virtual REDESMA marzo 2011 Vol. 5(1). 13 p.

- Núñez, S; Zegarra, J. 2006. Estudio Geoambiental de la Cuenca Puyango - Tumbes. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Lima. Perú. 223 p.
- Ochoa, J. 2014. Modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad cuenca Hidrográfica Jequetepeque. Tesis. Ing. Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 195 p.
- Orman, M. 2003. Conflictos Ambientales y Participación, Universidad Autónoma de Barcelona Maestría en Gestión Pública y Desarrollo Sostenible. 66 p.
- Padilla, C. 2000. El pecado de la participación ciudadana, conflictos ambientales en Chile, Observatorio Latinoamericano de conflictos ambientales, Santiago de Chile.
- Puño N. 2016. Environmental management plan of hydric resource of Puyango - Tumbes river's basin. Revista de Investigación Científica Universidad Nacional de Tumbes, Perú. 9 p. Consultado 02 de julio 2018. Disponible en <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/63/70>
- Radilla, F. 2008. Modelado de datos para base de datos espaciales. Caso de estudio: sistema de información geográfica. Tesis Mag. Sc. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. D.F, México 28 p.
- Rivera, L. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 176 p.
- Rodríguez, J. 2012. Manual para el modelado de cuencas hidrográficas distribuidas soportado en sig. Tesis Ing. Civil. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico -Mecánicas. Bucaramanga. 94 p.
- Rojas, P. 2016. Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica mediante modelamiento geoespacial de la unidad hidrográfica Chancay – Huaral. Tesis Ing. Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agrícola. 130 p.
- Salgado, A. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras, Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 175 p.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR). 2018. Consultado 14 de julio 2018. Disponible en:

<http://gestionriesgosec.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=ce183f7db3df40b0ae95b4a500d6231e>

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). 2010. Agenda zonal para el buen vivir, propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial. 102 p.

Vieira, J. s.f. El sistema de Información Geográficas (SIG) en los Contextos de planificación del medio físico y de las Cuencas hidrográficas. 12 p.

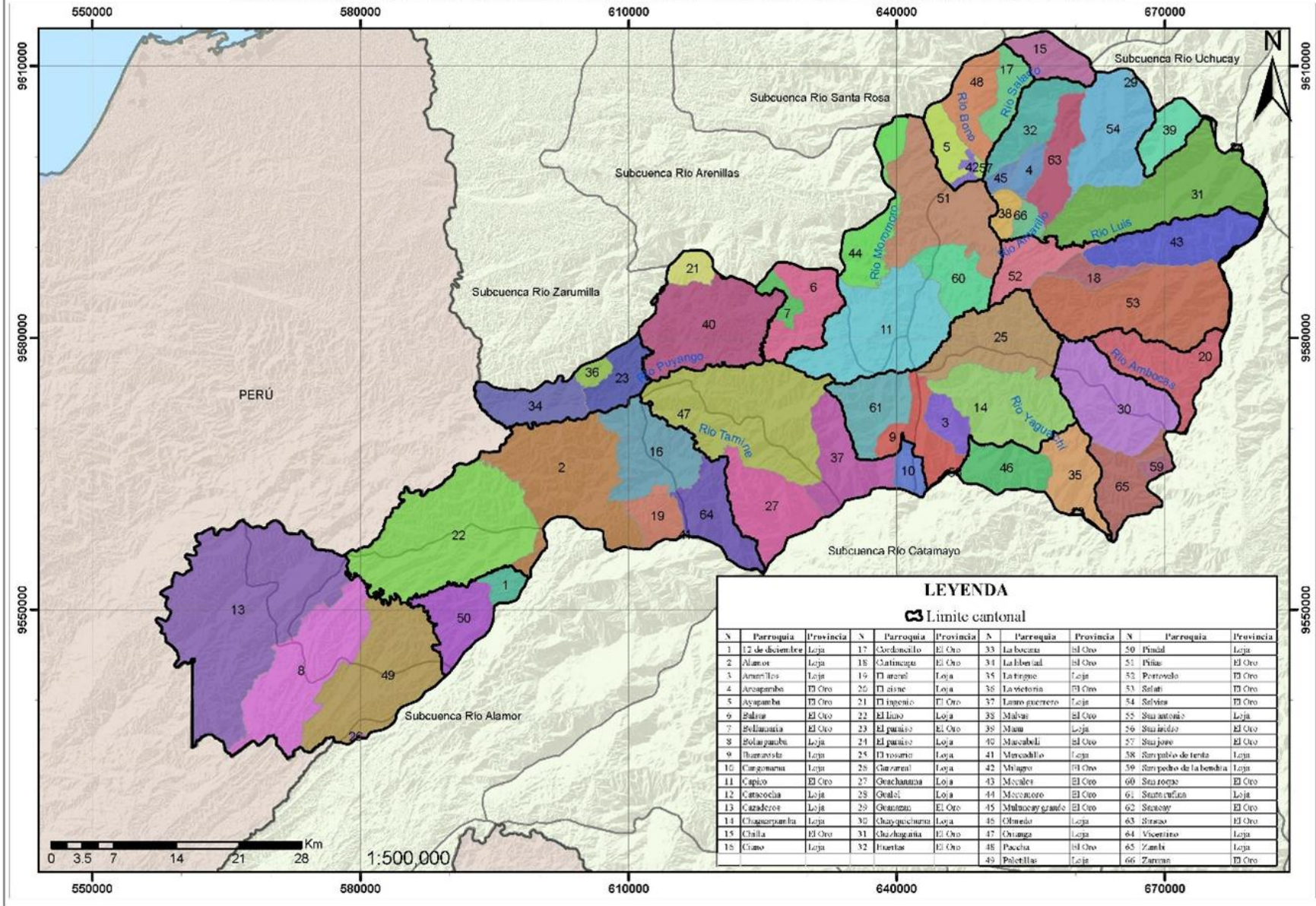
Villafani, J. 2017. Modelamiento Geoespacial para la Caracterización Físico, Biótico y Socioeconómico De La Cuenca Alta Del Río Santa-Ancash. Tesis Mag. Sc. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina

WORLD VISION CANADA. s.f. Manual de Manejo de Cuencas. 107p. Consultado 14 de mayo 2017. Disponible en:
http://www.edeca.una.ac.cr/files/EDECA/Gestion%20desarrollo%20local/VM-Manual_de_Manejo_de_Cuencas_.pdf

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación parroquial y cantonal de la unidad hidrográfica

MAPA UBICACION PARROQUIAL Y CANTONAL DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA PUYANGO



LEYENDA

📍 Limite cantonal

N	Parroquia	Provincia	N	Parroquia	Provincia	N	Parroquia	Provincia
1	12 de diciembre	Loja	17	Cordoncillo	El Oro	33	La bocana	El Oro
2	Alamos	Loja	18	Catimayo	El Oro	34	La Ibbelal	El Oro
3	Amarillos	Loja	19	El anarel	Loja	35	La Virgen	Loja
4	Arcapamba	El Oro	20	El cisne	Loja	36	La victoria	El Oro
5	Ayapamba	El Oro	21	El ingenio	El Oro	37	Llano guacero	Loja
6	Balsa	El Oro	22	El lino	Loja	38	Malsas	El Oro
7	Belmonte	El Oro	23	El panizo	El Oro	39	Miami	Loja
8	Bolapamba	Loja	24	El panizo	Loja	40	Marcabali	El Oro
9	Buenavista	Loja	25	El rosario	Loja	41	Marcadillo	Loja
10	Cargomera	Loja	26	Gazares	Loja	42	Miagro	El Oro
11	Capulo	El Oro	27	Guachanama	Loja	43	Miyales	El Oro
12	Catococha	Loja	28	Guale	Loja	44	Mocotero	El Oro
13	Cazaderos	Loja	29	Guarano	El Oro	45	Mulocay grande	El Oro
14	Changuramba	Loja	30	Chayacuerna	Loja	46	Obleño	Loja
15	Chilla	El Oro	31	Chuzaguaita	El Oro	47	Oranga	Loja
16	Ciomo	Loja	32	Fuertes	El Oro	48	Paccha	El Oro
						49	Paletillas	Loja
						50	Pindal	Loja
						51	Piñas	El Oro
						52	Portovelo	El Oro
						53	Relati	El Oro
						54	Selva	El Oro
						55	Sua antonia	Loja
						56	Sua ardoz	El Oro
						57	Sua jove	El Oro
						58	Suapallo de tinta	Loja
						59	Suapallo de la bendita	Loja
						60	Sua roca	El Oro
						61	Suata rufina	Loja
						62	Suataway	El Oro
						63	Suatazo	El Oro
						64	Vicentino	Loja
						65	Zamba	Loja
						66	Zarumilla	El Oro