

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“VULNERABILIDAD BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA
MEDIANTE MODELAMIENTO GEOESPACIAL DE LA
UNIDAD HIDROGRÁFICA CHANCAY – HUARAL”**

Presentado por:

PAOLA CRISTINA ROJAS MACARLUPU

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Lima – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA

“VULNERABILIDAD BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA MEDIANTE MODELAMIENTO GEOESPACIAL DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA CHANCAY - HUARAL”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

PAOLA CRISTINA ROJAS MACARLUPU

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg.Sc. TORIBIO SEBASTIÁN SANTAYANA VELA

PRESIDENTE

Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUÍÑIGO

ASESOR

Ing. JORGE LUIS DÍAZ RIMARACHÍN

MIEMBRO

Lic. JULIO CÉSAR ALFARO MORENO

MIEMBRO

LIMA – PERU

2016

A mis tres amores:
Amelania, Connie y Miguel

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a mi alma mater, Universidad Nacional Agraria La Molina y a la Facultad de Ingeniería Agrícola, que me formó académicamente con sus dedicados docentes, de los cuales guardo grandes enseñanzas.

A mi asesor, Doctor Néstor Montalvo, por su valiosa amistad, por sus consejos, apoyo y motivación durante el desarrollo del presente trabajo.

A mi madre Amelania Macarlupu, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores y paciencia que me ha permitido ser quien soy, pero sobre todo, por su amor.

A mi hermana Connie Rojas, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por estar conmigo y confiar en mí.

A mis abuelos, por sus sabios consejos, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

A mis tíos, por su apoyo incondicional y orientación.

A mi compañero de toda la vida, Miguel Oré, por su paciencia, comprensión y confianza, pero sobre todo, por su apoyo y amor incondicional.

A mis amigos, por su amistad incondicional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. VULNERABILIDAD	3
2.1.1. Definición	3
2.1.2. Tipos de vulnerabilidad	4
2.1.3. Vulnerabilidad global	6
2.1.4. Reducción de la vulnerabilidad	7
2.2. AMENAZA	7
2.3. RIESGO	8
2.4. DESASTRE	9
2.5. CONDICIONES SOCIALES Y VULNERABILIDAD	10
2.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	11
2.6.1. Definición y componentes del SIG.....	11
2.6.2. Manejo de la información geoespacial	13
2.6.3. Importancia de los SIG	14
2.7. MODELAMIENTO GEOESPACIAL.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	16
3.1.1. Ubicación.....	16
3.1.2. Características biofísicas	18
3.1.3. Características socioeconómicas	25
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	26
3.3. METODOLOGÍA	27
3.3.1. Trabajo de pre-campo.....	28

3.3.2.	Trabajo de campo	28
3.3.3.	Trabajo de gabinete	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1.	INFORMACIÓN TEMÁTICA GENERADA PARA EL MODELO DE VULNERABILIDAD FÍSICA	53
4.1.1.	Variable temática de pendiente.....	53
4.1.2.	Variable temática de precipitación	55
4.1.3.	Variable temática de clima	57
4.1.4.	Variable temática de geología	59
4.1.5.	Variable temática de fisiografía.....	61
4.1.6.	Variable temática de suelo.....	61
4.1.7.	Variable temática de cobertura vegetal	63
4.1.8.	Modelo geoespacial de vulnerabilidad física.....	66
4.2.	INFORMACIÓN TEMÁTICA GENERADA PARA EL MODELO DE VULNERABILIDAD BIÓTICA.....	69
4.2.1.	Variable temática agrícola y pecuaria	69
4.2.2.	Modelo geoespacial de vulnerabilidad biótica	70
4.3.	INFORMACIÓN TEMÁTICA GENERADA PARA EL MODELO DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA.....	73
4.3.1.	Variable temática de población	73
4.3.2.	Variable temática de pobreza	74
4.3.3.	Variable temática de Índice de Desarrollo Humano (IDH).....	75
4.3.4.	Variable temática de infraestructura de salud.....	76
4.3.5.	Variable temática de servicio de agua potable	77
4.3.6.	Variable temática de infraestructura sanitaria	78
4.3.7.	Variable temática de servicio de electricidad	79
4.3.8.	Variable temática de defensa civil.....	80
4.3.9.	Variable temática de programas sociales.....	81
4.3.10.	Variable temática de telecomunicaciones.....	82
4.3.11.	Variable temática de conectividad.....	83
4.3.12.	Variable temática de nivel educativo.....	84
4.3.13.	Modelo geoespacial de vulnerabilidad socioeconómica	85
4.4.	MODELO DE CONFLICTO DE USO	88

4.5. VULNERABILIDAD GLOBAL	91
V. CONCLUSIONES.....	95
VI. RECOMENDACIONES	97
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
VIII. ANEXOS	103

INDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Relación entre pobreza y vulnerabilidad	11
Cuadro 2: Grupo de suelos	20
Cuadro 3: Variables e indicadores para determinar el grado de vulnerabilidad.....	31
Cuadro 4: Escala de valoración para la variable temática de pendiente.....	36
Cuadro 5: Escala de valoración para la variable temática de precipitación	36
Cuadro 6: Escala de valoración para la variable temática de clima	36
Cuadro 7: Escala de valoración para la variable temática de geología	37
Cuadro 8: Escala de valoración para la variable temática de fisiografía.....	37
Cuadro 9: Escala de valoración para la variable temática de suelo.....	37
Cuadro 10: Escala de valoración par la variable temática de cobertura vegetal	39
Cuadro 11: Grado de participación de las variables físicas en la vulnerabilidad	40
Cuadro 12: Escala de valoración para la variable temática agrícola	42
Cuadro 13: Escala de valoración para la variable temática pecuaria	42
Cuadro 14: Escala de valoración para la variable temática de población	45
Cuadro 15: Escala de valoración para la variable temática de pobreza.....	45
Cuadro 16: Escala de valoración para la variable temática de índice de desarrollo humano (IDH)	46
Cuadro 17: Escala de valoración para la variable temática de infraestructura de salud.....	46
Cuadro 18: Escala de valoración para la variable temática de servicio de agua potable	46
Cuadro 19: Escala de valoración para la variable temática de infraestructura sanitaria	46
Cuadro 20: Escala de valoración para la variable temática de servicio de electricidad	47
Cuadro 21: Escala de valoración para la variable temática de defensa civil.....	47
Cuadro 22: Escala de valoración para la variable temática de programas sociales.....	47
Cuadro 23: Escala de valoración para la variable temática de telecomunicaciones.....	47
Cuadro 24: Escala de valoración para la variable temática de conectividad.....	48
Cuadro 25: Escala de valoración para la variable temática de nivel educativo.....	48
Cuadro 26: Grado de participación de las variables socioeconómicas en la vulnerabilidad	49
Cuadro 27: Grado de participación de los sub modelos geoespaciales	52
Cuadro 28: Calificación de la variable temática de pendiente	53
Cuadro 29: Calificación de la variable temática de precipitación	55
Cuadro 30: Calificación de la variable temática de clima	57
Cuadro 31: Calificación de la variable temática de geología	59

Cuadro 32: Calificación de la variable temática de fisiografía	61
Cuadro 33: Calificación de la variable temática de suelo	63
Cuadro 34: Calificación de la variable temática de cobertura vegetal	63
Cuadro 35: Nivel de vulnerabilidad física en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral.....	67
Cuadro 36: Calificación de la variable temática agrícola.....	69
Cuadro 37: Calificación de la variable temática pecuaria	70
Cuadro 38: Nivel de vulnerabilidad biótica en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral	71
Cuadro 39: Calificación de la variable temática de población	73
Cuadro 40: Calificación de la variable temática de pobreza	74
Cuadro 41: Calificación de la variable temática de índice de desarrollo humano (IDH)....	75
Cuadro 42: Calificación de la variable temática de infraestructura de salud	76
Cuadro 43: Calificación de la variable temática de servicio de agua potable	77
Cuadro 44: Calificación de la variable temática de infraestructura sanitaria	78
Cuadro 45: Calificación de la variable temática de servicio de electricidad.....	79
Cuadro 46: Calificación de la variable temática de defensa civil.....	80
Cuadro 47: Calificación de la variable temática de programas sociales	81
Cuadro 48: Calificación de la variable temática de telecomunicaciones	82
Cuadro 49: Calificación de la variable temática de conectividad	83
Cuadro 50: Calificación de la variable temática de nivel educativo	84
Cuadro 51: Nivel de vulnerabilidad socioeconómica en la unidad hidrográfica Chancay- Huaral.....	86
Cuadro 52: Información temática de conflicto de uso.....	88
Cuadro 53: Niveles de conflicto de uso en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral	89
Cuadro 54: Nivel de vulnerabilidad global en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de un SIG	12
Figura 2: Relación de capas para diferentes datos en un SIG	13
Figura 3: Mapa de ubicación de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral	17
Figura 4: Esquema metodológico desarrollado	27
Figura 5: Esquema lógico de la BDG integrado.....	32
Figura 6: Modelo conceptual de la vulnerabilidad	33
Figura 7: Modelo geoespacial de vulnerabilidad física	35
Figura 8: Modelo geoespacial de vulnerabilidad biótica.....	41
Figura 9: Modelo geoespacial de vulnerabilidad socioeconómica.....	44
Figura 10: Modelo geoespacial de conflicto de uso	50
Figura 11: Modelo geoespacial de vulnerabilidad global.....	51
Figura 12: Mapa de pendientes.....	54
Figura 13: Mapa de precipitación.....	56
Figura 14: Mapa climático.....	58
Figura 15: Mapa geológico.....	60
Figura 16: Mapa fisiográfico	62
Figura 17: Mapa de suelos.....	64
Figura 18: Mapa de cobertura vegetal	65
Figura 19: Mapa del modelo geoespacial de vulnerabilidad física en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral.....	68
Figura 20: Mapa del modelo geoespacial de vulnerabilidad biótica	72
Figura 21: Mapa del modelo geoespacial de vulnerabilidad socioeconómica	87
Figura 22: Mapa del modelo geoespacial de conflicto de uso.....	90
Figura 23: Mapa del modelo geoespacial global de vulnerabilidad - Unidad hidrográfica Chancay-Huaral.....	93

LISTA DE ANEXOS

Figura 24: Mapa agrícola.....	104
Figura 25: Mapa pecuario.....	105
Figura 26: Mapa de población.....	106
Figura 27: Mapa de pobreza.....	107
Figura 28: Mapa de Índice de Desarrollo Humano.....	108
Figura 29: Mapa de infraestructura de salud.....	109
Figura 30: Mapa de servicios de agua potable.....	110
Figura 31: Mapa de infraestructura sanitaria.....	111
Figura 32: Mapa de servicio de electricidad.....	112
Figura 33: Mapa de defensa civil.....	113
Figura 34: Mapa de programas sociales.....	114
Figura 35: Mapa de telecomunicaciones.....	115
Figura 36: Mapa de conectividad.....	116
Figura 37: Mapa de nivel educativo.....	117

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la unidad hidrográfica Chancay – Huaral, con la finalidad de determinar su grado de vulnerabilidad, en función a sus características físicas, bióticas y socioeconómicas, empleando los sistemas de información geográfica como una herramienta de análisis. El desarrollo del presente trabajo de investigación, comprendió tres etapas: trabajo de pre-campo, que fue la recopilación de información y coordinación con instituciones relacionadas al tema; trabajo de campo, en la que se realizó la identificación de los puntos críticos y entrevistas con los principales actores de la zona de estudio; y, trabajo de gabinete, que consistió en la consolidación, sistematización y caracterización de la información temática referente a las variables físicas, bióticas y socioeconómicas, y la generación de los modelos geoespaciales para determinar la vulnerabilidad en la unidad hidrográfica. Los resultados obtenidos de la integración de las variables físicas, bióticas, socioeconómicas y conflictos de uso, mediante el modelamiento geoespacial, permitieron identificar el grado de vulnerabilidad. Alrededor del 35 por ciento del territorio presenta vulnerabilidad alta, en la que se ubica los principales centros poblados de Quiman (Veintisiete de Noviembre), Vichaycocha (Pacaraos), Sango (Santa Cruz de Andamarca), Baños (Atavillos Alto), Acos (San Miguel de Acos), Yunguy (Ihuarí), Matara (Lampian), Piscocoto (Sumbilca) y Mataka (Atavillos Bajo). Aproximadamente, el 52 por ciento del territorio con vulnerabilidad media, en la que se encuentra Lamblan (Ihuarí), Lampian (Lampian), Sumbilca (Sumbilca) y Pampas (Atavillos Bajo). Otro 13 por ciento tiene vulnerabilidad baja, la que se encuentra Aucallama (Aucallama), Nueva Esperanza (Huaral) y Las Salinas (Chancay). En las zonas identificadas con alta vulnerabilidad se recomienda implementar proyectos y actividades que permitan mitigar los efectos de los fenómenos extraordinarios.

Palabras claves: vulnerabilidad, sistemas de información geográfica, modelamiento geoespacial, unidad hidrográfica.

ABSTRACT

The study was carried out on the hydrographic unit Chancay-Huaral, in order to determine its degree of vulnerability of the hydrographic unit depending on their physical characteristics, biotic and socioeconomic using the geographic information system (GIS) as an analysis tool. The development of this investigation work comprised three stages: pre-field work, which was the collection of information and coordination with institutions related to the subject; field work, in which the identification of critical points and interviews with key players in the study area was conducted; and cabinet work, consisted of the consolidation, systematization and characterization of thematic information concerning the physical variables, biotic and socioeconomic, and the generation of geospatial models to determine the vulnerability in the hydrographic unit. The results of the integration of the physical, biotic, socioeconomic and use conflict through geospatial modeling variables, allowed to identify the degree of vulnerability. About 35 percent of the territory presents high vulnerability where the main population centers Quiman (Veintisiete de Noviembre), Vichaycocha (Pacaraos), Sango (Santa Cruz de Andamarca), Baños (Atavillos Alto), Acos (San Miguel de Acos), Yunguy (Ihuarí), Matara (Lampian), Piscocoto (Sumbilca) and Mataka (Atavillos Bajo). Approximately 52 percent of the territory with medium vulnerability, which is Lamblan (Ihuarí), Lampian (Lampian), Sumbilca (Sumbilca) and Pampas (Atavillos Bajo). Another 13 percent have low vulnerability, which is Aucallama (Aucallama), Nueva Esperanza (Huaral), and Las Salinas (Chancay). In areas with high vulnerability identified it is recommended to implement projects and activities to mitigate the effects of extraordinary phenomenon.

Keywords: vulnerability, geographic information systems, geospatial modeling, hydrographic unit.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El Perú está tipificado como un país con alta exposición a desastres naturales con potencial altamente destructivo, como eventos de El Niño, inundaciones, deslizamientos y huaycos. El impacto de estos fenómenos sobre la sociedad e infraestructura física tiene relación directa, no solo con la magnitud de los peligros, sino fundamentalmente con el grado de vulnerabilidad.

Las unidades hidrográficas por ser unidades físicas donde convergen las actividades antrópicas y los fenómenos naturales, y el agua, es el elemento principal integrador, constituyen en áreas adecuadas para la planificación y ejecución de proyectos que propicien la sostenibilidad del territorio y permitan reducir la vulnerabilidad hacia los desastres naturales y sociales.

Considerando que las principales variables físicas como precipitación, pendiente, suelos, cobertura vegetal, así como, las variables socioeconómicas: pobreza, salud, educación, entre otros, tienen influencia importante sobre el nivel y la identificación de la vulnerabilidad en el territorio, es fundamental su estudio y análisis para generar proyectos sostenibles.

La unidad hidrográfica del río Chancay – Huaral está ubicada en la costa central peruana y constituye una de las más importantes de la vertiente del Pacífico. Por sus características geográficas y climáticas se encuentra influenciada por fenómenos extremos, como es el caso del fenómeno El Niño, así mismo, también se suman los aspectos socioeconómicos, como es la ocupación desordenada y el uso no sostenible del territorio y sus recursos naturales, sin planificación, ubicándose en zonas inadecuadas y de alta vulnerabilidad, que

ocasionan daños a la población, infraestructura, desarrollo agrícola y pecuario, influenciando, en forma negativa, en el nivel y calidad de vida de la población.

En este marco, se realizó la presente investigación, con la finalidad de identificar las zonas críticas de vulnerabilidad en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral, en función a las variables físicas, bióticas y socioeconómicas, a través del modelamiento geoespacial, aplicando el uso de los sistemas de información geográfica.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Determinar el grado de vulnerabilidad de la unidad hidrográfica Chancay - Huaral en función a las variables físicas, bióticas y socioeconómicas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar las superficies de acuerdo al grado de vulnerabilidad física.
- Identificar las zonas de conflicto de uso en la zona de estudio.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad socioeconómico en los distritos de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. VULNERABILIDAD

2.1.1. Definición

La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico, de una magnitud dada. Es la facilidad con la que un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político-institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales (INDECI, 2006).

El MINAM (2011) indica que la vulnerabilidad es un factor de riesgo que está expresado como la facilidad de que el sujeto o sistema expuesto, sea afectado por el fenómeno que caracteriza al peligro.

Por otro lado, el MINEDU (2009) indica que la vulnerabilidad es la resultante de la interacción de determinadas causas de fondo como son la insuficiente realización de las necesidades de las personas, asociada a la pobreza, las desigualdades sociales o la discriminación; las presiones dinámicas como son las migraciones y las tendencias del crecimiento urbano y las políticas públicas que no favorecen la seguridad social y de la infraestructura productiva; y las condiciones inseguras de las personas y sus bienes.

Maskrey (2003) menciona que ser vulnerable significa ser susceptible de sufrir daños y tener dificultad de recuperarse de ello. No toda situación en que se halla el ser humano es vulnerable, sin embargo, hay situaciones en las que la población sí está realmente expuesta a sufrir daños si ocurriera un evento natural peligroso.

Wilches-Chaux (1993) complementa diciendo que un grupo es menos vulnerable cuando desarrolla capacidades para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del evento sobre la comunidad.

Una evaluación de la vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con un ambiente que represente peligro (Cardona, 1993).

La vulnerabilidad se divide en distintas tipos, que se encuentran interconectadas entre sí, pudiendo destacar que estas divisiones son solo diferentes perspectivas que permiten evaluar la vulnerabilidad como un fenómeno global.

2.1.2. Tipos de vulnerabilidad

a. Vulnerabilidad física

El MINAM (2011) define la vulnerabilidad física del territorio refiriéndose a la mayor o menor predisposición de que el espacio geográfico sea modificado por eventos naturales.

La vulnerabilidad física está referida directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, y las deficiencias de su infraestructura para absorber los efectos de dichos riesgos (Wilches-Chaux, 1993).

b. Vulnerabilidad social

El INDECI (2006) indica que la vulnerabilidad social se analiza a partir del nivel de organización y participación que tiene una colectividad, para prevenir y responder ante situaciones de emergencia. La población organizada (formal e informalmente) puede superar más fácilmente y enfrentar las consecuencias de un desastre natural, que las sociedades que no están organizadas para dicho fin, por lo tanto, su capacidad para prevenir y dar respuesta es mucho más efectivo y rápido. Mayor será la vulnerabilidad de una comunidad si su cohesión interna es débil; es decir, si las relaciones que vinculan a los

miembros de la misma y con el conglomerado social, no se afincan en sentimientos compartidos de pertenencia con propósito conservacionista y que no existan formas organizativas que lleven esos sentimientos a acciones concretas.

Seguidamente, la CEPAL (2002) define la vulnerabilidad social como aquella que se relaciona con los grupos socialmente vulnerables, cuya identificación obedece a diferentes criterios: algún factor contextual que los hace más propensos a enfrentar circunstancias adversas para su inserción social y desarrollo personal,[...] el ejercicio de conductas que entrañan mayor exposición a eventos dañinos, o la presencia de un atributo básico compartido (edad, sexo, condición étnica) que se supone les confiere riesgos o problemas comunes.

c. Vulnerabilidad educativa

El INDECI (2006) indica que se refiere a una adecuada implementación de las estructuras curriculares, en los diferentes niveles de la educación formal, con la inclusión de temas relacionados a la prevención y atención de desastres, orientado a preparar a la población para las emergencias y educar de tal manera que genere una cultura de prevención en los estudiantes, activando un efecto multiplicador en sus familias, barrios, distritos, regiones en la sociedad en general. Igualmente, la educación y capacitación de la población en dichos temas, contribuye a una mejor organización y, por tanto, a una mayor y efectiva participación para mitigar o reducir los efectos de un desastre.

Cuando la institución educativa no prepara o fortalece las capacidades de la comunidad educativa para entender y enfrentar el entorno, que incluye el aprendizaje de actividades y técnicas para enfrentar las amenazas que les permita a sus miembros actuar de manera adecuada, significa que tenemos una vulnerabilidad educativa (MINEDU, 2009).

Wilches-Chaux (1993) menciona que la vulnerabilidad educativa está representada principalmente por la preparación académica en distintos niveles, que permite a los ciudadanos aplicar tales conocimientos en su vida cotidiana como herramienta válida para enfrentar las situaciones de peligro presentes en la zona que habitan.

d. Vulnerabilidad económica

Viene dada directamente por los indicadores de desarrollo económico presentes en una población, pudiéndose incluso afirmar que cuanto más deprimido es un sector, mayor es la vulnerabilidad a la que se encuentra ante los desastres naturales. Es importante acotar que el inicio de los desastres viene dado directamente por la presencia de un territorio vulnerable, pero es la vulnerabilidad humana, la degradación ambiental, el crecimiento demográfico y la falta de preparación y educación ante los mismos, los factores, que determinan los procesos de los desastres, pudiendo llegar a convertirlos en catastróficos (Wilches-Chaux, 1993).

Constituye el acceso que tiene la población de un determinado centro poblado a los activos económicos (tierra, infraestructura, servicios y empleo asalariado, entre otros), que se refleja en la capacidad para hacer frente a un desastre. La población pobre, de bajos niveles de ingreso que no le es posible satisfacer sus necesidades básicas, constituye el sector más vulnerable de la sociedad, quienes por la falta de acceso a las viviendas, invaden áreas ubicadas en las riberas de los ríos, laderas, rellenos sanitarios, no aptas para residencia; carecen de servicios básicos elementales y presentan escasas condiciones sanitarias; asimismo, carecen de alimentación, servicios de salud, educación entre otras (INDECI, 2006).

2.1.3. Vulnerabilidad global

Wilches-Chaux, citado por Salgado (2005), propuso el término vulnerabilidad global para plantear una dimensión general que integre los diferentes aspectos que caracterizan la vulnerabilidad desde varios aspectos y dimensiones. La vulnerabilidad comprende una serie de ángulos desde los cuales puede ser vista, analizada y trabajada para sustentar un bienestar en las comunidades, a estos ángulos de análisis puede llamárseles factores de vulnerabilidad, los cuales no son más que características del territorio y de los actores responsables que conforman un nivel de vulnerabilidad para una comunidad (Wilches-Chaux, 1993).

La vulnerabilidad puede ser analizada desde varias ópticas, o dicho de otra manera existen varios elementos o factores que en conjunto componen un nivel de vulnerabilidad global.

Este nivel de vulnerabilidad, resulta de la interacción de las condiciones particulares de un área o una comunidad específica (Buch y Turcios, 2003).

2.1.4. Reducción de la vulnerabilidad

Buch (2001), menciona que la reducción de la vulnerabilidad es un proceso dinámico y requiere la participación de los distintos actores sociales dentro una comunidad como las familias, los distritos, los municipios, organizaciones de base o cuenca, etc. Es necesario como punto de partida definir la ubicación de la amenaza potencial, su grado de severidad, el periodo de retorno y la probabilidad de niveles de pérdida esperados, pues la planificación de estrategias para reducir la vulnerabilidad dependerá de la naturaleza tanto de la amenaza como de los factores que contribuyen a estructurar la vulnerabilidad.

Para reducir la vulnerabilidad, es necesario comprender los factores que magnifican o intensifican los efectos de las amenazas, por ejemplo, las prácticas agrícolas o ganaderas en las laderas, en las partes altas de las cuencas hidrográficas son responsables de un aumento en la escorrentía y el volumen de agua acarreado y por consiguiente de una mayor erosión de los suelos (BID, 1999).

Foschiatti (2004) expone que la reducción de la vulnerabilidad deberá comenzar atacando dos frentes relacionados: a) disminuyendo el grado de exposición a las amenazas, b) protegiendo a la sociedad y al ambiente de las amenazas. El instrumento elemental para hacer frente a ambos frentes es el ordenamiento territorial. Este último consiste en identificar las potencialidades, las limitaciones y los riesgos de un territorio y, sobre esa base organizar y regular la ocupación, la transformación y las actividades para que se pueda garantizar el bienestar, la reducción de la vulnerabilidad, el aprovechamiento de los recursos y el desarrollo sostenible.

2.2. AMENAZA

El MINEDU (2009) señala que la amenaza o peligro está definida como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructivo como es el caso de los sismos, aludes, huaycos, heladas, sequías, inundaciones, incendios forestales, derrames tóxicos,

explosiones, etc. Esta probabilidad puede deberse a causas naturales, antrópicas o a la combinación de ambos.

Análogamente, el INDECI (2006) define al peligro como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente.

Por su parte, Wilches-Chaux (1993) propone que la amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. Las amenazas surgen cuando de la posibilidad teórica se pasa a la probabilidad más o menos concreta, de que uno de esos fenómenos de origen natural o humano se produzca en un determinado tiempo y en una determinada región que no esté adaptada para afrontar sin traumatismos ese fenómeno.

2.3. RIESGO

Representa el número esperado de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades, al ambiente, interrupción de las actividades económicas, impacto social debido a la ocurrencia de un desastre natural o provocado por la sociedad, es decir, el producto de la amenaza por la vulnerabilidad (Jiménez, 2002).

Similar a Jiménez (2002), Lavell (1993) define el riesgo como la probabilidad de una población de sufrir algo nocivo o dañino. Es el resultado de la confluencia en un mismo punto de dos ingredientes: la amenaza y la vulnerabilidad.

La CEPAL (2000) menciona que el riesgo se origina como un producto de la función que relaciona a priori la amenaza y la vulnerabilidad, y se considera intrínseco y latente dentro de la sociedad, con la salvedad de que su nivel, grado de percepción y medios para enfrentarlo, dependen de las orientaciones y direccionalidad marcada por la misma sociedad. En definitiva, la vulnerabilidad y el riesgo están asociados a las decisiones de política que una sociedad ha adoptado a lo largo del tiempo y dependen, por tanto, del desarrollo de cada país o región.

De esta manera, el riesgo corresponde al potencial de pérdidas que puede ocurrirle al sujeto o sistema expuesto, resultado de la interacción del peligro y la vulnerabilidad. Así, el riesgo puede expresarse en forma matemática como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas, sociales y ambientales en un cierto sitio y durante un cierto periodo de tiempo (MINAM, 2011).

En tal sentido, el INDECI (2006) indica que sólo se puede hablar de riesgo (R) cuando el correspondiente escenario se ha evaluado en función de la amenaza y la vulnerabilidad del territorio, que puede expresarse en forma probabilística, a través de la ecuación: $Riesgo = Vulnerabilidad \times Amenaza$.

Lo que indica que no existe peligro y vulnerabilidad aislados, pues son situaciones mutuamente condicionantes, que se definen en forma conceptual independiente para efectos metodológicos y para una mejor comprensión del riesgo. En muchos casos no es posible intervenir sobre el peligro para reducir el riesgo, la alternativa es modificar las condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos (MINAN, 2011).

2.4. DESASTRE

Es una interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causada por un peligro, de origen natural o inducido por las actividades humanas, ocasionando pérdidas de vidas humanas, considerables pérdidas de bienes materiales, daños a los medios de producción, al ambiente y a los bienes culturales. La comunidad afectada no puede dar una respuesta adecuada con sus propios medios a los efectos del desastre, siendo necesaria la ayuda externa ya sea a nivel nacional y/o internacional (INDECI, 2006).

Jimenez (2002) indica que un desastre puede definirse como un evento o suceso que en la mayoría de los casos ocurre en forma repentina e inesperada y que causa alteraciones intensas sobre los elementos afectados, tales como pérdida de vida y salud de la población, destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad, y/o daños severos sobre el ambiente.

Marskrey (1993) señala que un desastre se produce cuando hay una correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables, en otras palabras, se considera que hay un alto riesgo de desastre si uno o más fenómenos naturales peligrosos ocurrieran en situaciones vulnerables.

2.5. CONDICIONES SOCIALES Y VULNERABILIDAD

El desarrollo social de una población tiene una relación muy importante con las condiciones físicas del territorio. Así mismo, con la cultura, historia, política y las actividades que, desarrolla la sociedad. Estas actividades están influenciadas en forma directa o indirecta a fenómenos extraordinarios como el del Niño, las inundaciones, el cambio climático, entre otros.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) define la vulnerabilidad como el resultado de la acumulación de desventajas de una población, y una mayor posibilidad de incurrir en un daño, derivado de un conjunto de causas sociales y de algunas características personales y/o culturales de los grupos sociales. Considera como vulnerables a diversos grupos de la población entre los que se encuentran las niñas, los niños y jóvenes en situación de calle, los migrantes, las personas con discapacidad, los adultos mayores y la población indígena, que más allá de su pobreza, viven en situaciones de mayor riesgo.

Por su parte, Foschiatti (2004) menciona que en la mayoría de los casos, los segmentos de la población más frágiles y vulnerables son los pobres y, de ellas, las mujeres, los niños y los ancianos cuando viven en zonas ambientalmente riesgosas, trabajan en tierras marginales, utilizando técnicas agrícolas y ganaderas inadecuadas o carecen del acceso a la información, a servicios básicos y a la protección anterior y posterior al desastre. También, indica que la vulnerabilidad de un determinado grupo humano se integrará de todos y cada uno de sus factores, constituyendo la pobreza el componente más importante de ella.

La vulnerabilidad con regularidad es relacionada con la pobreza, para Moser (1998), es importante que se clarifiquen los conceptos y establece que la diferencia radica en que los indicadores de pobreza se fijan en el tiempo, convirtiendo a la pobreza en un concepto estático, mientras que la vulnerabilidad es dinámica, pues cambia y se transforma en el

tiempo-espacio y, su análisis requiere, según Foschiatti (2004) el examen de las condiciones y factores de riesgo, a la vez que se trata de explicar cuáles son las causas de la pobreza que tienen implicancia con el riesgo y la vulnerabilidad, según Fillgueira y Peri, citado por Foschiatti (2004), asociándose a la noción de activos y recursos que las personas y hogares disponen para su desempeño social.

El INEI (2000) señala que la pobreza es una condición en la cual una población tienen un nivel de bienestar inferior al mínimo socialmente aceptable. En una primera aproximación, la pobreza se asocia con la incapacidad de las personas para satisfacer sus necesidades básicas de alimentación. Luego, se considera un concepto más amplio que incluye la salud, vivienda, servicios básicos (agua y electricidad), educación, empleo, ingresos, gastos, y aspectos más extensos como la identidad, los derechos humanos, la participación popular, entre otros.

Cuadro 1: Relación entre pobreza y vulnerabilidad

Pobreza	Vulnerabilidad ante los desastres naturales
Viviendas precarias	Mayor facilidad de destrucción de viviendas
Ingresos limitados	Dificultad para rehabilitar sus viviendas
Nivel educativo y organización	La población analfabeta y desorganizada son más susceptibles a sufrir daños materiales y pérdidas humanas
Tendencia a vivir en lugares dentro de áreas críticas	sujetos a ser los más sensible a los desastres naturales por la cercanía a ríos, laderas, etc.

2.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

2.6.1. Definición y componentes del SIG

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los Sistemas de Información Geográfica son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la

necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar preguntas de modo inmediato (Velásquez, 2004).

Son capaces de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (UAM, 2011). En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Fallas, 2010).

Así mismo, Salgado (2005), menciona que es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos, espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión en relación con el territorio.

Los sistemas de información geográfica se caracterizan por cinco componentes: hardware del computador (parte física del sistema como el equipo), software del computador (programas de aplicación), datos o información, liveware o recurso humano y procedimientos, (Gómez y Barredo, 2006), tal como se muestra en la Figura 1.



Figura 1: Componentes de un SIG

2.6.2. Manejo de la información geoespacial

Un SIG proporciona un almacenamiento coherente de la información espacial, que puede ser actualizada o manipulada con el mínimo esfuerzo, permitiendo obtener modelos cartográficos, a partir de la transformación o combinación de diversas variables tales como: señalar corredores de un determinado ancho paralelos a un río o carretera; calcular pendientes, exposiciones o medidas de textura; superponer dos o más mapas de información, etc. Asimismo, facilita la presentación gráfica de los resultados, al permitir el acceso a diversos periféricos controlados por la computadora (Lazarte, 2002).

Así mismo, la UAM (2011), indica que el sistema permite separar la información en diferentes capas (Layers) temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma, tal como se muestra en la Figura 2.

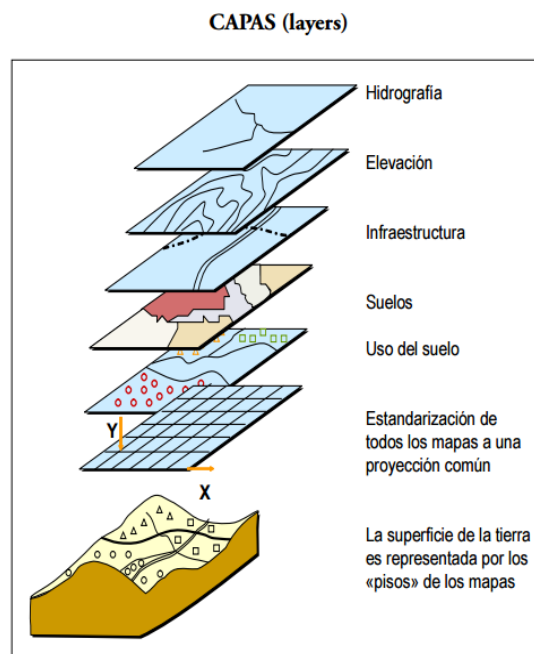


Figura 2: Relación de capas para diferentes datos en un SIG

FUENTE: Meza, 2010

2.6.3. Importancia de los SIG

El SIG es importante porque permite, entre otras cosas: recopilar, almacenar, procesar y visualizar información geográfica por medio de elementos tan simples como lo son: puntos, líneas y polígonos que en conjunto representan entidades geográficas y variables espaciales medibles y georreferenciados (ubicados). La importancia de los SIG también radica en cuestiones tales como la posibilidad de realizar un gran número de manipulaciones, como las superposiciones de mapas de forma rápida y precisa, las transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos, así como su administración y mantenimiento. Permiten hacer un análisis exhaustivo del territorio en los ámbitos más diversos. Son herramientas versátiles, con un amplio campo de aplicación en cualquier actividad que conlleve un componente espacial.

2.7. MODELAMIENTO GEOESPACIAL

Se refiere a la utilización de las funciones de análisis de un SIG bajo una secuencia lógica, de tal manera que se puedan resolver problemas espaciales complejos. Los modelos son dos compartimientos fundamentales de un SIG, la base de datos y la base de modelo (o reglas), sobre las cuales operan los sistemas manejadores de datos. Por lo tanto, los datos temáticos deben ser convertidos en información utilizable con propósitos específicos a través de una interpretación formalizada y procesos de evaluación (IGAC, 1995).

La base de datos espacial de un SIG no es más que un modelo del mundo real, una representación digital con base en objetos discretos. Una base de datos espacial es una colección de datos referenciados en el espacio que actúa como un modelo de la realidad (CIAF). En el contexto de un SIG, un modelo de datos es la abstracción y la representación de los fenómenos del mundo real de acuerdo a un esquema conceptual formalizado que es aplicado generalmente usando las primitivas geográficas (e.g. líneas, puntos y polígono) (Radilla, 2008).

Partiendo de la definición de modelo como representación simplificada de la realidad, que refleja lo fundamental de esta, ignorando los detalles accesorios; el modelamiento consiste en la utilización de las funciones de análisis de un Sistema de Información Geográfica bajo

una secuencia lógica, de tal manera que se puedan resolver problemas espaciales complejos (Meza, 2010).

Además, involucra técnicas que utilizan, simultáneamente, las características espaciales y temáticas de los datos geográficos para generar nuevos objetos geográficos afectados de variables temáticas, en la definición de las operaciones que sirven para construir los nuevos elementos geométricos y topológicos de los objetos geográficos recién creados. Así mismo, comprende de la herramienta analítica del SIG para describir la parte espacial de un fenómeno natural o social, que involucra en su proceso, una combinación de expresiones lógicas, procedimientos analíticos y criterios, los cuales son aplicados a un conjunto de datos con el propósito de simular un proceso, predecir un evento o caracterizar un fenómeno, entre otros aspectos del mundo real.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral (Figura 3), localizada al norte de la Región de Lima entre las coordenadas UTM 257780E, 8715226N y 333020E, 8779378N. Abarca las provincias de Huaral, Canta y Lima. Tiene un área de 3,046.37 km² y se extiende desde el nivel del mar hasta alturas por encima de 5,000 m.s.n.m.

Los límites de la unidad hidrográfica son las siguientes: por el Norte con la cuenca del río Huaura e intercuencas, por el Este con la cuenca del río Mantaro, por el Sur con la cuenca del río Chillón y por el Oeste con el Océano Pacífico.

La unidad hidrográfica Chancay–Huaral tiene como curso principal, al río del mismo nombre, que nace en la unidad hidrográfica del río Vichaycocha y tiene como afluentes principales a los ríos: Baños, Carac, Añasmayo, Huataya y Orcon (ANA, 2012).

3.1.2. Características biofísicas

a. Climatología

La Cuenca Chancay-Huaral, está influenciada, por las variaciones climáticas, tanto de la vertiente del Pacífico, como de la vertiente alto-andina oriental de la cuenca del Amazonas. La influencia climática del Pacífico, se extiende a toda la cuenca baja del río Chancay-Huaral y origina el típico clima árido imperante en la costa. Las incidencias climáticas amazónicas alto-andina, se extiende sobre la parte alta, incluida la zona media (ANA, 2012).

Se han identificado cinco tipos climáticos predominantes, que varían desde un clima árido y semi-cálido en la costa a pluvial y gélido en la tundra-alpina (Puna), con una precipitación de escasos milímetros en la costa árida-desértica, hasta precipitaciones del orden de 933mm en la Puna (4800 m.s.n.m). A esta altura también se presentan precipitaciones en forma de granizo y nevada. Las temperaturas son variables con promedios de 21°C en la costa, hasta 0°C y menores en las altas cumbres, una humedad relativa de 78 por ciento en la Costa hasta 65 por ciento en la sierra (ANA, 2013).

En la parte alta, llueve durante todo el año, las precipitaciones mayores ocurren durante los meses de enero a mayo, disminuyen entre julio y septiembre, luego vuelven a incrementarse a partir de octubre. En general se caracteriza por un periodo de lluvias de estación, diciembre-mayo, con precipitaciones de 500 mm a 1000 mm por año, seguida por un periodo relativamente seco de junio a noviembre.

La zona media o zona de transición, se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones comprendidas entre 200 mm a 500 mm por año.

La parte baja, influenciada por la corriente fría del Pacífico Sur, origina que las precipitaciones en general sean escasas, generalmente menos de 150 mm por año y se presentan en los meses del verano, concentrándose casi siempre entre febrero y marzo. El resto del año, el área se encuentra libre de precipitaciones (ANA, 2012).

b. Fisiografía

El río Chancay-Huaral, fisiográficamente presenta un relieve geográfico accidentado con fuertes pendientes en la parte alta, poco pronunciada en la parte media y casi plana en la franja costera. Su relieve es característico de la mayoría de los ríos de la vertiente del Pacífico.

La parte alta y media presenta una hoya hidrográfica alargada, fondo profundo y fuertes pendientes, delimitada por una cadena de picos montañosos con un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres.

La parte costera presenta secciones de distinta topografía, con sectores muy llanos hasta secciones ligeramente inclinadas y onduladas, que incluyen frecuentes accidentes topográficos.

Los sectores más llanos corresponden a la llanura aluvial reciente del Río Chancay-Huaral, donde las acumulaciones aluviales modernas han cubierto prácticamente todas las irregularidades topográficas salvo algunas lomadas y colinas que aparecen sobre el llano.

Los relieves de colinas y montañas son el resultado de la orogenia y elevación pleistocénica de los Andes, a consecuencia de la cual, se encajonaron los cursos de agua dando lugar a la configuración montañosa actual de la cordillera andina. En la costa, las colinas y montañas corresponden de manera general a las estribaciones occidentales finales de la Cordillera Occidental y conjuntamente con las planicies, conforman los grandes conjuntos morfológicos fisiográficos de la costa (Goicochea, 2014).

c. Geología

Comprende la distribución de los materiales terrestres (macizos rocosos y materiales de cobertura), las cuales han sido agrupadas según las relaciones entre dichos materiales y a la edad de las mismas. Es así, se han reportado macizos rocosos de origen ígneo (plutónico y volcánico), sedimentario (clástico y no clástico) y como materiales de cobertura de origen marino, fluvial, aluvial, eólico, glacial y antropogénico.

En la parte baja de la unidad hidrográfica del río Chancay-Huaral mayormente se distribuyen los materiales de cobertura de origen aluvial, fluvial, eólico y marino. Mientras los macizos rocosos son de origen ígneo volcánico sedimentario y plutónico. Las rocas de origen ígneo plutónico se encuentran fracturadas y en un proceso intenso de meteorización, cuyos productos es la formación de suelos arenosos.

En la parte media, se distribuyen los macizos rocosos de origen ígneo plutónico y volcánico, se encuentran fracturados por procesos tectónicos y alterados por proceso de meteorización química y de erosión de suelo, y conforman zonas con relieves abruptos.

En la parte alta se presentan materiales volcánicos y los depósitos glaciares, conforman los relieves poco accidentados generados por la acción de los glaciares proceso, los materiales de cobertura presentan propiedades que tienden a ser alterados por el agua y el cambio brusco de temperatura (Municipalidad provincial de Huaral, 2010).

d. Características del suelo

La información de suelos obtenida del estudio realizado por la ONERN en 1969, brinda una idea generalizada de los suelos en toda la cuenda y está representada mediante siete unidades cartográficas amplias, denominadas Asociaciones de Suelos y como unidades taxonómicas de abstracción, los Grandes Grupos de Suelo (Cuadro 2) agrupados de dos a más por cada asociación (INRENA, 2001).

Cuadro 2: Grupo de suelos

Grupo de Suelo	Subdivisión	Extensión	Descripción
Formación Lítica	-	Dominante entre los 500 y 2500 m.s.n.m, en donde aparecen fuertemente inter-asociados con los Litosoles Desérticos.	Exposiciones de roca viva o afloramiento rocoso y escombros o detritus poco consolidados.

Continuación

Grupo de Suelo	Subdivisión	Extensión	Descripción
Litosol	Litosol Desértico	Tapiza junto con la formación lítica, la porción interior del flanco occidental andino desde los 300 – 500 m.s.n.m, comprendiendo los ramales y estribaciones más bajas de la cordillera Occidental, hasta los 2500–2800 m.s.n.m.	Perfil AC, con un horizonte A delgado, pálido (ócrico) y generalmente gravo-pedregoso, que descansa sobre roca consolidada o detritus rocosos. Bajo condiciones climáticas áridas no tiene potencialidad agrícola.
	Litosol Andino	Se extiende desde los 2500–2800 m.s.n.m, con su límite inferior en contacto con los Litosoles Desérticos, hasta los 4500-4700 m.s.n.m, en donde se verifica su unión con las formaciones nivales o puramente líticas	Perfil AC, con un horizonte A delgado, poco desarrollado, relativamente oscuro por el mayor contenido de materia orgánica, en contraste con los Litosoles desérticos, que descansa sobre roca consolidada o detritus rocosos
Regosol	Regosol Húmedo (Irrigado)	Están distribuidos dentro del área agrícola del valle Chancay-Huaral	Perfil AC, con horizonte A débilmente desarrollado, pálido, superficial, predominantemente mineral, no pedregoso, que se grada a materiales no consolidados. Son de morfología arenosa y profunda hasta más de 1.20m. Denominados tentativamente húmedos por haberse subsanado su condición original árida mediante riego permanente.
	Regosol Desértico (Seco)	Constituye los extensos depósitos eólicos en los cuales se incluyen las dunas (arenas secas).	Perfil AC, con horizonte A delgado, muy débilmente esbozado, pálido ócrico, generalmente mineral, no pedregoso, que grada a materiales no consolidados. Son de morfología arenosa (arena media, variando a gruesa) y suelta.

Continuación

Grupo de Suelo	Subdivisión	Extensión	Descripción
Suelos Aluviales	Aluvial Irrigado	Se distribuyen, en su mayor extensión, dentro del área agrícola del valle Chancay-Huaral	Perfil AC, con horizonte A delgado débilmente desarrollado, presentando espesores u contenidos orgánicos variable, y grada a un material mineral de rasgos morfológicos no diferenciados. Son de morfología estratificada formados por depósitos recientes de origen fluvial o marino. En ciertas áreas se producen Aluviales Salino o Halomórficos debido al mal drenaje en suelos aluviales irrigados.
	Aluvial Desértico	-	Perfil AC, con horizonte A delgado, pálido (ócrico) y descansa sobre una sección mineral, estratificada a base de texturas y espesores variables, predominando las fracciones gruesas, además de gravas, cascajo y piedras. Suelos de morfología netamente esquelética y fragmentaria. Existe una mínima cantidad de terrenos que permite la fijación de cultivos temporales, bajo prácticas intensivas y superación de condiciones climáticas áridas mediante riego.
Suelos Pardos	-	Se distribuyen entre los 1000 y 2500 m.s.n.m, ocupando pequeñas áreas diseminadas y situadas en posiciones elevadas, fuera de la influencia modificatoria de los ríos.	Perfil ABC, con horizonte A delgado, vesicular, de bajo contenido orgánico, que descansa sobre un B cámbrico o incipiente. Estos suelos son franco arenoso grueso, granular. Se desarrollan en condiciones de aridez y semi-aridez, por lo que el suelo permanece seco la mayor parte del año.

Continuación

Grupo de Suelo	Subdivisión	Extensión	Descripción
Suelos Castaños	-	Se distribuyen entre los 3200 a los 4000 m.s.n.m	Perfil ABC, con horizonte A pardo rojizo oscuro, granular y dotado de material orgánico, que descansa sobre un horizonte B argilúvico. Aquí se incluyen los suelos castaños cálcicos, caracterizados por presentar calcáreo en todo el perfil, es decir, encima del horizonte eólico.
Páramo Andino	-	Se distribuyen entre los 4000 y 4700 m.s.n.m, cotas en las que se realiza su contacto con suelos litosólicos o formaciones puramente líticas y nivales.	Perfil AC, con un horizonte A oscuro y prominente, ácido y con materia orgánica. Este suelo franco-arenoso a franco-gravoso se ha desarrollado bajo condiciones climáticas frío-húmedas a sub-húmedas.

FUENTE: INRENA, 2001.

e. Cobertura vegetal

La zona en estudio por su ubicación geográfica, presentan una cobertura vegetal característica. La parte baja de la cuenca pertenece a la franja árida de la costa central peruana, con cerros y planicies sin vegetación, salvo aquellas zonas irrigadas.

La parte alta que se extiende sobre los 2700 m.s.n.m, tiene una cubierta vegetal típica alto-andina, consistente en general de “ichu y musgo”; los musgos junto con el suelo esponjoso, originan suelos de alta capacidad retentiva para el agua, y bofedales que dan origen a escorrentías lentas que perduran todo el estiaje.

La zona media o zona de transición, se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones comprendidas entre 200 mm a 500 mm por año, que permiten el desarrollo de una densa cobertura de plantas estacionales de corto periodo vegetativo, apropiado también para el desarrollo de pastizales para ganadería (ANA, 2012).

f. Pisos ecológicos

“Teniendo en cuenta criterios altitudinales, Pulgar Vidal distingue ocho regiones naturales en el Perú. Su método clasificatorio consiste en combinar factores climáticos y de cobertura vegetal y animal con datos de la toponimia y etnociencia andina. Su clasificación resume las regiones naturales peruanas tal como éstas han sido identificadas y comprendidas por los pobladores andinos” (Caballero, 1981). Huaral tiene seis pisos ecológicos: Chala, Yunga, Quechua, Suni, Puna y Janca.

Chala o costa (0 - 500 m.s.n.m), desierto costeño cruzado por ríos que bajan de la Cordillera, agricultura de riego en los valles, permite la aclimatación de la mayor parte de los vegetales que crecen en los demás climas de la tierra y clima cálido.

Yunga marítima (500 - 2300 m.s.n.m), se ubica en la región occidental de la Cordillera de los Andes junto a la costa, tiene valles estrechos y triangulares, quebradas profundas, escasa vegetación, intensa erosión, cerros muy escarpados, poca humedad y clima cálido.

Quechua (2300 – 3500 m.s.n.m), escalonamiento de lomas con pendientes suaves, faldas de cerros, lluvias estacionales y clima templado.

Suni o jalca (3500 – 4000 m.s.n.m), cerros y acantilados, embudos de colección de aguas de los ríos, lomos de cadenas de suave ondulación (especialmente en la sierra norte) y clima frío.

Puna o altoandina (4000 – 4800 m.s.n.m), altiplano andino, flancos de las grandes elevaciones, remate de cumbres y clima muy frío (especialmente en las noches).

Jalca (más de 4800 m.s.n.m), cerros escarpados cubiertos de nieve que se elevan sobre las punas (Caballero, 1981).

3.1.3. Características socioeconómicas

a. Social

La unidad hidrográfica está conformada por doce distritos: Chancay, Huaral, Aucallama, Sumbilca, Ihuarí, Lampián, Veintisiete de Noviembre, Pacaraos, Santa Cruz de Andamarca, Atavillos Alto, San Miguel de Acos y Atavillos Bajo, y parte de las provincias de: Lima (Ancón), Canta (Huamantanga) y Huaura (Santa Leonor) (ANA, 2013).

La población está constituida principalmente por los habitantes de la provincia de Huaral, con 164,660 habitantes (Censo 2007). Donde el 82.9 por ciento de la población (136,487 habitantes) reside en la zona urbana de la provincia de Huaral, mientras el 17.1 por ciento, es decir 28,173 habitantes en las zonas rurales (ANA, 2012).

La población de los distritos ubicados en los pisos ecológicos Yunga, Quechua y Puna, ha ido disminuyendo paulatinamente; por ejemplo en los distritos de Ihuarí, Lampián Pacaraos y Sumbilca. Al no haberse reportado altos niveles de mortalidad o bajos niveles de fecundidad, lo más seguro es que buena parte de su población haya emigrado. En contraste, en los distritos como Huaral, Chancay, Aucallama ubicados en la región natural de la costa, hubo un incremento importante de la población. Por otro lado, distritos con poca población como San Miguel de Acos y Veintisiete de Noviembre registran un movimiento poblacional muy lento. Todo esto se debe a la migración de la población rural hacia la ciudad a consecuencia de búsqueda de oportunidades laborales, educacionales y a la mayor cercanía a la capital Lima.

b. Económico

En cuanto a los usos del suelo en la unidad hidrográfica Chancay - Huaral, cabe destacar que las principales actividades económicas desarrolladas son agrícola, ganadera, pesquera y piscícola, desembarque, comercio y servicios, energético e industrial.

La actividad agrícola en la provincia de Huaral constituye el principal soporte de la estructura productiva de la provincia, no solamente por los niveles de producción, sino también por la diversidad de su producción que tiene (orientados a mercados diversos)

como productos de pan llevar y fruta para el mercado local y principalmente para Lima, productos orientados a la agroindustria, la producción de maíz amarillo duro ligados a la actividad avícola y de alimentos balanceados así como para la exportación: espárrago, alcachofa, melocotón y los tomates para pasta de tomate. Cabe señalar que existe una agricultura intensiva tecnificada en la zona costera y una producción agrícola con bajos niveles de tecnificación en la parte alta de la unidad hidrográfica.

Por otro lado, la actividad pecuaria constituye una actividad importante dentro de la estructura productiva de la provincia. Destaca la actividad avícola y la crianza de porcinos, siendo una de las principales a nivel nacional. La crianza de vacunos, ovinos y caprinos constituyen actividades complementarias a la actividad agrícola, y se dan sobre todo en la cuenca media y alta.

La actividad comercial de bienes y de servicios se desarrolla principalmente en las ciudades de Huaral, Chancay, en capitales distritales y en menor medida en centros poblados del área rural, esta actividad, se desarrolla principalmente a nivel de micro y pequeñas empresas que generan empleo. Se sustenta en las principales actividades económicas de la provincia como son la agropecuaria, la pesquera y la agroindustria, como una especie de valor agregado de estas destacando la dinámica que impulsa los conglomerados urbanos de la provincia (ANA, 2012).

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Información cartográfica nacional (23i, 23j, 23k, 24i, 24j) del geoservidor del Ministerio de Educación (MINEDU).
- Mapas temáticos obtenidos del geoservidor del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Geológico Minero (INGEMET) y del Ministerio del Ambiente (MINAM).
- Información descriptiva y cartográfica de estudios realizados en la cuenca Chancay – Huaral tales como: “Diagnóstico participativo consolidado cuenca Chancay – Huaral, Tomo I” (ANA, 2012), “Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay – Huaral” (ANA, 2013) y “Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia de Huaral 2009-2019” (Municipalidad provincial de Huaral, 2010).

- Información pluviométrica compartida por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- Imágenes satelitales del área de estudio disponible en Google Earth.
- Información socioeconómica de Huaral disponible en el Instituto de Estudios Peruanos (IEP), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Autoridad Nacional del Agua (ANA), entre otros.
- Programas de cómputo: ArcGis 10.1 y Microsoft Office 2010
- Equipo de cómputo. Procesador Intel Core i5

3.3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, consistió en el desarrollo de tres etapas secuenciales: trabajo de pre-campo, trabajo de campo y trabajo de gabinete, como se muestra en la Figura 4.

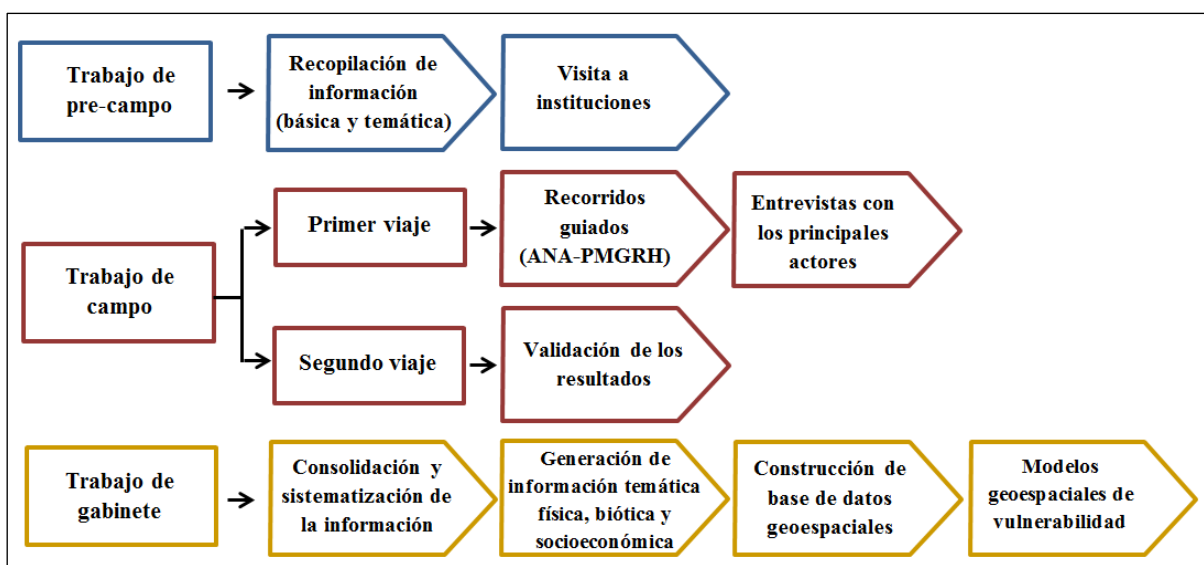


Figura 4: Esquema metodológico desarrollado

3.3.1. Trabajo de pre-campo

Consistió en la recopilación de información de estudios, tanto básica y temática, que involucren la zona de estudio, a fin de conocer sus características físicas, bióticas y socioeconómicas. Se obtuvo información descriptiva, cartográfica y analítica de la unidad hidrográfica a través de los geoservidores del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio de Educación del Perú (MINEDU), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Ministerio de Salud del Perú (MINSA), entre otros.

En paralelo, se realizaron visitas a instituciones como: Autoridad Nacional de Agua (ANA), para información referente a las características físicas, bióticas y socioeconómicas e Instituto de Estudios Peruanos (IEP), para complementar la información socioeconómica.

3.3.2. Trabajo de campo

En coordinación con la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos (PMGRH) Chancay – Huaral se realizaron recorridos guiados de toda la unidad hidrográfica Chancay-Huaral, se hizo un reconocimiento de las características físicas: vegetación, fisiografía, geología, suelo y clima; bióticas: actividad agrícola y pecuaria de la zona de estudio; y se realizó entrevistas con los principales actores de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral para complementar y actualizar la información socioeconómica: características sociales y económicas, características de uso del suelo, vías de comunicación de los centros poblados, entre otros. Permitiendo identificar las zonas críticas en la zona de estudio.

Así mismo, se recorrió la zona para visitar las zonas críticas de vulnerabilidad, a fin de constatar y validar el resultado de los modelos de vulnerabilidad generados para la unidad hidrográfica Chancay-Huaral.

3.3.3. Trabajo de gabinete

a. Consolidación y sistematización de la información temática

La información de carácter espacial y tabular recolectada de distintas instituciones, y validadas in situ, fue consolidada y sistematizada para que represente la realidad de la unidad hidrográfica. Así mismo, la información temática se uniformizó a una misma escala 1:100,000 y a un mismo sistema de referencia espacial Datum WGS – 84, proyección UTM, Zona 18S.

b. Generación de información temática física, biótica y socioeconómica

- El mapa base se generó en base a información disponible en la Autoridad Nacional del Agua e Instituto Geográfico Nacional (IGN), que comprenden la unidad hidrográfica, los ríos principales, los cuerpos de agua y distritos.
- El mapa de pendiente se generó en base a información cartográfica disponible en el geoservidor del Ministerio de Educación (MINEDU) y con la ayuda del software Arcgis 10.1, a partir del cual se creó una superficie TIN y su consiguiente superficie raster, obteniendo la pendiente de la superficie clasificada en cinco rangos y con unidad de medición en porcentaje.
- El mapa de precipitación se generó en base a información hidrológica de las estaciones pluviométricas, en primer término, obteniendo las isoyetas para luego generar el mapa de acuerdo a los intervalos de precipitación.
- Los mapas de clima, cobertura vegetal y suelo se generaron en base a la información proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Programa de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos Chancay – Huaral, información disponible en el documento “Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia de Huaral 2009-2019”, realizado por la Municipalidad de Huaral, y del “Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa. Valle Chancay-Huaral” realizado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).

- Los mapas de geología y fisiografía se generaron a través de la información disponible en el geoservidor del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Los mapas de actividad pecuaria y agrícola se obtuvieron en base a la información proporcionada por la Municipalidad de Huaral y las entrevistas a los actores de la zona.
- Los mapas de población, pobreza, IDH, infraestructura de salud, servicios de agua potable, infraestructura sanitaria, servicios de electricidad, defensa civil, programas sociales, telecomunicaciones, conectividad y nivel educativo, se generaron en base a la información adquirida de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Ministerio de Educación del Perú (MINEDU), Programa de las Naciones Unidas (PNUD), Ministerio de Salud del Perú (MINSU), Diagnóstico Participativo Consolidado Cuenca Chancay – Huaral y del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Huaral.

c. Construcción de la base de datos geoespaciales

Para efectos de la presente investigación y tomando en cuenta las condiciones y antecedentes presentes en la zona objeto de estudio, se determinó la vulnerabilidad en función de sus características de tipo físico, biótico, socioeconómico y conflicto de uso. Dónde para cada uno de ellos se identificó sus variables temáticas y sus respectivos indicadores principales, que cuantitativa y cualitativamente permitiera evaluar la vulnerabilidad en la unidad hidrográfica Chancay – Huaral (Cuadro 3).

Dentro del sistema de información geográfica se construyó la base de datos geoespacial de cada una de las variables para el modelo de vulnerabilidad física, biótica, socioeconómica, conflicto de uso e integral, diseñándose una proyección del esquema lógico de cada variable estudiada, tal como se muestra en la Figura 5.

Cuadro 3: Variables e indicadores para determinar el grado de vulnerabilidad

Características	Variable temática	Indicador
Físico	Pendientes	Rango de pendientes
	Precipitación	Rango de precipitación
	Clima	Tipos de clima
		Formación ecológica
	Geología	Era
		Sistema
		Unidades geológicas
	Fisiografía	Unidades fisiográficas
Suelo	Grandes grupos	
Cobertura vegetal	Unidad de cobertura vegetal	
Biótico	Agrícola	Área agrícola
	Pecuaria	Producción pecuaria
Socioeconómico	Población	Índice poblacional
	Pobreza	Porcentaje de pobreza
	Índice de desarrollo humano (IDH)	Rango de IDH
	Infraestructura de salud	Tipo de servicio
	Servicio de agua potable	Índice de servicio de agua potable
	Infraestructura sanitaria	Índice de infraestructura sanitaria
	Servicio de electricidad	Índice de servicio de electricidad
	Defensa civil	Comité de defensa civil
	Programas sociales	Total de programas sociales
	Telecomunicaciones	Servicio de telecomunicación
	Conectividad	Vías de comunicación
	Nivel educativo	Nivel de estudio
Conflicto de uso	Capacidad de uso mayor	Descripción del CUM
	Cobertura vegetal y Uso actual	Descripción del UA

FUENTE: Adaptado de Salgado, 2005

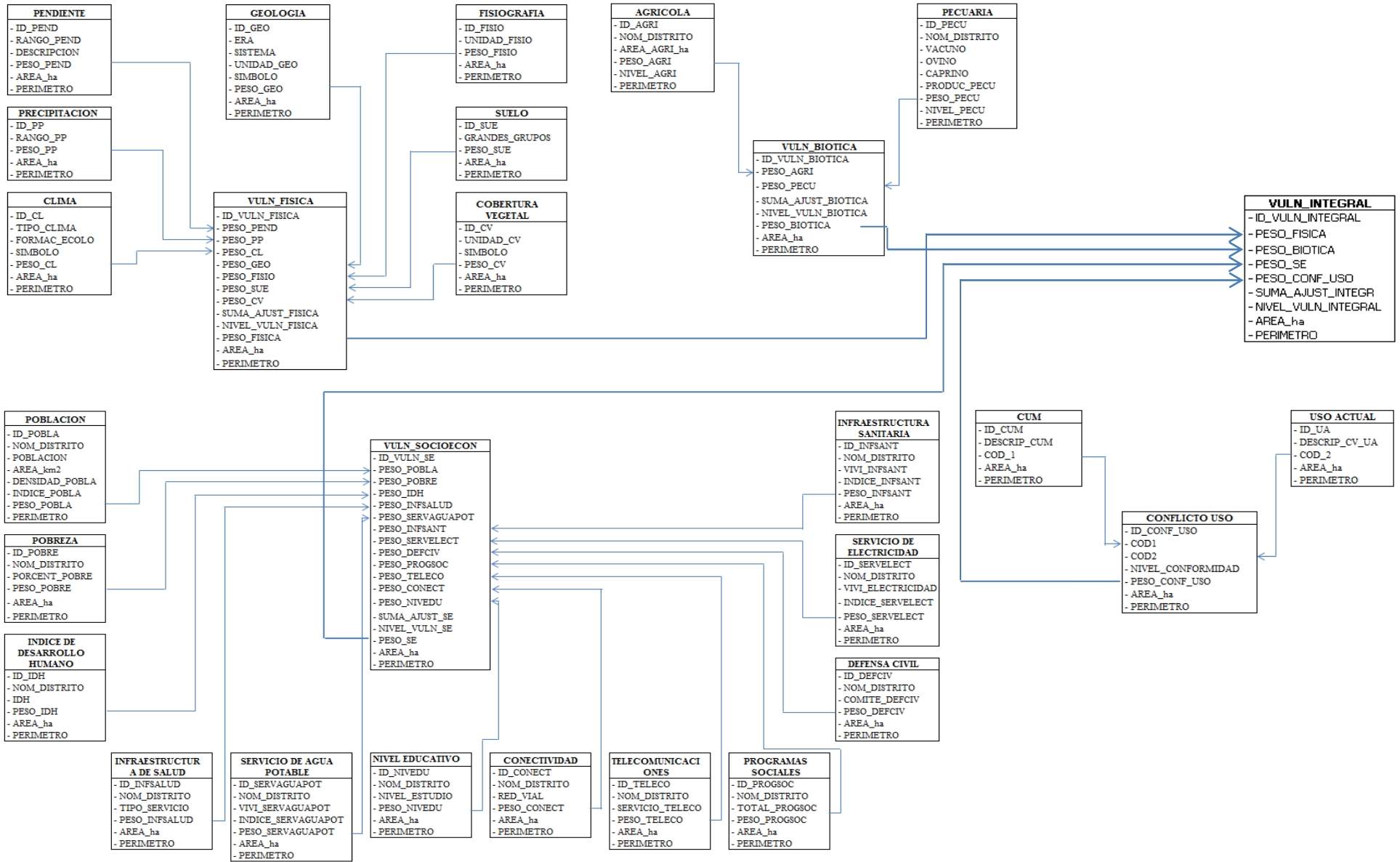


Figura 5: Esquema lógico de la BDG integrado

d. Modelos geospaciales de vulnerabilidad

Los modelos geospaciales, permitieron determinar el grado de vulnerabilidad, mediante el análisis de las variables físicas, bióticas, socioeconómicas y conflicto de uso. Para hacer el modelamiento geoespacial se hizo uso de los sistemas de información geográfica, donde se integró las variables temáticas y en primer término se generó los modelos: físico, biótico y socioeconómico, para luego obtener el modelo integrado de vulnerabilidad. En la Figura 6 se presenta el modelo conceptual donde se muestra la estructura de las variables consideradas para obtener el modelo de vulnerabilidad en la zona de estudio.

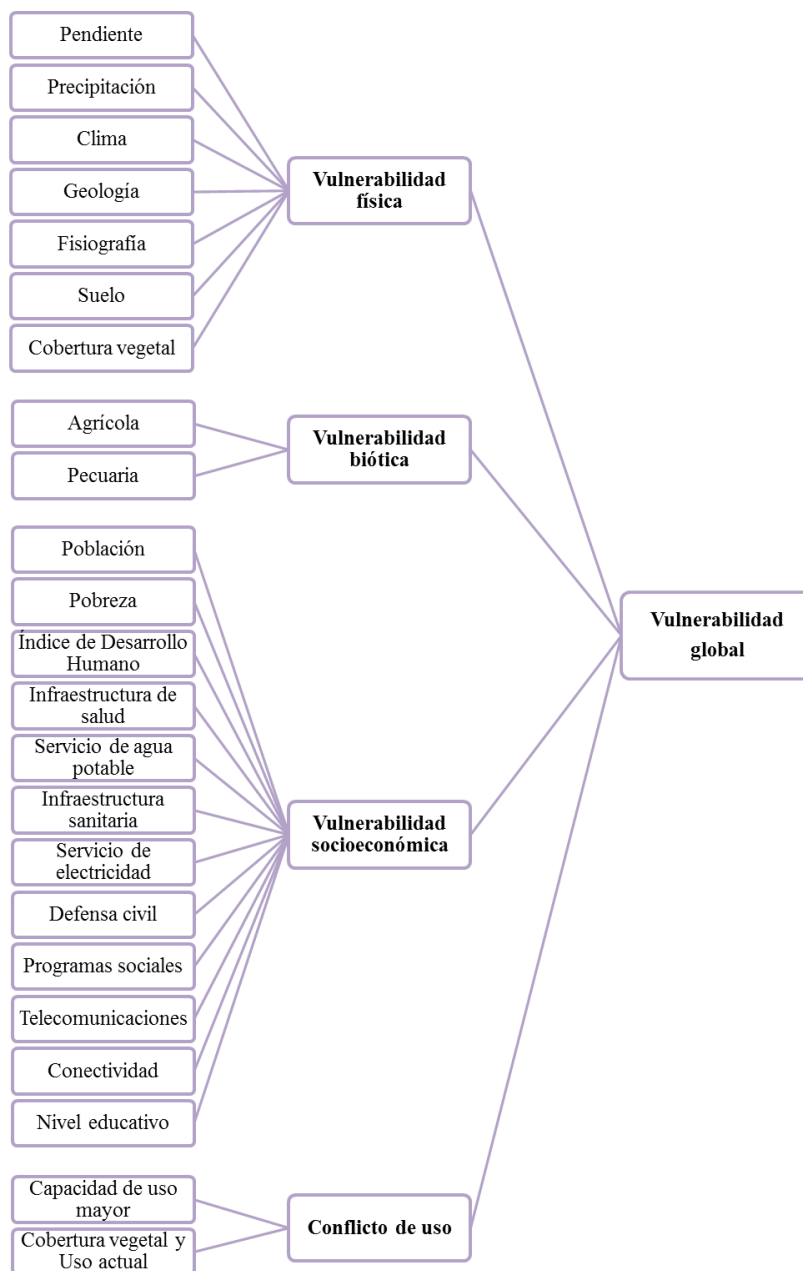


Figura 6: Modelo conceptual de la vulnerabilidad

La construcción de cada modelo se realizó teniendo en cuenta las variables más importantes e incidentes en el objetivo del modelo, luego se realizó la calificación en las unidades de cada variable, y la ponderación para realizar los ajustes y porcentaje de participación de las variables en cada uno de los modelos, para lo cual se ha utilizado el sistema de información geográfica con el software ArcGIS y la herramienta Model Builder,

- **Modelo geoespacial de vulnerabilidad física (MVF)**

En el modelo de vulnerabilidad física se consideró siete variables temáticas, que reflejan las condiciones físicas de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral y son de gran importancia para determinar la vulnerabilidad en la zona de estudio (Figura 7), cuya expresión se presenta en la ecuación 1.

$$\text{MVF} = a * \text{Pend} + b * \text{Pp} + c * \text{Cl} + d * \text{Geo} + e * \text{Fisio} + f * \text{Sue} + g * \text{Cv} \quad (1)$$

Donde:

Pend	=	Pendiente
Pp	=	Precipitación
Cl	=	Clima
Geo	=	Geología
Fisio	=	Fisiografía
Sue	=	Suelo
Cv	=	Cobertura vegetal

a, b, c, d, e, f, g = Grado de participación de las variables



Figura 7: Modelo geoespacial de vulnerabilidad física

Valoración de los indicadores

Los valores (pesos) asignados a la unidad de cada variable temática, se trabajó en base a los criterios de valoración establecidos en estudios realizados por Salgado (2005), el MINAM (2009) y opinión de expertos. Se tomó una escala de uno a 10, en donde el valor de uno fue asignado a la situación del indicador que presenta menor vulnerabilidad y 10 a la situación más crítica del indicador. En los Cuadros 4 al 10, se muestra las respectivas escalas de valoración para cada variable física: pendiente, precipitación, clima, geología, fisiografía, suelo y cobertura vegetal.

Cuadro 4: Escala de valoración para la variable temática de pendiente

Rango de pendiente	Calificación (peso)
> 70%	10
50 – 70%	9
30 – 50%	8
10 – 30%	6
0 – 10%	2

FUENTE: IGN y MINEDU

Cuadro 5: Escala de valoración para la variable temática de precipitación

Rango de precipitación	Calificación (peso)
> 1000 mm	10
900 – 1000 mm	9
600 – 900 mm	8
400 – 600 mm	5
200 – 400 mm	3
100 – 200 mm	2
0 – 100 mm	1

FUENTE: ANA y SENAMHI

Cuadro 6: Escala de valoración para la variable temática de clima

Tipos de clima	Formación ecológica	Calificación (peso)
Clima pluvial y gélido	Tundra pluvial alpino	9
Clima muy húmedo y frígido	Páramo sub-alpino	7
Clima subhúmedo y frío	Estepa montano	5
Clima semi-Árido y templado	Maleza desértica montano bajo	3
Clima per-Árido y semi-cálido	Maleza desértica sub-tropical	2
	Desierto sub-tropical	

FUENTE: ANA

Cuadro 7: Escala de valoración para la variable temática de geología

Era	Sistema	Unidades geológicas	Calificación (peso)
Cenozoico	Cuaternario	Depósitos fluviales	10
		Depósitos eólicos	
		Depósitos alternos	9
		Depósitos marinos	
	Terciario	Capas rojas	7
		Serie abigarrada	
Serie volcánica superior			
Mesozoico	Cretáceo medio superior	Formación Machay	6
	Cretáceo inferior	Formación Goyllarisquizga	4
	Jurásico superior cretáceo	Formación Puente Piedra	2
	Cretáceo terciario	Batolito Andino	1

FUENTE: ANA e INGEMMET

Cuadro 8: Escala de valoración para la variable temática de fisiografía

Unidades fisiográficas	Calificación (peso)
Montaña	10
Colina	8
Planicie ondulada a disectada	4
Planicie	2

FUENTE: ANA e INGEMMET

Cuadro 9: Escala de valoración para la variable temática de suelo

Grandes grupos	Principales características	Calificación (peso)
Suelos Aluviales y Regosoles	Suelos de drenaje normal. Presenta perfiles de morfología estratificada sin desarrollo edafogenético, originados a partir de materiales de deposición reciente de origen fluvial marino. Varían considerablemente en profundidad y textura, desde gruesos superficiales hasta profundos y de textura fina. Se distribuyen en su mayor extensión, dentro del área agrícola de valle Chancay-Huaral	9

Continuación

Grandes grupos	Principales características	Calificación (peso)
Regosol Desértico y Aluvial Desértico	Son suelos de naturaleza arenosa, suelta de muy baja retentividad hídrica y de perfiles homogéneos (sin cambios texturales) hasta más de 1m de profundidad. La topografía es variable, desde plana hasta empinados. Constituye los extensos depósitos eólicos. Los aluviales desérticos conforman los rellenos aluviónicos del cuaternario, generados por numerosas corrientes o quebradas secas de curso intermitente que enmarca el paisaje aluvional cultivado del valle; presenta perfiles sin desarrollo edáfico, predomina las fracciones gruesas, además de grava cascajo y piedras, y son de morfología netamente esquelética.	8
Litosol Andino y Suelos Castaños (Castaño Rojizo)	Litosol andino, son suelos de alta pendiente con escasa profundidad, la topografía es abrupta y se extiende desde los 2500-4700n.s.n.m. Desde el aspecto agrícola no ofrece condiciones agrícolas, debido a la naturaleza del suelo y las pendientes; en lugares con pendiente no muy agresiva se puede mantener actividad agropecuaria. Los suelos castaños se distribuyen entre los 320-4000 m.s.n.m, presentan buena productividad siendo aptos para propósitos agrícolas.	5
Lítico, Litosol Desértico, Suelos Pardos y Castaños	Lítico, formación no edáfica constituye, esencialmente exposiciones de roca viva, afloramientos rocosos y escombros o detritos poco consolidados de roca; dominante entre los 500-2500 msnm, en donde permanecen fuertemente interasociados con los Litosoles Desérticos. Este último se encuentra se encuentra bajo condiciones áridas, no tiene potencial agrícola debido a su naturaleza esquelética y pendientes extremadamente inclinadas. Los otros suelos ocupan pequeñas áreas desiminadas y situadas en posiciones elevadas, fuera de la influencia modificatoria de los ríos; se desarrolla en condiciones de aridez y semiaridez.	4
Lítico, Litosol Desértico y Suelos Pardos		

Continuación

Grandes grupos	Principales características	Calificación (peso)
Páramo Andino, Litosol Andino y Nival	Se distribuyen entre los 4000-4700 m.s.n.m en las que tiene contacto con formaciones líticas y nivales. Son suelos oscuros, ácidos y con materia orgánica. En base a las condiciones de clima riguroso, el potencial agrícola es muy limitado, quedando relegados para sustentar una actividad pecuaria extensiva y temporal.	4
Lítico, Litosol Desértico y Regosol Desértico (seco)	Formación no edáfica. Suelos de naturaleza esquelética, muy pedregosos y rocosos, de topográfica abrupta	2

FUENTE: ANA e INRENA

Cuadro 10: Escala de valoración par la variable temática de cobertura vegetal

Unidad de cobertura vegetal	Calificación (peso)
Tierras altoandinas sin vegetación	10
Planicies costeras y estribaciones andinas	
Cultivos agropecuarios	7
Pajonal / Césped de puna	
Césped de puna	5
Bofedal	
Matorrales	3

FUENTE: ANA

Grado de participación de las variables temáticas

En la ecuación 1 se presenta la expresión del modelo de vulnerabilidad física en función a las variables: pendiente, precipitación, clima, geología, fisiografía, suelo y cobertura vegetal. Dichas variables están afectadas por un coeficiente de participación (a, b, c, d, e, f y g), los cuales fueron determinados en función a su mayor incidencia e importancia de la variable sobre el modelo (Cuadro 11).

A la pendiente y precipitación, se le asignó la participación del 20 por ciento por tener una mayor influencia en eventos: derrumbes, deslizamientos o huaycos, respecto a las otras variables.

El clima, por favorecer en las condiciones de humedad y temperatura del suelo, tiene una incidencia media en la susceptibilidad física, a la que se le representó con el valor de 15 por ciento.

La fisiografía, influye con respecto al relieve de la superficie, por ello, también le correspondió un valor de 15 por ciento.

La cobertura vegetal, amortigua la pérdida de suelo y mejora la capacidad de infiltración de agua, por ello, se le asignó una participación del 10 por ciento. En forma similar a la geología y suelos, se le representó con un 10 por ciento.

Cuadro 11: Grado de participación de las variables físicas en la vulnerabilidad

Variables físicas	Grado de participación (%)
Pendiente	20
Precipitación	20
Clima	15
Geología	10
Fisiografía	15
Suelo	10
Cobertura vegetal	10

- **Modelo geoespacial de vulnerabilidad biótica (MVB)**

Para el modelo de vulnerabilidad biótica se consideró la incidencia de las actividades agrícolas y pecuarias sobre la vulnerabilidad en el territorio (Figura 8), cuya expresión se presenta en la ecuación 2.

$$\text{MVB} = a * \text{Agri} + b * \text{Pecu} \quad (2)$$

Donde:

Pecu = Pecuaria

Agri = Agrícola

a, b y c = Grado de participación de las variables

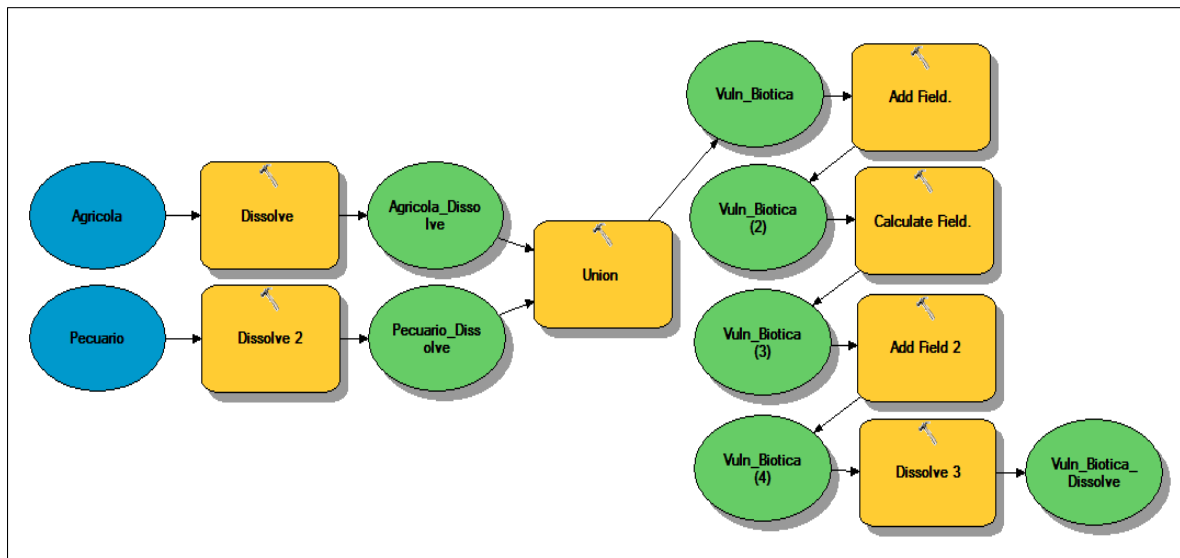


Figura 8: Modelo geoespacial de vulnerabilidad biótica

Valoración de los indicadores

Se utilizó una escala de calificación de uno a tres, en donde el valor de uno fue asignado a la situación del indicador que presente menor vulnerabilidad y tres a la situación más crítica del indicador. En los cuadros 12 y 13, se presenta la escala de valoración de las unidades de las variables: agrícola, expresada en áreas de cultivo, y pecuaria, en función del número de cabeza de ganado.

Cuadro 12: Escala de valoración para la variable temática agrícola

Área agrícola (Ha)	Calificación (peso)
> 8,040	3
4,251 – 8,040	2
458 – 4,250	1

FUENTE: Región Agraria y ALA Chancay-Huaral

Cuadro 13: Escala de valoración para la variable temática pecuaria

Producción pecuaria (N° de cabeza de ganado)	Calificación (peso)
> 9,500	3
2,701 – 9,500	2
0 – 2,700	1

FUENTE: Región Agraria y ALA Chancay-Huaral

Grado de participación de las variables temáticas

Para el modelo de vulnerabilidad biótica se le asignó a las variables agrícola y pecuaria un mismo valor de participación igual a uno, considerando que tienen una influencia similar en el grado de vulnerabilidad del territorio.

- **Modelo geoespacial de vulnerabilidad socioeconómica (MVSE)**

Para el modelo de vulnerabilidad socioeconómica se consideró 12 variables temáticas, tal como se muestra en la Figura 9, cuya expresión se presenta en la ecuación 3.

$$\text{MVSE} = a * \text{Pobla} + b * \text{Pobre} + c * \text{IDH} + d * \text{InfSalud} + e * \text{ServAguaPot} + f * \text{InfSant} + g * \text{ServElect} + h * \text{DefCiv} + i * \text{ProgSoc} + j * \text{Teleco} + k * \text{Conect} + l * \text{NivEdu} \quad (3)$$

Donde:

Pobla	= Población
Pobre	= Pobreza
IDH	= Índice de Desarrollo Humano
InfSalud	= Salud
ServAguaPot	= Agua potable
InfSant	= Infraestructura sanitaria
ServElect	= Servicios de electricidad
DefCiv	= Defensa civil
ProgSoc	= Programas sociales
Teleco	= Telecomunicaciones
Conect	= Conectividad
NivEdu	= Nivel educativo

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l = Grado de participación de las variables

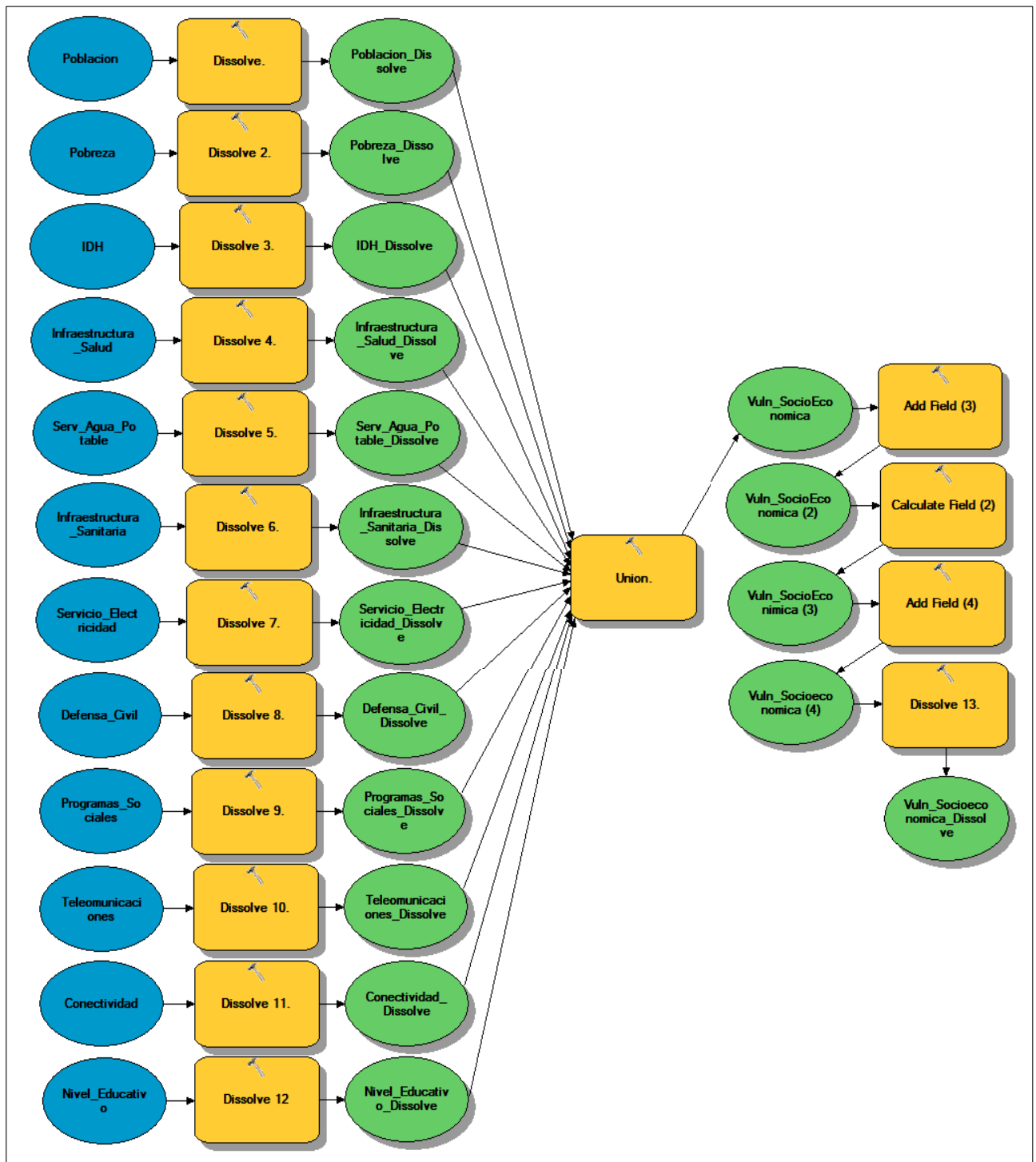


Figura 9: Modelo geoespacial de vulnerabilidad socioeconómica

Valoración de los indicadores

Se utilizó una escala de calificación de uno a tres, donde el valor de uno fue asignado a la situación del indicador que presente menor vulnerabilidad y tres a la situación más crítica del indicador. En los Cuadros 14 al 25, se presenta la valoración de las unidades de las variables de acuerdo a su indicador: población (índice poblacional), pobreza (%pobreza), Índice de Desarrollo Humano (rango de IDH), infraestructura de salud (tipo de servicio), servicio de agua potable (índice de servicio de agua potable), infraestructura sanitaria (índice de infraestructura sanitaria), servicio eléctrico (índice de servicio eléctrico), defensa civil (comité de defensa civil), programas sociales (total de programas sociales), conectividad (vías de comunicación) y nivel educativo (nivel de estudio).

Cuadro 14: Escala de valoración para la variable temática de población

Índice poblacional	Calificación (peso)
0.415 – 1	3
0.010 – 0.414	2
< 0.010	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 15: Escala de valoración para la variable temática de pobreza

% Pobreza	Calificación (peso)
> 37 %	3
28 – 36.99 %	2
19 – 27.99 %	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 16: Escala de valoración para la variable temática de Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Rango de IDH	Calificación (peso)
0.240 – 0.375	3
0.376 – 0.520	2
> 0.510	1

FUENTE: ANA y PNUD

Cuadro 17: Escala de valoración para la variable temática de infraestructura de salud

Tipo de servicio	Calificación (peso)
Posta de salud categoría I-1 y I-2	3
centro de salud categoría I-3 y I-4	2
Hospital categoría II-1 y II-2	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 18: Escala de valoración para la variable temática de servicio de agua potable

Índice de servicio de agua potable	Calificación (peso)
< 0.014	3
0.509 – 0.014	2
1 – 0.510	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 19: Escala de valoración para la variable temática de infraestructura sanitaria

Índice de infraestructura sanitaria	Calificación (peso)
< 0.014	3
0.509 – 0.014	2
1 – 0.510	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 20: Escala de valoración para la variable temática de servicio de electricidad

Índice de servicio de electricidad	Calificación (peso)
< 0.014	3
0.509 – 0.014	2
1 – 0.510	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 21: Escala de valoración para la variable temática de defensa civil

Comité defensa civil	Calificación (peso)
No capacitado	3
Capacitado	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 22: Escala de valoración para la variable temática de programas sociales

Total de programas sociales	Calificación (peso)
Menos de 60 programas	3
60 – 120 programas	2
Más de 120 programas	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 23: Escala de valoración para la variable temática de telecomunicaciones

Servicios de telecomunicación	Calificación (peso)
Menos de tres servicios	3
Con tres servicios	2
Más de tres servicios	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 24: Escala de valoración para la variable temática de conectividad

Vías de comunicación	Calificación (peso)
Cerca de carretera afirmada Trocha y camino comunican CCPP	3
Cerca de carretera Huaral-Acos Trocha y camino comunican CCPP	2
Cerca de Panamericana Norte Carretera asfaltada y sin asfaltar comunican CCPP	1

FUENTE: ANA e INEI

Cuadro 25: Escala de valoración para la variable temática de nivel educativo

Nivel de estudio	Calificación (peso)
Inicial, primaria y secundaria	3
Inicial, primaria, secundaria y técnico productivo o superior no universitario	2
Inicial, primaria, secundaria, alternativo, especial, técnico productivo y superior no universitaria	1

FUENTE: ANA e INEI

Grado de participación de las variables temáticas

En el modelo se asignó el grado de participación de cada una de las variables de acuerdo a su incidencia en el modelo socioeconómico, dando un mayor peso a las variables que tengan una mayor influencia sobre la vulnerabilidad; tomándose como referencia trabajos relacionados con el tema. En el Cuadro 26 se muestra el grado de participación de cada variable.

La población constituye un elemento importante en la vulnerabilidad, puesto que en torno a este giran todas las condiciones que generan un nivel de vulnerabilidad, por esto se le asignó un valor ponderativo de 10 por ciento.

La pobreza es el componente más importante de la vulnerabilidad, ya que hace más vulnerable a las personas que tienen menos recursos materiales para defenderse ante cualquier amenaza, por esta razón se la representó con un valor de 15 por ciento.

El IDH, por ser un indicador que informa sobre el nivel de desarrollo humano en función de tres parámetros: esperanza de vida, acceso a educación y nivel de ingresos; le correspondió un valor alto de 15 por ciento.

La infraestructura de salud involucra la atención de emergencias y la asistencia a la población damnificada, por tal motivo, se le asignó un valor de 10 por ciento.

La conectividad abarca todas las vías de comunicación que hay en la zona de estudio, tiene importancia en la vulnerabilidad por ser un factor decisivo al momento de la movilización de todo tipo de ayuda, en caso se presente un desastre, en tal sentido, se la representó con un valor de 15 por ciento.

Al resto de las variables les correspondió un valor de 5 por ciento, debido a que no tienen una incidencia significativa en la vulnerabilidad, sin embargo, contribuyen en el análisis del mismo.

Cuadro 26: Grado de participación de las variables socioeconómicas en la vulnerabilidad

Variables socioeconómicas	Grado de participación (%)
Población	10
Pobreza	15
Índice de Desarrollo Humano (IDH)	15
Infraestructura de salud	10
Servicio de agua potable	5
Infraestructura sanitaria	5
Servicio de electricidad	5
Defensa civil	5
Programas sociales	5
Telecomunicaciones	5
Conectividad	15
Nivel educativo	5

- **Modelo geoespacial de conflicto de uso (MCU)**

Para determinar el modelo de conflicto de uso se consideró el potencial natural de las tierras, que es la capacidad de uso mayor, y la situación actual como se viene utilizando, que es representado por la información temática de la cobertura vegetal y uso actual de la tierra (Figura 10), cuyo resultado permitió identificar las zonas de uso conforme, sobre uso y sub uso.

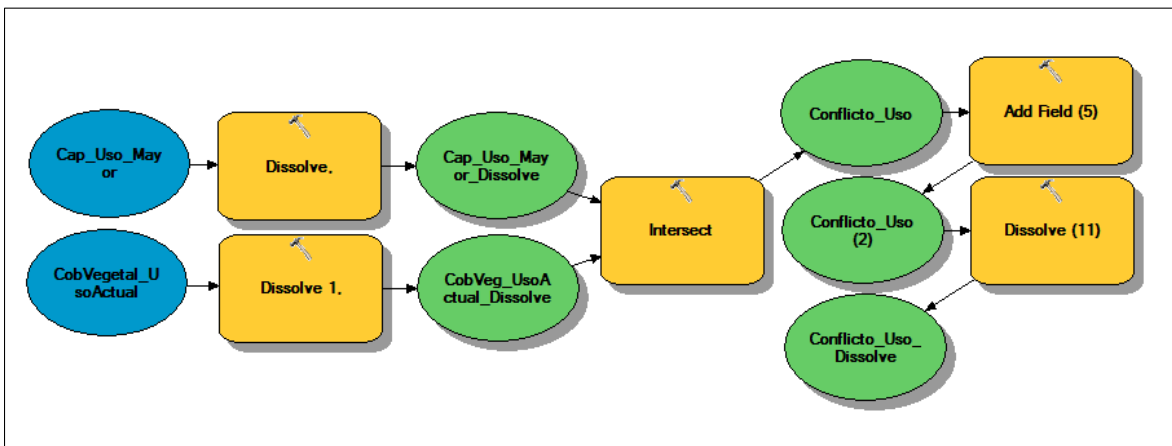


Figura 10: Modelo geoespacial de conflicto de uso

- **Modelo geoespacial de la vulnerabilidad global (MVG)**

El objetivo de generar el modelo global de vulnerabilidad en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral es el determinar las zonas críticas de vulnerabilidad, para ello se integró el modelo de: vulnerabilidad física, vulnerabilidad biótica, vulnerabilidad socioeconómica y conflicto de uso; a través del modelamiento geoespacial que permitió determinar el grado de vulnerabilidad teniendo en cuenta las condiciones y situaciones físicas, bióticas socioeconómicas y conflicto de uso, el esquema se presenta en la Figura 11 y la expresión del modelo en la ecuación 4.

$$\text{MVG} = a * \text{MVF} + b * \text{MVB} + c * \text{MVSE} + d * \text{MCU} \quad (4)$$

Donde:

- MVG = Modelo de vulnerabilidad global
- MVF = Sub Modelo de vulnerabilidad física
- MVB = Sub Modelo de vulnerabilidad biótica
- MVSE = Sub Modelo de vulnerabilidad socioeconómica
- MCU = Sub Modelo de conflicto de uso
- a, b y c = Grado de participación de los sub modelos

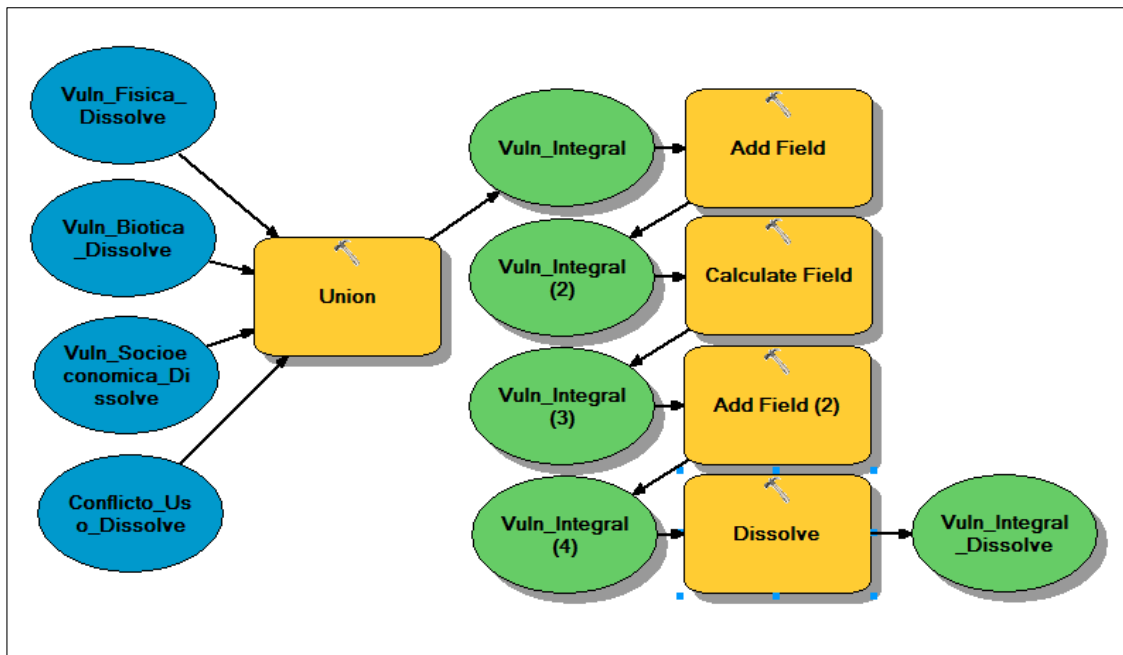


Figura 11: Modelo geoespacial de vulnerabilidad global

Grado de participación

Para generar el modelo de vulnerabilidad global (ecuación 4) se le asignó la participación de los sub modelos físico, biótico, socioeconómico y conflicto de uso de acuerdo a su incidencia sobre la vulnerabilidad en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral, teniendo en cuenta trabajos realizados en España, México, Costa Rica y juicio de expertos. En el Cuadro 26 se muestran los grados de participación de los sub modelos.

Modelo de vulnerabilidad física, se le asignó un valor de 50 por ciento de participación, por tener una mayor incidencia en la vulnerabilidad y representar las características físicas de los diferentes espacios del territorio.

Modelo socioeconómico, le correspondió el valor de 20 por ciento, ya que permite describir las condiciones socioeconómicas de la población que hacen que sean susceptibles a sufrir mayores daños o pérdidas de bienes materiales y vidas humanas.

Modelo de conflicto de uso, también se la representó con un valor de 20 por ciento, por permitir identificar las áreas donde el uso actual de la tierra no está acorde a su vocación. Finalmente, al modelo biótico se le asignó un 10 por ciento por no tener una menor incidencia dado que se consideró, sólo las actividades principales de la población, que es la agricultura y la ganadería.

Cuadro 27: Grado de participación de los sub modelos geospaciales

Sub modelo geoespacial	Grado de participación (%)
Vulnerabilidad física	50
Vulnerabilidad biótica	10
Vulnerabilidad socioeconómica	20
Conflicto de uso	20

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

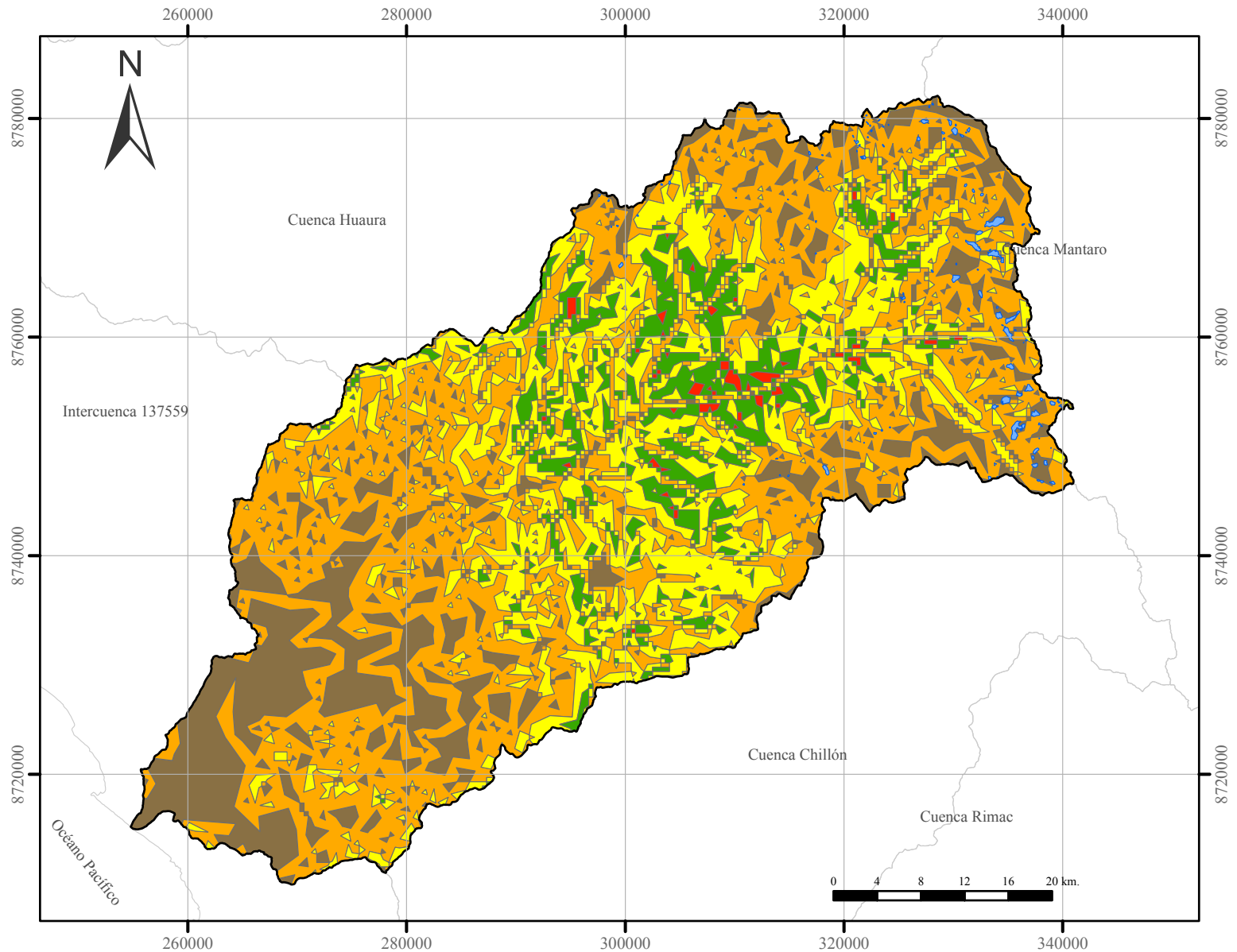
4.1. INFORMACIÓN TEMÁTICA GENERADA PARA EL MODELO DE VULNERABILIDAD FÍSICA

4.1.1. Variable temática de pendiente

Para esta variable temática se clasificó en rangos que van desde cero hasta mayor de 70 por ciento (Cuadro 28 y Figura 12). Resultando mayores a 70 por ciento, como extremadamente empinadas; entre 50 – 70 por ciento, muy empinadas; 30 – 50 por ciento, empinada; 10 – 30 por ciento, moderadamente empinadas; y por último, de 0 – 10 por ciento, plana a inclinada. Así mismo, se le asignó los pesos de acuerdo a su incidencia a la vulnerabilidad, desde plana a inclinada igual a 2 hasta extremadamente empinada igual a 10.

Cuadro 28: Calificación de la variable temática de pendiente

Nº	Rango de pendientes	Descripción	Calificación (peso)	Área (ha)
1	> 70%	Extremadamente empinada	10	1,695
2	50 – 70%	Muy empinada	9	25,909
3	30 – 50%	Empinada	8	76,216
4	10 – 30%	Moderadamente empinada	6	143,975
5	0 – 10%	Plana a inclinada	2	58,468



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
 Cuerpos de agua

N°	Rango de pendientes	Área (ha)	Área (%)	
1		> 70	1,695	1
2		50 - 70	25,909	9
3		30 - 50	76,216	25
4		10 - 30	143,975	47
5		0 - 10	58,468	19

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **PENDIENTES**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 12: Mapa de pendientes

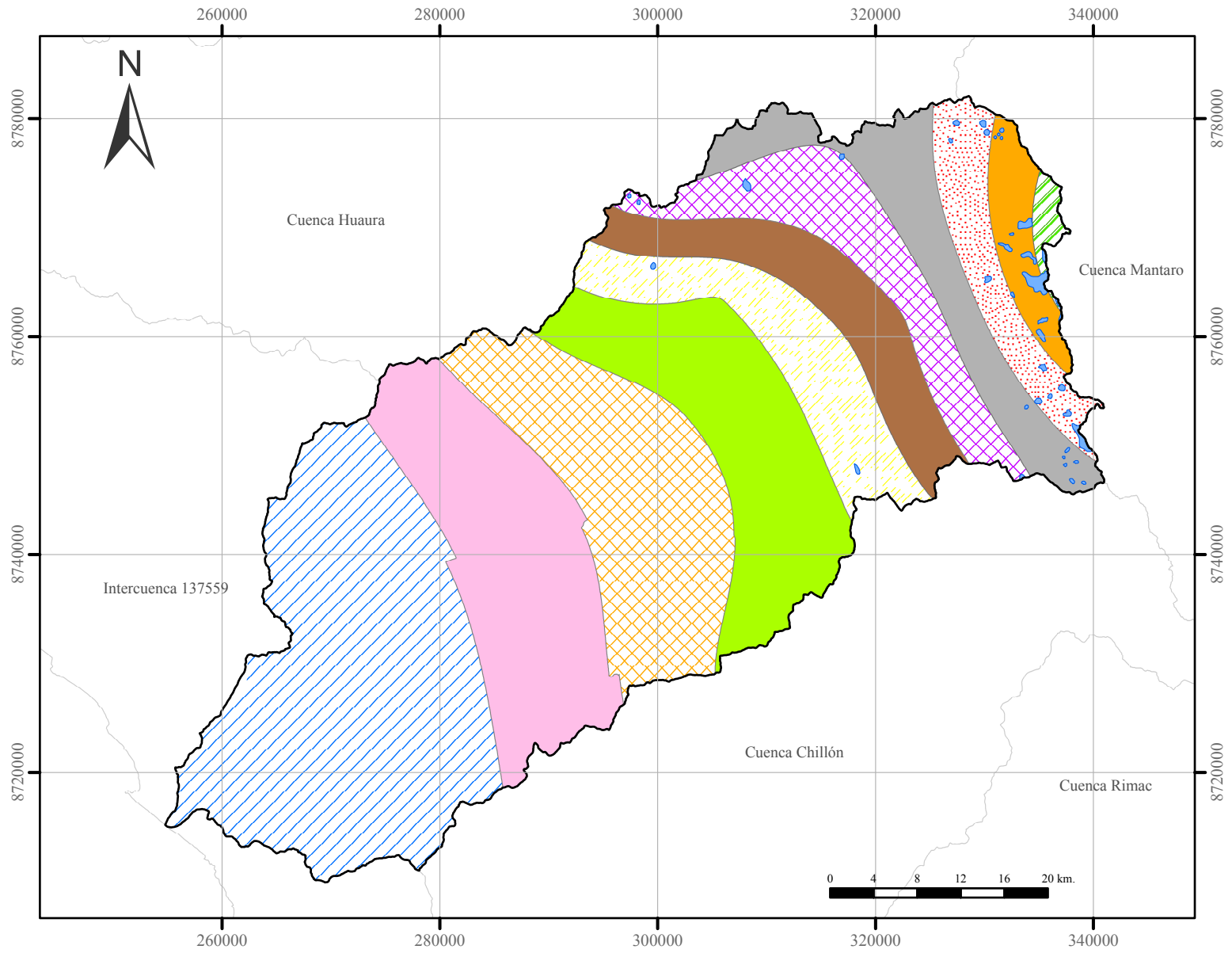
FUENTE: IGN y MINEDU

4.1.2. Variable temática de precipitación

Se clasificó según la distribución del rango de valores máximos mensuales de precipitación, que van desde cero hasta mayor a 1000 mm, con intervalos de 100 mm, tal como se presenta en el Cuadro 29 y Figura 13. En función a la incidencia de la precipitación sobre la vulnerabilidad se le asignó pesos desde 0-100 mm, igual a uno, hasta > 1000 mm, igual a 10

Cuadro 29: Calificación de la variable temática de precipitación

Nº	Rango de precipitación	Calificación (peso)	Área (ha)
1	> 1000 mm	10	1,934
2	900 – 1000 mm	9	7,794
3	800 – 900 mm	8	13,367
4	700 – 800 mm	8	21,357
5	600 – 700 mm	8	21,705
6	500 – 600 mm	5	19,583
7	400 – 500 mm	5	21,727
8	300 – 400 mm	3	36,862
9	200 – 300 mm	3	42,279
10	100 – 200 mm	2	42,980
11	0 – 100 mm	1	76,465



LEYENDA

Limite unidad hidrografica Chancay-Huaral
 Cuerpos de Agua

Nº	Rango de precipitación	Área (ha)	Área (%)
1	> 1000	1,934	1
2	900 - 1000	7,794	3
3	800 - 900	13,367	4
4	700 - 800	21,357	7
5	600 - 700	21,705	7
6	500 - 600	19,583	6
7	400 - 500	21,727	7
8	300 - 400	36,862	12
9	200 - 300	42,279	14
10	100 - 200	42,980	14
11	0 - 100	76,465	25

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **PRECIPITACIÓN**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 13: Mapa de precipitación

FUENTE: ANA y SENAMHI

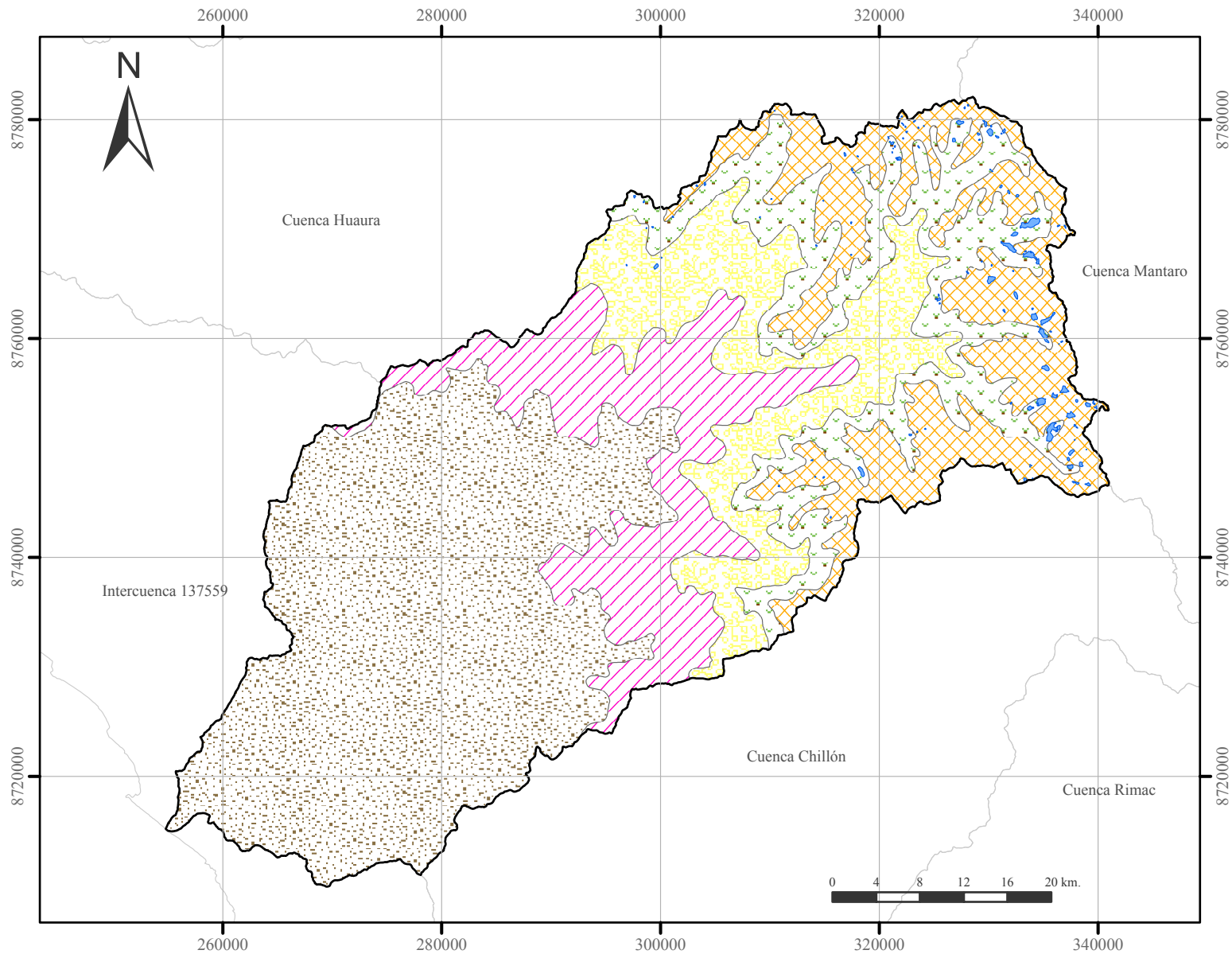
4.1.3. Variable temática de clima

Con la información disponible de las instituciones y la visita a la zona de trabajo se identificaron cinco tipos de clima, tal como se presenta en el Cuadro 30 y Figura 14.

Considerando el grado de incidencia a la vulnerabilidad física, se le asignó una mayor calificación (peso) a los climas pluvial y gélido, y muy húmedo y frígido, siendo igual a nueve, que tienen una formación ecológica de tundra pluvial alpino y páramo sub-alpino respectivamente; de esta manera se calificó los diferentes climas hasta el menor peso asignado al clima per-Árido y semi-cálido igual a dos, con una formación ecológica de desierto sub-tropical.

Cuadro 30: Calificación de la variable temática de clima

Nº	Tipos de clima	Formación ecológica	Calificación (peso)	Área(ha)
1	Clima pluvial y gélido	Tundra pluvial alpino	9	49,464
2	Clima muy húmedo y frígido	Páramo sub-alpino	9	41,307
3	Clima subhúmedo y frío	Estepa montano	7	43,600
4	Clima semi-Árido y templado	Maleza desértica montano bajo	5	44,845
5	Clima per-Árido y semi-cálido	Maleza desértica sub-tropical	3	26,711
6	Clima per-Árido y semi-cálido	Desierto sub-tropical	2	100,335



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
 Cuerpos de agua

Nº	Tipos de clima	Área (ha)	Área (%)
1	 Clima Pluvial y Gélido	49,464	16
2	 Clima Muy Húmedo y Frígido	41,307	13
3	 Clima Sub-Húmedo y Frío	43,600	14
4	 Clima Semi-Árido y Templado	44,845	15
5	 Clima Per-Árido y Semi-cálido	127,046	42

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **CLIMÁTICO**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 14: Mapa climático

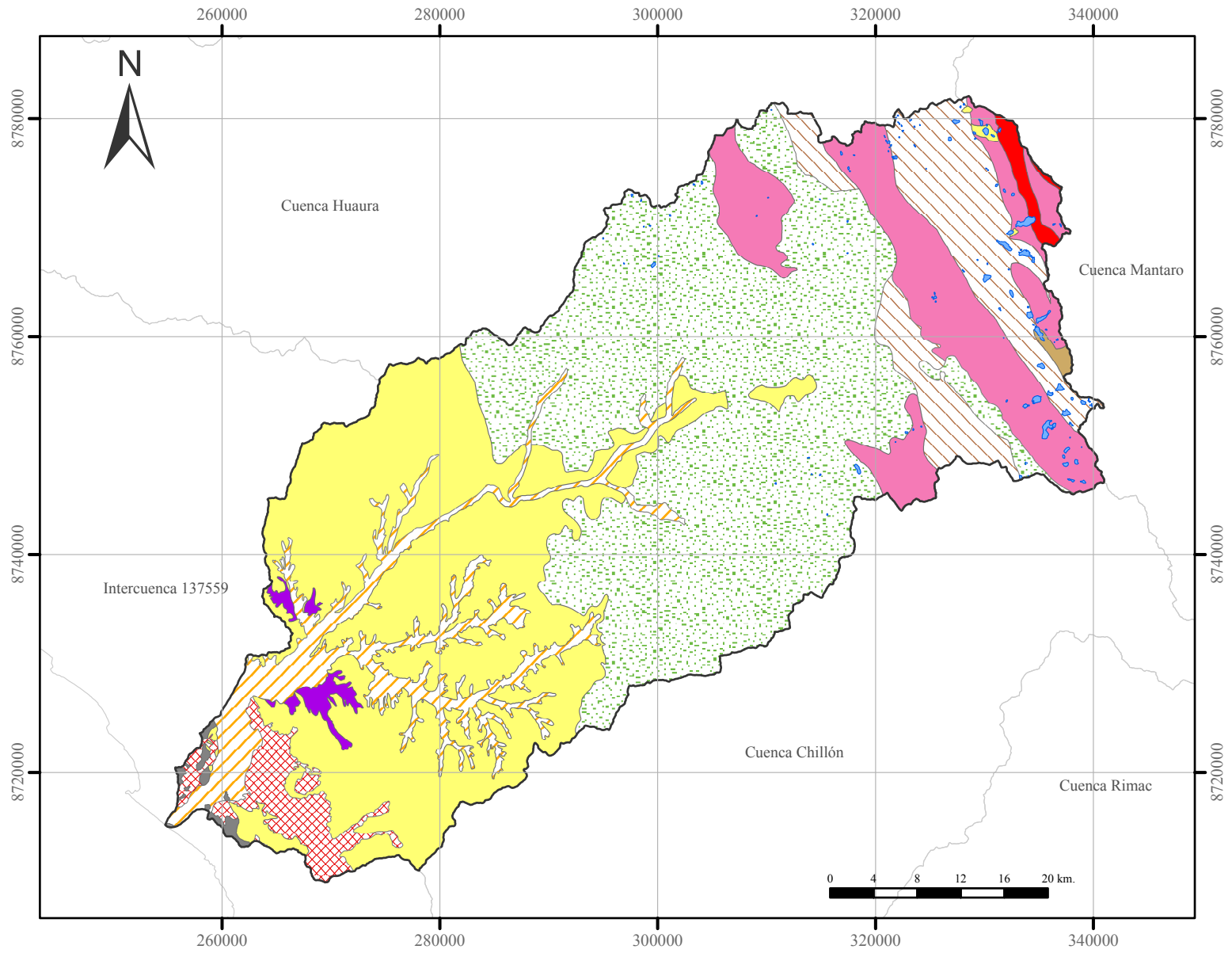
FUENTE: ANA

4.1.4. Variable temática de geología

Se clasificó la geología de la zona de estudio en función a la era, periodo y descripción de las unidades geológicas, tal como se presenta en el Cuadro 31 y Figura 15. Teniendo en cuenta la incidencia de estas características en la vulnerabilidad física del territorio, se le asignó los pesos de uno a 10. Siendo los depósitos fluviales y eólicos correspondiente a la era cenozoica y periodo cuaternario, igual a 10. Los valores menores correspondieron al batolito andino, igual a uno, y a la formación puente piedra, igual a dos, que pertenecen a la era mesozoica y periodo cretáceo terciario y jurásico superior respectivamente; por ser material resistente a la erosión.

Cuadro 31: Calificación de la variable temática de geología

Nº	Era	Periodo	Unidades geológicas	Calificación (peso)	Área (ha)
1	Cenozoico	Cuaternario	Depósitos Fluviales	10	22,337
2	Cenozoico	Cuaternario	Depósitos Eólicos	10	8,376
3	Cenozoico	Cuaternario	Depósitos Alternos	9	2,083
4	Cenozoico	Cuaternario	Depósitos Marinos	9	17
5	Cenozoico	Terciario	Capas Rojas	7	1,868
6	Cenozoico	Terciario	Serie Abigarrada	7	605
7	Cenozoico	Terciario	Serie Volcánica Superior	7	121,239
8	Mesozoico	Cretáceo medio superior	Formación Machay	6	33,315
9	Mesozoico	Cretáceo inferior	Formación Goyllarisquizga	4	26,731
10	Mesozoico	Jurásico superior cretáceo	Formación Puente Piedra	2	892
11	Mesozoico	Cretáceo terciario	Batolito Andino	1	88,799



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
 Cuerpos de agua

N°	Unidades geológicas	Área (ha)	Área (%)
1	 Depósitos Fluviales	22,337	7.3
2	 Depósitos Eólicos	8,376	2.7
3	 Depósitos Alternos	2,083	0.7
4	 Depósitos Marinos	17	0.01
5	 Capas Rojas	1,868	0.6
6	 Serie Abigarrada	605	0.2
7	 Serie Volcánica Superior	121,239	39.6
8	 Formación Machay	33,315	10.9
9	 Formación Goyllarisquizga	26,731	8.7
10	 Formación Puente Piedra	892	0.3
11	 Batolito Andino	88,799	29

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **GEOLÓGICO**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 15: Mapa geológico
FUENTE: ANA e INGEMMET

4.1.5. Variable temática de fisiografía

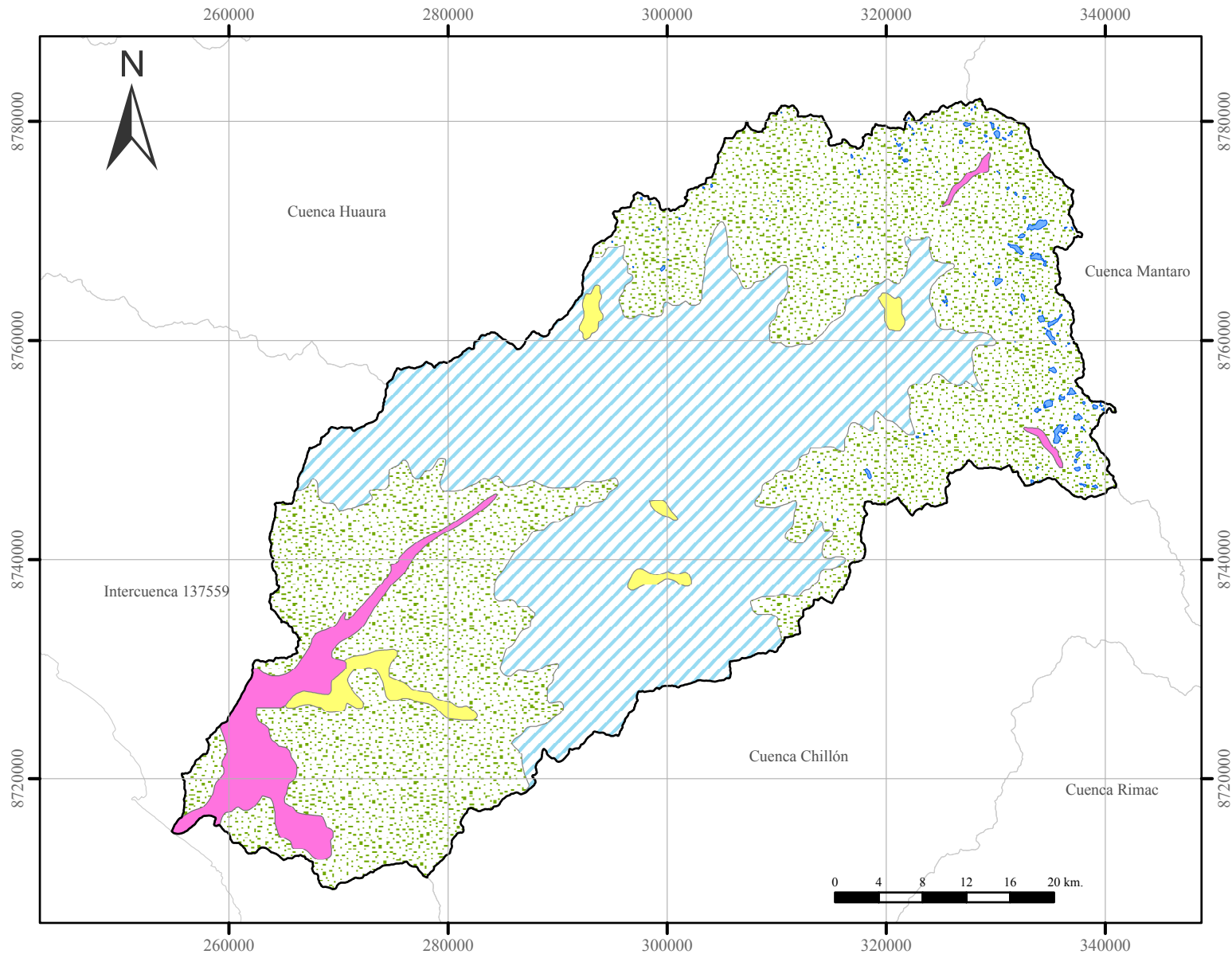
Considerando las características del territorio de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral, se clasificó de acuerdo a su forma de relieve (Cuadro 32 y Figura 16). De acuerdo a su incidencia a la vulnerabilidad física, se le calificó y se le asignó pesos a cada una de las unidades fisiográficas de uno a 10. Correspondiendo a las montañas 10 y a las planicies uno.

Cuadro 32: Calificación de la variable temática de fisiografía

Nº	Unidades fisiográficas	Calificación (peso)	Área (ha)
1	Montaña	10	123,936
2	Colina	8	164,690
3	Planicie Ondulada a Disectada	4	4,986
4	Planicie	1	12,650

4.1.6. Variable temática de suelo

En base a la información de las instituciones y la inspección in situ en la zona de estudio, se identificaron siete grandes grupos de suelo, tal como se muestra en el Cuadro 33 y Figura 17. Considerando sus características, se le asignaron, pesos de acuerdo a sus condiciones a la vulnerabilidad física, siendo los más vulnerables con el peso de nueve, que corresponden a los suelos aluviales y regosoles, hasta el que ofrece una mayor resistencia a la erosión como los lítico, litosol desértico y regosol desértico que se le asignó el valor de dos.



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
 Cuerpos de agua

N°	Unidades fisiográficas	Área (ha)	Área (%)
1	Montaña	123,936	40
2	Colina	164,690	54
3	Planicie Ondulada a Disectada	4,986	2
4	Planicie	12,650	4

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **FISIOGRÁFICO**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 16: Mapa fisiográfico

FUENTE: ANA e INGEMMET

Cuadro 33: Calificación de la variable temática de suelo

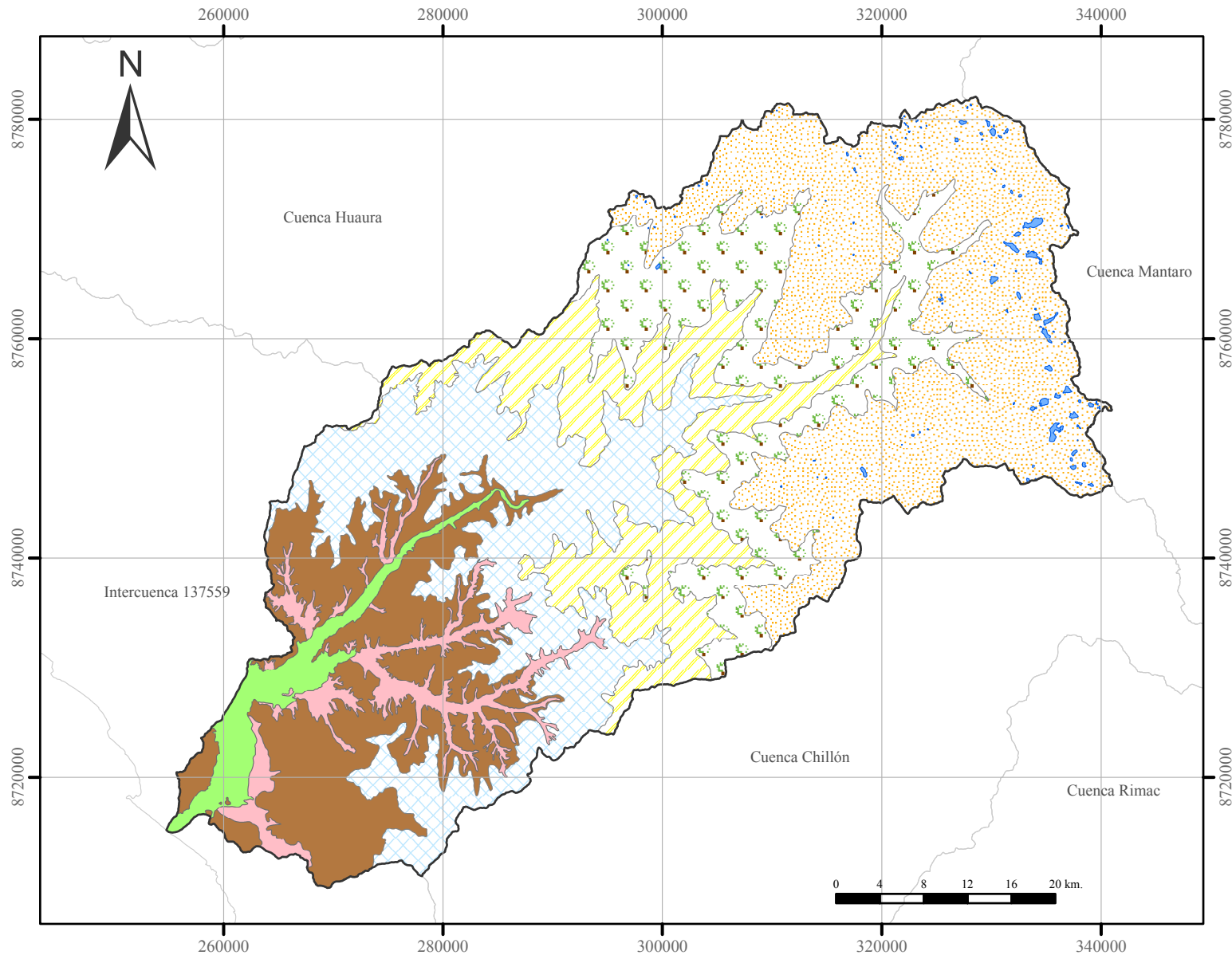
N°	Grandes grupos	Calificación (peso)	Área (ha)
1	Suelos Aluviales y Regosoles	9	8,861
2	Regosol Desértico y Aluvial Desértico	8	14,211
3	Litosol Andino y Suelos Castaños (Castaño Rojizo)	5	44,874
4	Lítico, Litosol Desértico, Suelos Pardos y Castaños	4	59,895
5	Lítico, Litosol Desértico y Suelos Pardos	4	41,033
6	Páramo Andino, Litosol Andino y Nival	4	90,368
7	Lítico, Litosol Desértico y Regosol Desértico (seco)	2	47,020

4.1.7. Variable temática de cobertura vegetal

Siendo la cobertura vegetal, un factor importante en la vulnerabilidad física, se generó el mapa de acuerdo a la información proporcionada por el Programa de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos, que se presenta en el Cuadro 34 y la Figura 18. Considerando la densidad y tipo de vegetación que cumplen la función de protección del suelo a agentes erosivos, se le asignó pesos de uno a 10, siendo las Tierras altoandinas sin vegetación, igual a 10, y los matorrales, igual a tres.

Cuadro 34: Calificación de la variable temática de cobertura vegetal

N°	Unidad de cobertura vegetal	Calificación (peso)	Área (ha)
1	Tierras altoandinas sin vegetación	10	14,264
2	Planicies costeras y estribaciones andinas, sin vegetación	10	114,604
3	Cultivos agropecuarios	6	11,065
4	Pajonal / Césped de puna	5	31,991
5	Césped de puna	5	46,312
6	Bofedal	5	1,275
7	Matorrales	3	86,748



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
 Cuerpos de agua

N°	Grandes grupos	Área (ha)	Área (%)
1	 Suelos Aluviales y Regosoles	22,337	7.3
2	 Regosol Desértico y Aluvial Desértico	8,376	2.7
3	 Regosol Desértico y Aluvial Desértico	2,083	0.7
4	 Litosol Andino y Suelos Castaños	17	0.01
5	 Litosol Andino y Suelos Castaños	1,868	0.6
6	 Lítico, Litosol Desértico, Suelos Pardos y Castaños	605	0.2
7	 Lítico, Litosol Desértico y Suelos Pardos	121,239	39.6
8	 Lítico, Litosol Desértico y Suelos Pardos	33,315	10.9
9	 Páramo Andino, Litosol Andino y Nival	26,731	8.7
10	 Páramo Andino, Litosol Andino y Nival	892	0.3
11	 Lítico, Litosol Desértico y Regosol Desértico	88,799	29

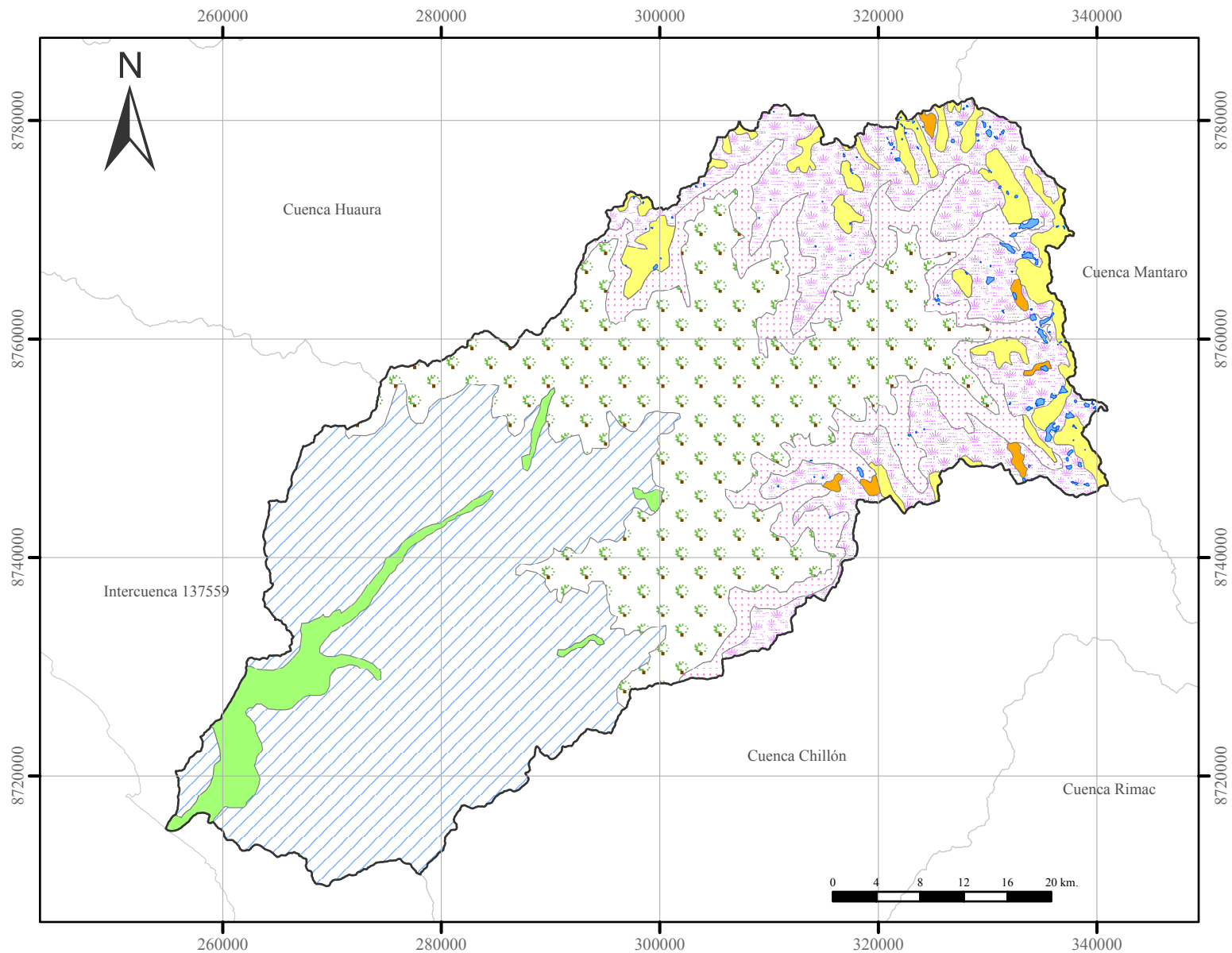
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **SUELOS**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 17: Mapa de suelos

FUENTE: ANA



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaura
 Cuerpos de agua

Nº	Unidad de cobertura vegetal	Área (ha)	Área (%)
1	Tierras altoandinas sin vegetación	14,264	4,7
2	Planicies costeras y estribacones andinas, sin vegetación	114,604	37,4
3	Cultivos agropecuarios	11,065	3,6
4	Pajonal / Césped de puna	31,991	10,4
5	Césped de puna	46,312	15,1
6	Bofedal	1,275	0,4
7	Matorrales	86,748	28,3

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **COBERTURA VEGETAL**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 18: Mapa de cobertura vegetal

FUENTE: ANA

4.1.8. Modelo geoespacial de vulnerabilidad física

El modelo de vulnerabilidad física (MVF) nos permite representar y ubicar geoespacialmente el grado de vulnerabilidad de los diferentes espacios en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral. Dicho modelo fue generado utilizando las variables: pendiente (Pend), precipitación (Pp), clima (Cli), geología (Geol), fisiografía (Fisio), suelos (Suel) y cobertura vegetal (Cv); en la que se realizó la calificación de las unidades en cada una de las variables y se le asignó el grado de participación de cada variable en el modelo de vulnerabilidad, cuya ecuación se presenta:

$$\text{MVF} = 0.20 * \text{Pend} + 0.20 * \text{Pp} + 0.15 * \text{Clim} + 0.10 * \text{Geol} + 0.15 * \text{Fisio} + 0.10 * \text{Suel} + 0.10 * \text{Cv} \quad (5)$$

En los resultados se puede observar (Cuadro 35 y Figura 19) que existen zonas de vulnerabilidad alta (31,756 ha), cuyas características principales son pendientes altas, precipitaciones fuertes y escasa cobertura vegetal, en los pisos ecológicos Suni, Puna y Janca, encontrándose los centros poblados:

Vichaycocha, Cauquis, Acerca, Santa Rosa, Lulucha, Ayshacancha Chico, Pucayacu, Huanchay, Huanin y Huatuncachi, correspondiente al distrito de Pacaraos; Quiman, Champahuasi, Pullau, Ticlayan, Shulcapogo, Chilcao y Puru Tama, distrito de Veintisiete de Noviembre; Chuchura Baños y Santander, distrito de Santa Cruz de Andamarca; Contadera, Chichingara, Shulucancha, San Pedro de Huarocuin, Baños 4 y Baños, distrito de Atavillos Altos; y Minapata, Yanacorral, Guarancayoc Chico e Hispac en el distrito de Santa Leonor,

Cuadro 35: Nivel de vulnerabilidad física en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

Nivel de vulnerabilidad física	Área (ha)	Porcentaje (%)
Alta	31,756	10
Media	132,845	44
Baja	73,290	24
Muy baja	65,175	21
Estable	3,197	1

También, se presenta una vulnerabilidad media (132,845 ha), donde a pesar de presentar una mayor cubierta vegetal, puede verse afectado por las intensas precipitaciones y las altas pendientes, dando pie a riesgos por erosión, en la región Yunga, Quechua y Suni, donde se ubican los centros poblados:

Coto, Jacra, Chiuyuc Cushpapurina, Quilcapuna, y Huamantama, en el distrito de Veintisiete de Noviembre; Ravira, Viscas, Chulpa, Cachir, Curcuytama, Chunca y Jayco, distrito de Pacaraos; Collpa, Santa Catalina, Pampa Mayo, Callapa, Tingo, Shaly y Sango, distrito de Santa Cruz de Andamarca; Pirca, Pasac, Santiago de Chisque, y Santa Cruz de Cormo, distrito de Atavillos Alto; Huascoy, Acos, Parantama y San Juan de Uchucuanico, distrito de San Miguel de Acos; Pampas, Pallac, y Chaupis, distrito de Atavillos Bajo; y Rauma, Huandaro y Acol, en el distrito de Sumbilca.

Por último, se tiene zonas estables (3,197 ha), caracterizadas por presentar mejores condiciones físicas.

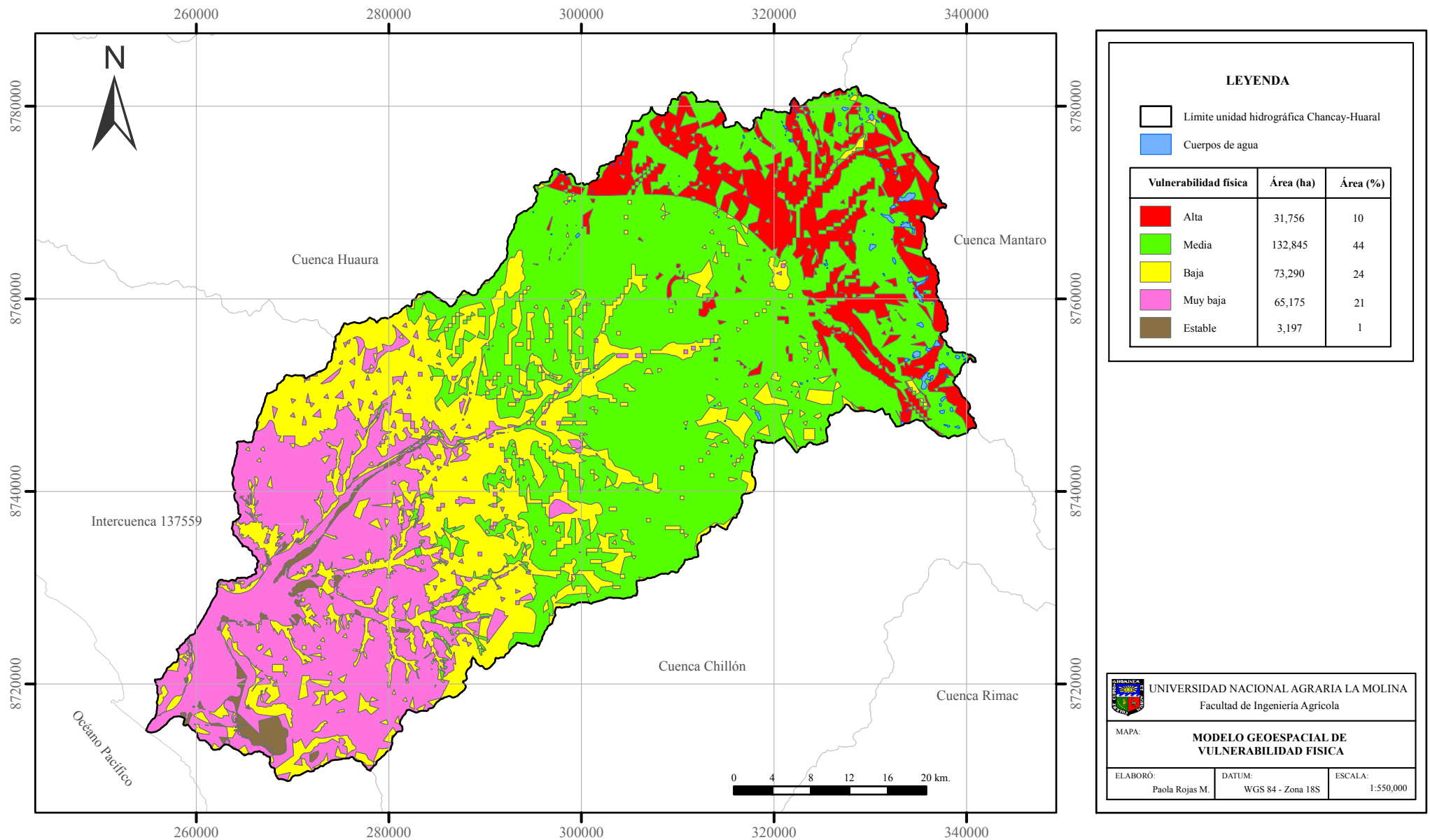


Figura 19: Mapa del modelo geoespacial de vulnerabilidad física en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

4.2. INFORMACIÓN TEMÁTICA GENERADA PARA EL MODELO DE VULNERABILIDAD BIÓTICA

4.2.1. Variable temática agrícola y pecuaria

Dentro del factor biótico que tiene incidencia a la vulnerabilidad en la zona de la unidad hidrográfica Chancay Huaral son principalmente las actividades agrícolas y pecuarias.

La actividad agrícola fue plasmada en forma espacial, teniendo como base la información proporcionada por la Municipalidad provincial de Huaral, región agraria y la autoridad local del Agua. En el Cuadro 36 y Figura 24 (Anexo) se presenta la superficie correspondiente a las áreas agrícolas, así mismo, se hizo una calificación de incidencia a la vulnerabilidad de acuerdo al área agrícola en cada distrito, por las labores que se desarrolla en el territorio, correspondiendo el valor más alto a Huaral y el más bajo a San Miguel de Acos.

Cuadro 36: Calificación de la variable temática agrícola

Distritos	Área agrícola (ha)	Calificación (peso)
Huaral	11,835	3
Aucallama	6,351	2
Chancay	4,537	2
Ihuarí	2,625	1
Atavillos Alto	1,387	1
Veintisiete de Noviembre	1,317	1
Atavillos bajo	1,032	1
Pacaraos	963	1
Sumbilca	847	1
Huamantanga	834	1
Santa Cruz de Andamarca	809	1
Lampian	685	1
San Miguel de Acos	458	1

La información geoespacial de la actividad pecuaria fue generada de la misma manera que la agrícola, información proporcionada por la Municipalidad provincial de Huaral, región agraria y la autoridad local del Agua. En el Cuadro 37 y la Figura 27 (Anexo) se presenta la producción pecuaria por distrito, teniendo en cuenta la incidencia de esta actividad sobre la vulnerabilidad como la pérdida del suelo que genera el sobrepastoreo, especialmente la crianza de caprinos, ovinos y vacunos, por ser muy agresivos con el suelo. Esta actividad nos permitió asignar pesos a cada distrito por la cantidad de animales, siendo el distrito de Atavillos Alto el que tiene un mayor peso y Huamantanga el menor peso.

Cuadro 37: Calificación de la variable temática pecuaria

Distritos	Producción pecuaria (Unidades)	Calificación (peso)
Atavillos Alto	16,530	3
Ihuarí	15,720	3
Huaral	14,955	3
Pacaraos	12,030	3
Sumbilca	9,500	2
Veintisiete de Noviembre	6,350	2
Atavillos Bajo	5,500	2
Santa Cruz de Andamarca	4,600	2
Lampian	2,800	2
Chancay	1,740	1
Aucallama	1,105	1
San Miguel de Acos	970	1
Huamantanga	642	1

4.2.2. Modelo geoespacial de vulnerabilidad biótica

El modelo de vulnerabilidad biótica (MVB) es la representación espacial de las unidades bióticas con mayor o menor incidencia de que la unidad hidrográfica sea vulnerable a sufrir daños y pérdidas ante un fenómeno natural. Dicho modelo fue generado utilizando las variables: agrícola (Agri) y pecuaria (Pecu), en las se realizó una previa calificación de sus

unidades y se consideró que cada variable posee el mismo nivel de influencia en la vulnerabilidad, cuya ecuación se presenta:

$$\text{MVB} = \text{Agri} + \text{Pecu} \quad (6)$$

En el Cuadro 38 y la Figura 20 se presentan los resultados de la vulnerabilidad biótica, donde se tiene:

Vulnerabilidad alta de 2,728 ha, cuyas características principales son la mayor actividad agrícola y pecuaria en el territorio, en la región chala y yunga, ubicado en el distrito de Huaral.

Vulnerabilidad media de 4,659 ha, donde se ubican los distritos de Ihuarí, Pacaraos y Atavillos Altos, en los que se tiene una alta actividad pecuaria pero baja actividad agrícola.

Vulnerabilidad baja de 11,922 ha, influenciado por una poca actividad agrícola o pecuaria.

Cuadro 38: Nivel de vulnerabilidad biótica en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

Nivel de vulnerabilidad biótica	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Alta	2,728	14
Media	4,659	24
Baja	11,922	62

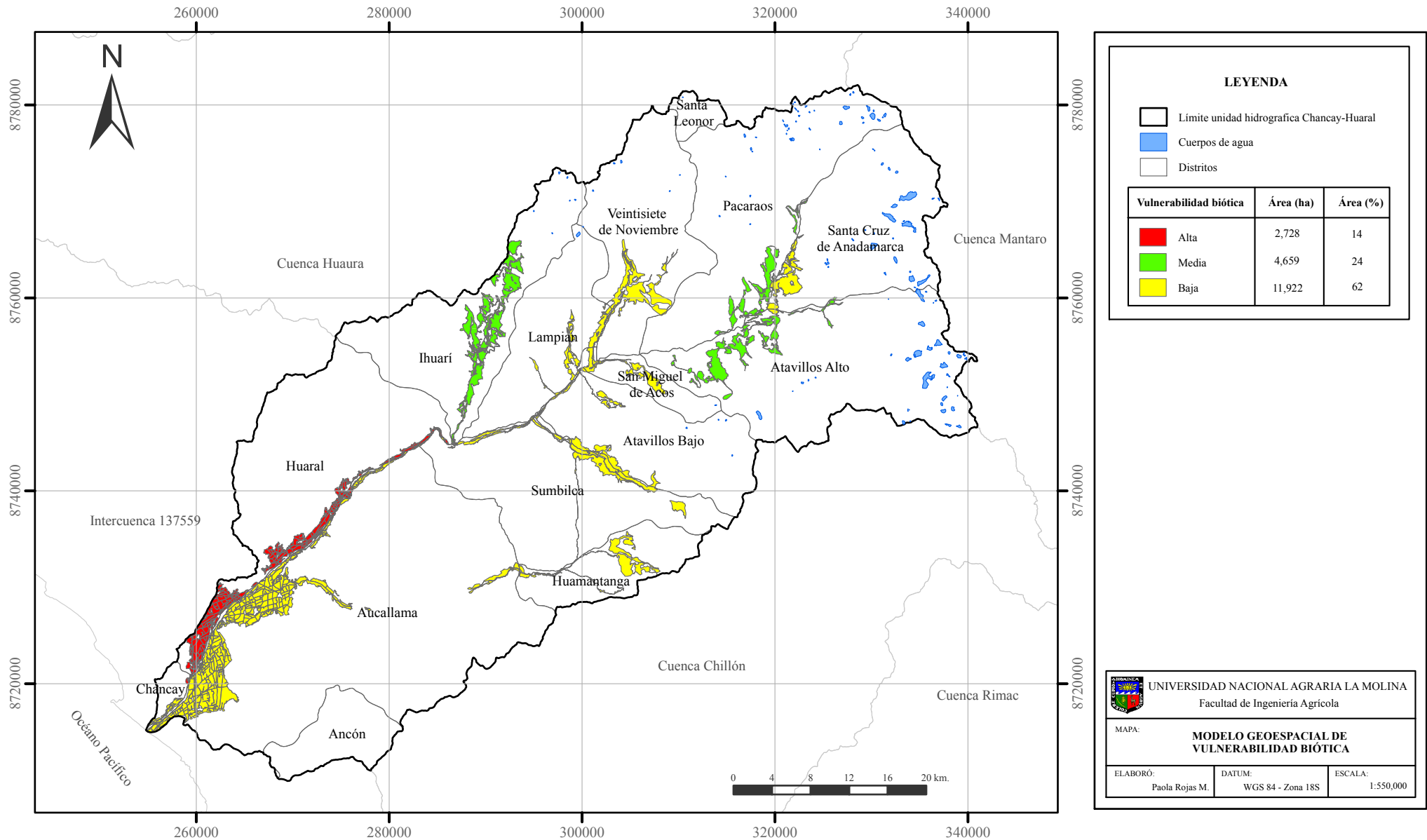


Figura 20: Mapa del modelo geoespacial de vulnerabilidad biótica de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

4.3. INFORMACIÓN TEMÁTICA GENERADA PARA EL MODELO DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA

Para la información socioeconómica las variables de población, pobreza, IDH, infraestructura de salud, servicio de agua potable, infraestructura sanitaria, servicio de electricidad, defensa civil, programas sociales, telecomunicaciones, conectividad e infraestructura educativa han sido obtenidos de la Municipalidad Provincial de Huaral, del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), los cuales han sido consolidados y compatibilizados, especializándose a nivel de distrito.

4.3.1. Variable temática de población

La población es una variable importante para el modelo socioeconómico, dado que la actividad antrópica es la que genera la dinámica de las diferentes intervenciones en el territorio, específicamente en nuestra unidad hidrográfica Chancay-Huaral; para valorar la incidencia de dichas actividades en el modelo se le asignó pesos de uno a tres, en base al índice poblacional, el cual se calculó al dividir el valor de densidad poblacional de cada distrito entre el valor del distrito con mayor densidad, como se presenta en el Cuadro 39 y la Figura 26 (Anexo). Siendo Chancay y Huaral los distritos con mayor índice poblacional, y Pacaraos con menor valor.

Cuadro 39: Calificación de la variable temática de población

Distritos	Población	Área (km ²)	Densidad poblacional	Índice poblacional	Calificación (peso)
Chancay	49,932	150.1	332.7	1.000	3
Huaral	88,558	640.8	138.2	0.415	3
Aucallama	16,195	716.8	22.6	0.068	2
San Miguel de Acos	754	48.2	15.6	0.047	2
Atavillos Bajo	1,374	164.9	8.3	0.025	2
Santa Cruz de Andamarca	1,219	216.9	5.6	0.017	2
Sumbilca	1,171	259.4	4.5	0.014	2
Ihuarí	990	221	4.5	0.013	2
Santa Leonor	1,521	375.5	4.1	0.012	2

Continuación

Distritos	Población	Área (km²)	Densidad poblacional	Índice poblacional	Calificación (peso)
Lampian	519	145	3.6	0.011	2
Atavillos Alto	976	347.7	2.8	0.008	1
Veintisiete de Noviembre	544	204.3	2.7	0.008	1
Huamantanga	1,265	487.9	2.6	0.008	1
Pacaraos	747	294	2.5	0.008	1

4.3.2. Variable temática de pobreza

La pobreza es una situación social y económica que se caracteriza por la carencia de satisfacción de las necesidades básicas. Considerando el porcentaje de pobreza por distrito, se le asignaron pesos, de acuerdo a sus condiciones a la vulnerabilidad, como se presenta en el Cuadro 40 y la Figura 27 (Anexo). Siendo el más vulnerable el distrito de Sumbilca con el valor de tres y el menos vulnerable Aucallama con valor de uno.

Cuadro 40: Calificación de la variable temática de pobreza

Distritos	%Pobreza	Calificación (peso)
Sumbilca	45.9	3
Huamantanga	41.3	3
Atavillos Alto	40.4	3
Pacaraos	39.2	3
Veintisiete de Noviembre	38.9	3
Ihuarí	37.3	3
Santa Cruz de Andamarca	35.0	2
Atavillos Bajo	32.8	2
Santa Leonor	32.4	2
Lampian	29.3	2
San Miguel de Acos	27.8	2
Chancay	22.6	1
Huaral	22.1	1
Aucallama	22.1	1

4.3.3. Variable temática de Índice de Desarrollo Humano (IDH)

El IDH mide el avance promedio de un país en tres dimensiones básicas de desarrollo: esperanza de vida, acceso a educación y nivel de ingresos, donde aquellos que estén cerca al valor de uno tienen mejores condiciones de vida. Para la generación del modelo socioeconómico se ha realizado una calificación de esta variable, considerando Ihuarí con el valor de tres y Huaral con el valor de uno, los cuales se presentan en el Cuadro 41 y la Figura 28 (Anexo).

Cuadro 41: Calificación de la variable temática de Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Distritos	IDH	Calificación (peso)
Ihuarí	0.240	3
Santa Leonor	0.271	3
Lampian	0.279	3
Huamantanga	0.308	3
Sumbilca	0.334	3
Veintisiete de Noviembre	0.350	3
Atavillos Bajo	0.395	2
Santa Cruz de Andamarca	0.418	2
San Miguel de Acos	0.456	2
Pacaraos	0.461	2
Atavillos Alto	0.509	2
Aucallama	0.520	1
Chancay	0.530	1
Huaral	0.539	1

4.3.4. Variable temática de infraestructura de salud

Los establecimientos de salud distribuidos en el territorio cumplen una labor esencial, en cuanto a la atención médica de los habitantes, especialmente en situaciones de emergencia ante fenómenos naturales. Para el modelo se calificó considerando el tipo de servicio de salud, según sus categorías, que cuenta cada distrito, como se muestra en el Cuadro 42 y la Figura 29 (Anexo). Correspondiéndole a Lampian el mayor peso, por contar con la menor infraestructura de salud, categoría I-1, que es puesto de salud; y a Huaral el menor peso, por contar, además de postas, con una mayor infraestructura como hospital.

Cuadro 42: Calificación de la variable temática de infraestructura de salud

Distritos	Tipo de servicio	Calificación (peso)
Lampian	I-1	3
Sumbilca	I-1	3
Veintisiete de Noviembre	I-1	3
Huamantanga	I-1	3
Santa Leonor	I-1	3
Atavillos Alto	I-1, I-2	2
Santa Cruz de Andamarca	I-1, I-2	2
Atavillos Bajo	I-1, I-2, I-3	2
Ihuarí	I-1, I-2, I-3	2
Pacaraos	I-1, I-2, I-3	2
San Miguel de Acos	I-1, I-3	2
Aucallama	I-2, I-3	2
Chancay	I-2, I-3, II-2	1
Huaral	I-1, I-2, I-3, II-2	1

4.3.5. Variable temática de servicio de agua potable

El servicio de agua potable es una variable que contribuye al grado de vulnerabilidad de una población, puesto que determina en gran medida la seguridad alimentaria y por ende la salud humana. Para el modelo se asignó pesos en base al índice de servicio de agua potable, que resultó de dividir el número de viviendas, de cada distrito, con acceso al servicio de agua potable entre el valor del distrito con mayor número viviendas que tienen acceso al servicio, se muestra en el Cuadro 43 y la Figura 30 (Anexo). Resultando, que Santa Leonor tiene menor acceso al servicio y Huaral mayor acceso.

Cuadro 43: Calificación de la variable temática de servicio de agua potable

Distritos	Viviendas con agua potable	Índice servicio de agua potable	Calificación (peso)
Santa Leonor	124	0.008	3
Lampian	161	0.011	3
Sumbilca	162	0.011	3
Veintisiete de Noviembre	192	0.013	3
San Miguel de Acos	197	0.013	3
Pacaraos	218	0.015	2
Santa Cruz de Andamarca	265	0.018	2
Atavillos Alto	277	0.019	2
Ihuarí	279	0.019	2
Huamantanga	313	0.021	2
Atavillos Bajo	403	0.027	2
Aucallama	1,294	0.087	2
Chancay	8,838	0.591	1
Huaral	14,952	1.000	1

4.3.6. Variable temática de infraestructura sanitaria

Esta variable, al igual que el agua potable, está relacionada con las condiciones de salud que prevalece en una población. Considerando el índice de infraestructura sanitaria, el cual se calculó al dividir el número de viviendas con acceso al servicio sanitario entre el valor del distrito con mayor viviendas, se calificó (pesos) tal como se muestra en el Cuadro 44 y la Figura 31 (Anexo). Teniendo menor índice el distrito de Sumbilca y el mayor valor lo tiene Huaral.

Cuadro 44: Calificación de la variable temática de infraestructura sanitaria

Distritos	Viviendas con servicio sanitario	Índice infraestructura sanitaria	Calificación (peso)
Sumbilca	13	0.001	3
Pacaraos	14	0.001	3
Ihuarí	23	0.002	3
Lampian	47	0.004	3
Atavillos Alto	60	0.005	3
Veintisiete de Noviembre	66	0.005	3
Santa Cruz de Andamarca	85	0.006	3
San Miguel de Acos	90	0.007	3
Huamantanga	104	0.008	3
Atavillos Bajo	120	0.009	3
Santa Leonor	144	0.011	3
Aucallama	360	0.027	2
Chancay	6,258	0.472	1
Huaral	13,250	1.000	1

4.3.7. Variable temática de servicio de electricidad

Contar con el servicio de electricidad permite a las poblaciones tener acceso a distintos medios de comunicación como: la radio, la televisión, entre otras; que permitan mantener informada a la población de la ocurrencia de un fenómeno natural. Se calificó (pesos) en base al índice de servicio de electricidad (división entre el número de viviendas con cobertura al servicio, de cada distrito, entre el valor del distrito con mayor número de viviendas que cuentan con el servicio), tal como se muestra en el Cuadro 45 y la Figura 32 (Anexo); siendo Ihuarí con el menor índice y Huaral con el mayor.

Cuadro 45: Calificación de la variable temática de servicio de electricidad

Distritos	Viviendas con electricidad	Índice servicio de electricidad	Calificación (peso)
Ihuarí	114	0.006	3
Veintisiete de Noviembre	144	0.008	3
Lampian	150	0.008	3
Atavillos Alto	157	0.009	3
San Miguel de Acos	193	0.011	3
Pacaraos	218	0.012	3
Sumbilca	297	0.016	2
Santa Cruz de Andamarca	301	0.017	2
Huamantanga	308	0.017	2
Santa Leonor	347	0.019	2
Atavillos Bajo	366	0.020	2
Aucallama	2,640	0.145	2
Chancay	10,258	0.563	1
Huaral	18,216	1.000	1

4.3.8. Variable temática de defensa civil

La variable de defensa civil se calificó (pesos) de acuerdo a la capacitación de los comités de defensa civil, grupos de personas representativas de una comunidad que desarrollan y ejecutan actividades de defensa civil en un determinado lugar, orientando las acciones a proteger la integridad física de la población ante los efectos de los fenómenos naturales. Esta variable se presenta en el Cuadro 46 y la Figura 33 (Anexo); siendo, el comité del distrito de Huamantanga no capacitado, y por el contrario el comité de Huaral es capacitado.

Cuadro 46: Calificación de la variable temática de defensa civil

Distritos	Comité de defensa civil	Calificación (peso)
Huaral	Capacitado	1
Chancay	Capacitado	1
Aucallama	Capacitado	1
Atavillos Bajo	Capacitado	1
Veintisiete de Noviembre	Capacitado	1
Lampian	Capacitado	1
Ihuarí	Capacitado	1
Atavillos Alto	No capacitado	3
San Miguel de Acos	No capacitado	3
Sumbilca	No capacitado	3
Pacaraos	No capacitado	3
Santa Cruz de Andamarca	No capacitado	3
Santa Leonor	No capacitado	3
Huamantanga	No capacitado	3

4.3.9. Variable temática de programas sociales

La presencia de programas sociales en el territorio indica la capacidad de presencia del estado en cuanto asistencia social a poblaciones vulnerables. En tal sentido, se asignó pesos teniendo en cuenta el total de programas sociales en cada distrito, tal como se muestra en el Cuadro 47 y la Figura 34 (Anexo), siendo Veintisiete de Noviembre con menor número de programas y Huaral con mayor número de estos.

Cuadro 47: Calificación de la variable temática de programas sociales

Distritos	Total de programas sociales	Calificación (peso)
Veintisiete de Noviembre	3	3
San Miguel de Acos	3	3
Huamantanga	4	3
Lampian	4	3
Santa Leonor	5	3
Atavillos Bajo	6	3
Pacaraos	8	3
Sumbilca	9	3
Atavillos Alto	10	3
Santa Cruz de Andamarca	10	3
Ihuarí	21	3
Aucallama	88	2
Chancay	145	1
Huaral	204	1

4.3.10. Variable temática de telecomunicaciones

Los servicios de telecomunicación es un factor crítico en la vulnerabilidad ya que la inhabilitación de este servicio trae como consecuencia un aislamiento social, causando demora en coordinaciones para acciones de respuesta, demora en ayuda para los damnificados, entre otras. Se calificó en base al número de servicios que cuenta cada distrito, los cuales se presentan en el Cuadro 48 y la Figura 35 (Anexo). Siendo el distrito de Ihuarí con dos servicios y Huaral con más de tres servicios.

Cuadro 48: Calificación de la variable temática de telecomunicaciones

Distritos	Servicio de telecomunicación	Calificación (peso)
Ihuarí	Con dos servicios	3
Lampian	Con dos servicios	3
Atavillos Alto	Con dos servicios	3
Atavillos Bajo	Con dos servicios	3
Santa Leonor	Con dos servicios	3
Huamantanga	Con dos servicios	3
Veintisiete de Noviembre	Con dos servicios	3
Santa Cruz de Andamarca	Con tres servicios	2
Pacaraos	Con tres servicios	2
Sumbilca	Con tres servicios	2
San Miguel de Acos	Con tres servicios	2
Aucallama	Más de tres servicios	1
Chancay	Más de tres servicios	1
Huaral	Más de tres servicios	1

4.3.11. Variable temática de conectividad

La conectividad es una variable importante, por la facilidad o dificultad que se tenga para llegar a una comunidad en caso de emergencia. En tal sentido, se asignó pesos a cada distrito de acuerdo a la accesibilidad de sus redes de comunicación, se presentan en el Cuadro 49 y la Figura 36 (Anexo). Resultando Atavillos alto con un peso de tres, por su baja conectividad, y Huaral con un peso de uno, por su alta conectividad.

Cuadro 49: Calificación de la variable temática de conectividad

Distritos	Red vial	Calificación (peso)
Atavillos Alto	Cerca carretera afirmada, trocha y camino comunican CCPP	3
Pacaraos	Cerca carretera afirmada, trocha y camino comunican CCPP	3
Veintisiete de Noviembre	Cerca carretera afirmada, trocha y camino comunican CCPP	3
Santa Cruz de Andamarca	Cerca carretera afirmada, trocha y camino comunican CCPP	3
Huamantanga	Cerca carretera afirmada, trocha y camino comunican CCPP	3
Santa Leonor	Cerca carretera afirmada, trocha y camino comunican CCPP	3
Ihuarí	Cerca carretera Huaral-Acos, trocha y camino comunican CCPP	2
Lampian	Cerca carretera Huaral-Acos, trocha y camino comunican CCPP	2
San Miguel de Acos	Cerca carretera Huaral-Acos, trocha y camino comunican CCPP	2
Atavillos Bajo	Cerca carretera Huaral-Acos, trocha y camino comunican CCPP	2
Sumbilca	Cerca carretera Huaral-Acos, trocha y camino comunican CCPP	2
Aucallama	Cerca de Panamericana Norte, carretera asfaltada y sin asfaltar comunica a la mayoría de CCPP	1
Chancay	Cerca de Panamericana Norte, carretera asfaltada y sin asfaltar comunica a la mayoría de CCPP	1
Huaral	Cerca de Panamericana Norte, carretera asfaltada y sin asfaltar comunica a la mayoría de CCPP	1

4.3.12. Variable temática de nivel educativo

Se asignó pesos considerando el nivel de estudio con la que cuenta cada distrito de la unidad hidrográfica, ya que una población con alto nivel de estudios, se encuentra en mayor capacidad para responder a una situación de peligro, por tener mayores herramientas de análisis y toma de decisiones, para contrarrestar la vulnerabilidad, Cuadro 50 y la Figura 37 (Anexo). Siendo Ihuarí el que tiene menor nivel educativo, y Huaral el de mayor nivel.

Cuadro 50: Calificación de la variable temática de nivel educativo

Distritos	Nivel de estudio	Calificación (peso)
Ihuarí	inicial, primaria, secundaria	3
Lampian	inicial, primaria, secundaria	3
San Miguel de Acos	inicial, primaria, secundaria	3
Atavillos Bajo	inicial, primaria, secundaria	3
Sumbilca	inicial, primaria, secundaria	3
Veintisiete de Noviembre	inicial, primaria, secundaria	3
Santa Cruz de Andamarca	inicial, primaria, secundaria	3
Huamantanga	inicial, primaria, secundaria	3
Santa Leonor	inicial, primaria, secundaria	3
Atavillos Alto	inicial, primaria, secundaria, técnico productiva	2
Pacaraos	inicial, primaria, secundaria, educación superior tecnológica	2
Aucallama	inicial, primaria, secundaria, técnico productiva	2
Chancay	inicial, primaria, secundaria, alternativo, especial, superior no universitario	1
Huaral	inicial, primaria, secundaria, alternativo, especial, superior no universitario, técnico productiva	1

4.3.13. Modelo geoespacial de vulnerabilidad socioeconómica

El modelo de vulnerabilidad socioeconómica (MSE) fue generado utilizando las variables: población (Pobla), pobreza, (Pobre), Índice de Desarrollo Humano (IDH), infraestructura de salud (InfSalud), servicio de agua potable (ServAguaPot), infraestructura sanitaria (InfSant), servicio eléctrico (ServElec), defensa civil (DefCiv), programas sociales (ProgSoc), telecomunicaciones (Telec) conectividad (Conect) y nivel educativo (NivEdu); en la que se realizó la calificación de las unidades en cada una de las variables y se le asignó el grado de participación de cada variable en el modelo de vulnerabilidad, cuya ecuación se presenta:

$$\begin{aligned} \text{MVSE} = & 0.10 * \text{Pobla} + 0.15 * \text{Pobre} + 0.15 * \text{IDH} + 0.10 * \text{InfSalud} + 0.05 * \\ & \text{ServAguaPot} + 0.05 * \text{InfSant} + 0.05 * \text{ServElec} + 0.05 * \text{DefCiv} + \quad (7) \\ & 0.05 * \text{ProgSoc} + 0.05 * \text{Telec} + 0.15 * \text{Conect} + 0.05 * \text{NivEdu} \end{aligned}$$

De los resultados (Cuadro 51 y Figura 21) se observa que existe:

Vulnerabilidad alta en los distritos de Ihuarí, Lampian, Sumbilca, Huamantanga, Veintisiete de Noviembre, Santa Leonor, Pacaraos y Atavillos Alto, ubicados en los pisos ecológicos yunga, quechua, suni, puna y anca; por presentar, altos niveles de pobreza, baja cobertura de los servicios de telecomunicación y electricidad, escaso acceso al servicio sanitario de red pública, centros educativos mal implementados y vías de acceso en el estado, que limitan las labores de rescate ante una emergencia; principalmente. Es decir que presentan una situación de baja prevención, respuesta y recuperación ante el desarrollo de un fenómeno.

Cuadro 51: Nivel de vulnerabilidad socioeconómica en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

Nivel de vulnerabilidad socioeconómica	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Alta	157,293	51
Media	44,018	14
Baja	97,959	32

También se tiene una vulnerabilidad media en la zona de Atavillos Bajo, San Miguel de Acos y Santa Cruz de Andamarca; influenciadas por los valores medios de la mayoría de los indicadores evaluados.

Por último, los distritos de Huaral, Chancay y Aucallama mantienen un grado de vulnerabilidad baja, es decir, que en estas zonas se tiene una probabilidad de superación socioeconómica buena ante la presencia de un fenómeno.

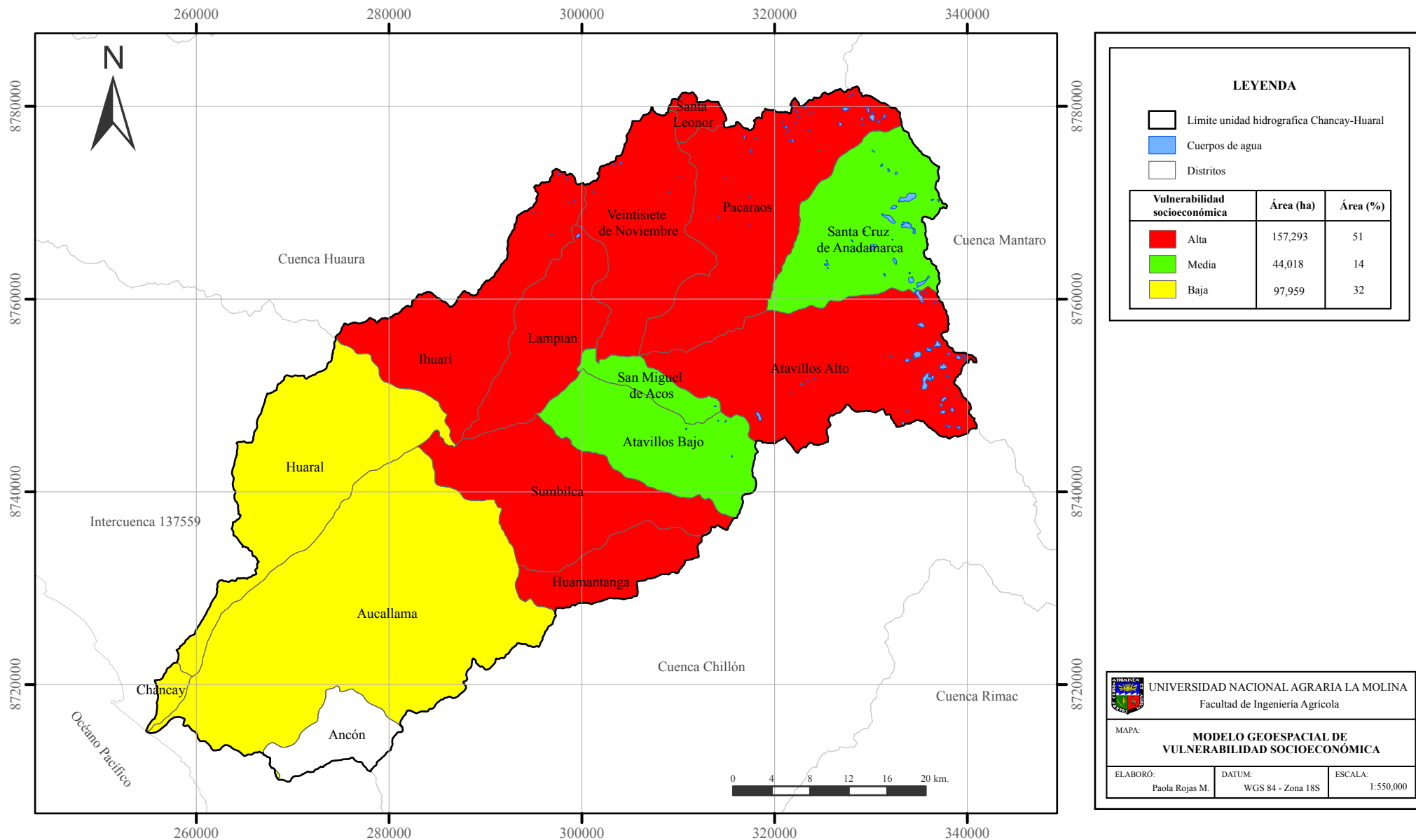


Figura 21: Mapa del modelo geoespacial de vulnerabilidad socioeconómica de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

4.4. MODELO DE CONFLICTO DE USO

El modelo de conflicto de uso se ha generado teniendo en cuenta la capacidad de uso mayor de las tierras, que es el potencial natural, y el uso actual de las tierras, cuyos resultados se presentan en los Cuadros 52 y 53 y en la Figura 22. Se puede observar en los resultados que la superficie de uso conforme es de alrededor de 70 por ciento y un sobre uso de aproximado del 10 por ciento.

Cuadro 52: Información temática de conflicto de uso

Capacidad de Uso Mayor	Cobertura vegetal y Uso Actual	Nivel de conformidad
Tierras aptas para cultivo en limpio	Planicies costeras y estribaciones andinas	Sub uso
	Cultivos agropecuarios	Uso conforme
	Planicies costeras y estribaciones andinas	Sub uso
	Planicies costeras y estribaciones andinas	Sub uso
Tierras aptas para pastos	Césped de puna	Uso conforme
	Matorrales	Sub uso
	Pajonal / Césped de puna	Uso conforme
	Tierras altoandinas sin vegetación	Sub uso
	Bofedal	Sub uso
	Césped de puna	Uso conforme
	Matorrales	Sub uso
	Pajonal / Césped de puna	Uso conforme
	Tierras altoandinas sin vegetación	Sub uso
	Césped de puna	Uso conforme
	Pajonal / Césped de puna	Uso conforme
	Pajonal / Césped de puna	Uso conforme
	Tierras altoandinas sin vegetación	Sub uso
	Tierras altoandinas sin vegetación	Sub uso
Tierras aptas para producción forestal	Cultivos agropecuarios	Sobre uso
	Matorrales	Uso conforme
	Pajonal / Césped de puna	Sobre uso
	Planicies costeras y estribaciones andinas	Sub uso

Continuación

Capacidad de Uso Mayor	Cobertura vegetal y Uso Actual	Nivel de conformidad
Tierras de protección	Bofedal	Uso conforme
	Césped de puna	Sobre uso
	Cultivos agropecuarios	Sobre uso
	Matorrales	Sobre uso
	Pajonal / Césped de puna	Sobre uso
	Planicies costeras y estribaciones andinas	Uso conforme
	Tierras altoandinas sin vegetación	Uso conforme

Se tiene zonas con: sobre uso (25,902 ha), por el desarrollo de cultivos agropecuarios sobre terrenos con aptitud forestal o de protección, y coberturas forestales en áreas destinadas a protección, esto incide en la degradación de los suelos; sub uso (69,320 ha), debido que en zonas de potencial agrícola no se desarrolla ninguna actividad agropecuaria; y uso conforme (211,041 ha), indicando que el uso actual es conforme la aptitud del suelo, como la presencia de cultivos agropecuarios en zonas con aptitud para cultivos en limpio, vegetación forestal en zonas aptas para producción forestal, y zonas de conservación y terrenos eriazos en áreas de protección.

Cuadro 53: Niveles de conflicto de uso en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

Nivel de conflicto de uso	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Sobre uso	25,902	8
Sub uso	69,320	23
Uso conforme	211,041	69

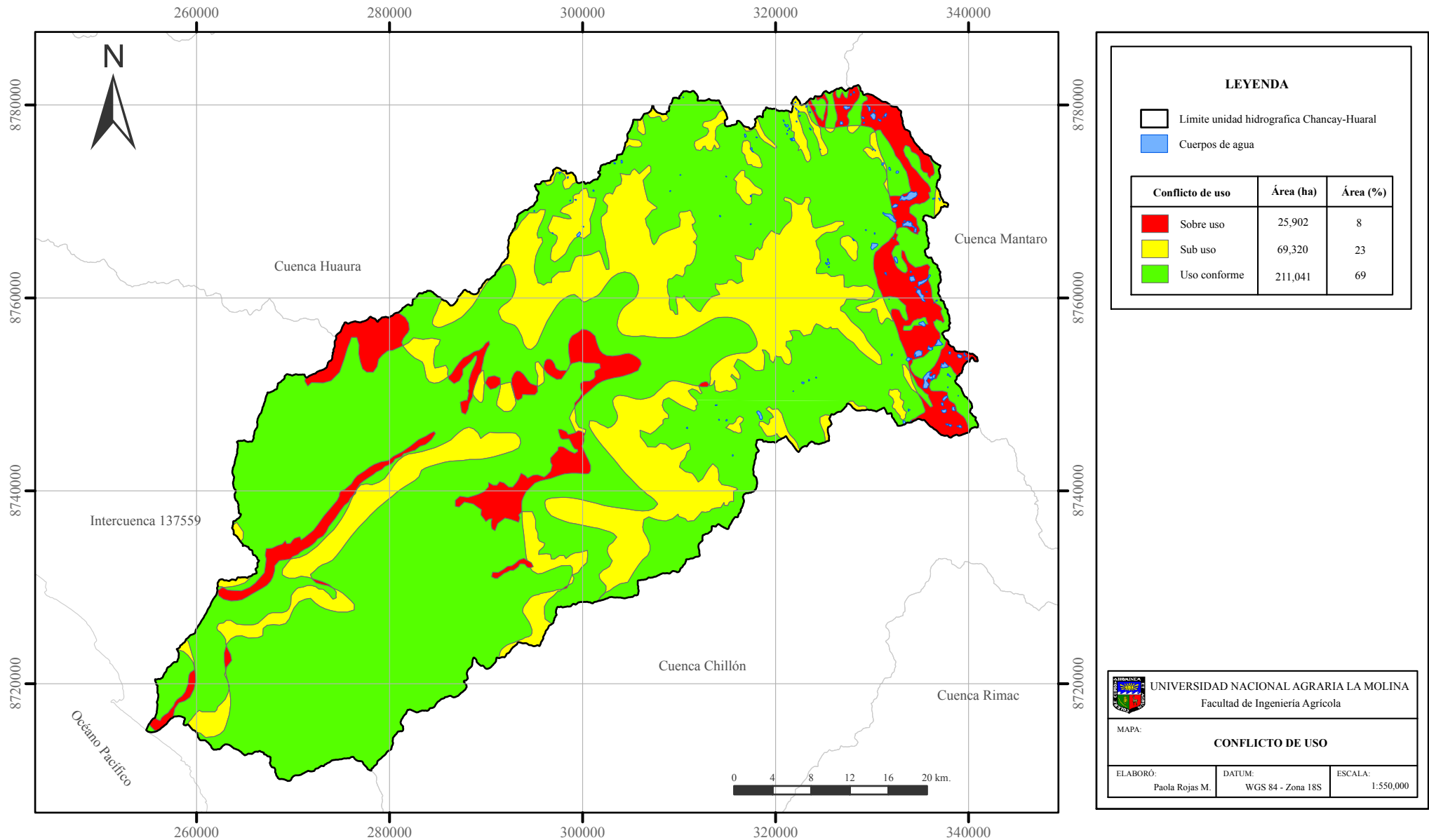


Figura 22: Mapa de conflicto de uso de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

4.5. VULNERABILIDAD GLOBAL

Con el fin de determinar un modelo de vulnerabilidad global (MVG) de las diferentes variables, se ha realizado la unión de los modelos de vulnerabilidad física (MVF), vulnerabilidad biótica (MVB), vulnerabilidad socioeconómica (MVSE) y conflicto de uso (MCU), con su calificación respectiva de las unidades que conforman cada uno de ellos y con el coeficiente de ajuste que representa el grado de participación de cada modelo de vulnerabilidad en el modelo integrado. La ecuación matemática se expresa:

$$\text{MVG} = 0.5 * \text{MVF} + 0.1 * \text{MVB} + 0.2 * \text{MVSE} + 0.2 * \text{MCU} \quad (8)$$

En el Cuadro 54 y Figura 23 se presentan los resultados de la vulnerabilidad global de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral, en la cual se tiene que existen zonas con vulnerabilidad alta (107,620 ha), debido a la interacción entre terrenos susceptibles a peligros físicos, como altas precipitaciones, pendientes moderadamente empinadas a muy empinadas, zonas montañosas y climas extremos; con condiciones sociales bajas, como altos niveles de pobreza, vías de acceso en mal estado, infraestructuras de salud y educación mal implementadas, entre otras; que les dificulta prevenir, responder y recuperarse ante situaciones de riesgo; y zonas en situaciones de conflicto de uso, principalmente en la parte alta; ubicados en la región yunga, quechua, suni, puna y janca. Encontrándose los centros poblados de:

Pullao, Cushpapurina, Huamantama, Quilcapuna, Jacra, Coto, Añaypampa, Puru Tama, Shulcapogo, Tielacayan, Quiman, Chupasancha, Chilcao, Champahuasi y Sacsarhuanca, distrito de Veintisiete de Noviembre.

Accopampa, Acobamba, Aguila, Pillucaca, Pachipampa, Hurallayoc, Jayco, Huanchay, Llulucha, Acerca, Hatuncachi, Japurpata, Cauquis, Ayshacancha Chico, Ayshacancha Grande, Chalhuacochoa, Huanin, Japurpata, Santa Rosa, Pucayacu, Cachir, Curcuytama, Chunca, Chulpa, Copa, Cocarhuasin, Ayar, Ruruy, Ccarapampa, Gulpanam, Mayo, Viscas, Ravira y Vichaycocha, distrito de Pacaraos.

Santander y Sango, distrito de Santa Cruz de Andamarca.

Isko, Tijerayco, Sawauc, Contadera, Chichingara, Jurao, Shulucancha, Patahuai, Acomachay, Churan, Pacococha, Jurao Chico, Puihuarume, Condorcayan, Shitga Chico, Jananpata, Puntachica, Pirca, Pasac, Santiago de chisque, San Pedro de Huarquin, Santa Cruz de cormo, Coshca, Rancatama, Baños 4 y Baños, en el distrito de Atavillos Alto.

Minapata, Yanacorral, Tumajato, Guarancayoc Chico, Guarancayoc Grande, Hispac y Yachapacog, distrito de Santa Leonor.

Limoncillo, Acos, San Juan de Uchucuanico y Huascoy, distrito de San Miguel de Acos; Matara, Ollancaca, Yunguy, Chuchuntama, San Marcelo, Nachao, Quiquera, Sayan, Macuache y Ocupampa, del distrito de Ihuarí.

Calpa, Mataca, Arteza, Rumo, Huachupampa, Pirca Huasi, Lacsacocha, Huayatama y Pesebre, distrito de Lampian; Huayo Ingenio, Caracupe, Cucapunco, Piscocoto, Huandaro, Rauma y Acol, distrito de Sumbilca.

Y por último, Mataca y Machan, distrito de Atavillos Bajo.

Cuadro 54: Nivel de vulnerabilidad global en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

Nivel de vulnerabilidad global	Área (ha)	Porcentaje (%)
Alta	107,620	35
Media	158,213	52
Baja	40,429	13

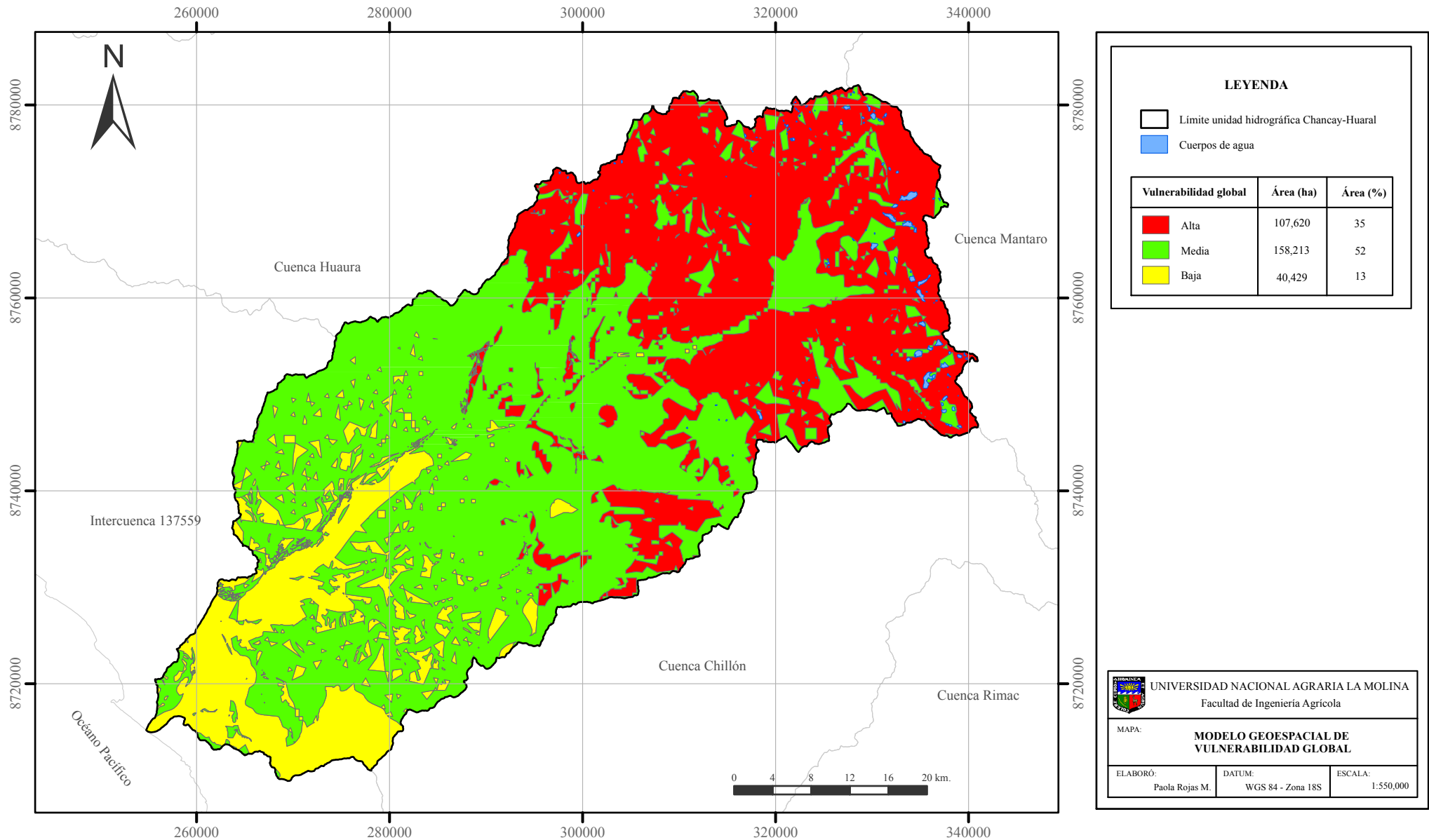


Figura 23: Mapa de vulnerabilidad global de la unidad hidrográfica Chancay-Huaral

También existe una vulnerabilidad media (158,213 ha), donde, si bien se caracterizaron zonas con susceptibilidad media y baja para el ámbito físico, fue el factor socioeconómico con susceptibilidad alta y media que incrementan la vulnerabilidad, al no contar con herramientas adecuadas para responder y recuperarse ante la presencia de un fenómeno. En las cuales se encuentra los centros poblados de:

Cachualin, Quispihuay, Chihuitama, Huancoy, Paganca, Pilpintay, Puquio, Mitucoto, Ñaupay, Lucuma, Cruz, Pariantana, Nanacayan, Jaucanca, Sayan Medio, Maran Pampa, Anyac, Cochac, Lamblan, Molino, Tamaray y Huataya, distrito de Ihuarí;

Lacuy, Cayantama, Shogospuquio, Collan Chico, Toma, Huandaro, Lampian, Calcalay y Raure, distrito de Lampian; Sumbilca y Vilca Baja, distrito de Sumbilca;

Peñon Chincho, Curhuay, Llactacoto, Curhuay, Pampas, Chaupis, San Agustin y La Perla, distrito de Atavillos Bajo; Marco, Quipan y Shimay, distrito de Huamantanga; Quisque Alto, Cañahuasi Lumbra, Cerro Gallinazo, La Mina, Casa Vieja, Portillo, Buenos Aires y Tronconal, distrito de Huaral;

Lunavilca, distrito de Chancay, Vista Alegre, Granja Cigüeña y Pacaybamba, distrito de Aucallama; Palca, Oquendo, Palca Carac, Pomas, Yaguay, Cochan y Carac, distrito de Veintisiete de Noviembre;

Azulcocha, Jircajato, Hualan y Pacaraos, distrito de Pacaraos; Colpa, Santa Catalina, Santa Cruz de Andamarca, San Juan de Chauca, Callapa, Tingo, Pampa Mayo, Shaly y Chuchurra Baños, distrito de Santa Cruz de Andamarca;

Y por último, Minas Cancha, Lacsá y Caquer, en el distrito de Atavillos Alto.

V. CONCLUSIONES

- La identificación del grado de vulnerabilidad en la unidad hidrográfica Chancay-Huaral, producto de la integración de las variables físicas, bióticas, socioeconómicas y conflictos de uso, permitió determinar las zonas críticas de vulnerabilidad. Siendo, 107,620 ha de vulnerabilidad alta, en la que se ubica los centros poblados de Quiman (Veintisiete de Noviembre), Vichaycocha (Pacaraos), Sango (Santa Cruz de Andamarca), Baños (Atavillos Alto), Acos (San Miguel de Acos), Yunguy (Ihuarí), Matara (Lampian), Piscocoto (Sumbilca), Mataka (Atavillos Bajo), entre otras; 158,213 ha de vulnerabilidad media, en la que se encuentran, Lamblan (Ihuarí), Lampian (Lampian), Sumbilca (Sumbilca), Pampas (Atavillos Bajo), entre otros; y una vulnerabilidad baja de 40,429 ha, encontrándose Aucallama (Aucallama), Nueva Esperanza (Huaral), Las Salinas (Chancay), entre otros.
- Considerando el análisis de las variables físicas se determinó cinco niveles de vulnerabilidad física: alta (31,756 ha); media (132,845 ha); baja (73,290 ha); muy baja (65,175 ha); y estable (3,197 ha). Siendo las zonas críticas aquellas que presentan una vulnerabilidad física alta, ya que se caracterizan por las altas pendientes, intensas precipitaciones y escasa cobertura vegetal; ubicándose los centros poblados de Quiman (Veintisiete de Noviembre), Vichaycocha (Pacaraos), Chuchurra Baños (Santa Cruz de Andamarca), Baños (Atavillos Alto), Minapata (Santa Leonor).
- La integración de las variables temáticas socioeconómicas permitió identificar tres niveles de vulnerabilidad socioeconómica: alta (157,293 ha), media (44,018 ha) y baja (97,959 ha). Siendo el nivel de vulnerabilidad alta el más crítico por presentar condiciones de alta pobreza, mala conectividad, deficiente infraestructura de salud y bajos niveles de educación; encontrándose los distritos de Pacaraos, Veintisiete de Noviembre, Santa Leonor, Atavillos Alto, Ihuarí, Lampian, Sumbilca y Huamantanga; y estos principalmente en la región yunga, quechua, suni y puna.

- Las actividades agrícolas y pecuarias permitieron determinar grados de vulnerabilidad biótica encontrándose tres niveles: 2,728 ha de alta vulnerabilidad, en la que predomina una alta actividad agrícola y pecuaria, y se encuentra el distrito de Huaral; media vulnerabilidad de 4,659 ha, en las cuales se encuentra las zonas de Ihuarí, Pacaraos y Atavillos Alto; y baja vulnerabilidad de 11,922 ha, en Lampian, Sumbilca, Huamantanga, Atavillos Bajo, San Miguel de Acos y Santa Cruz de Andamarca.
- Se determinó que 25,902 ha se encuentran sobre utilizados, debido a que las actividades agrícolas y pecuarias se vienen desarrollando en zonas de aptitud forestal y protección, ubicadas en la región de chala, yunga, quechua y puna. Mientras 211,041 ha están utilizados de acuerdo a su capacidad de uso, como agrícola, pastos y forestal en zonas de acuerdo a su potencial natural de uso.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda, en las zonas de alta vulnerabilidad, realizar proyectos de carácter conservacionista con el fin de proteger el suelo y cosecha de agua, como: terrazas, barreras vivas, zanjas de infiltración y prácticas agrosilvopastoriles. Priorizando los centros poblados de Quiman (Veintisiete de Noviembre), Vichaycocha (Pacaraos), Sango (Santa Cruz de Andamarca), Baños (Atavillos Alto), Acos (San Miguel de Acos), Yunguy (Ihuarí), Matara (Lampian), Piscocoto (Sumbilca), Mataka (Atavillos Bajo), entre otros.
- En las zonas de media vulnerabilidad se debe proponer medidas de prevención a fin de que no se incremente la vulnerabilidad, se evite la erosión y deslizamientos, como reforestación, uso adecuado de los suelos y capacitación a la población
- Considerando la base de datos geospaciales de las variables físicas, bióticas y socioeconómicas de la presente investigación, se recomienda realizar estudios a mayor detalle, a fin de implementar proyectos y ejecución de obras para mitigar los efectos de los fenómenos extraordinarios como El Niño.
- De acuerdo a la utilización del sistema de información geográfica en el presente trabajo de investigación se recomienda utilizar sus bondades en la generación de modelos geospaciales, para la caracterización física, biótica y socioeconómica de una unidad hidrográfica; y en la generación de proyectos y actividades que busquen ser sostenibles.
- También se recomienda hacer estudios a nivel del cauce del río para prevenir y mitigar los efectos causados por los desbordes e inundaciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). 2012. Diagnóstico participativo consolidado: cuenca Chancay-Huaral. t. I. PE. p. irr.

ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). 2013. Plan de gestión de recursos hídricos de la cuenca Chancay-Huaral. PE. p. irr.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo, US). 1999. Reducción de la vulnerabilidad ante amenazas naturales: Lecciones aprendidas del huracán Mitch. Documento estratégico sobre gestión ambiental. (en línea) Consultado en mayo, 2016. Disponible en: <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc11606/doc11606.htm>

Buch, M. 2001. Evaluación del riesgo a deslizamientos en la subcuenca Matanzas, río Polochic, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. p. 39-53.

Buch, M y Turcios, M. 2003. Vulnerabilidad socioambiental: Aplicaciones para Guatemala. GT, Universidad Rafael Landivar. p. 6-16.

Caballero, J. 1981. Economía agraria de la sierra peruana. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, PE. p. 31-39.

Cardona, O. 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. Comp. La Red, CO. p. 51-74.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2000. Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. MX. p. 5. Consultado el 18 Feb. 2016. Disponible en: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/10134/L428.pdf>

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2002. Vulnerabilidad sociodemográfica: Viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas. Brasilia, BR. p. 3-24. Consultado el 20 Feb. 2016. Disponible en: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/11674/LCW3-Vulnerabilidad.pdf>.

CIAF (Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica, CO). s.f. Curso: fundamentos de sistemas de información geográfica. Tema 2. Bogotá, CO. Consultado el 10 May. 2016. Disponible en: http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/fundamentos_sig/cursos/sem_2/uni2/index.php?id=2

Falcón, L. 2005. Condiciones de pobreza y vulnerabilidad: Las dimensiones construidas por mujeres trabajadoras que viven en áreas periféricas de la ciudad de Resistencia. AR, Universidad Nacional del Noroeste. p. 2-7.

Fallas, J. 2010. Geoprocesamiento: análisis de geodatos. CR, Universidad para la Cooperación Internacional. Consultado el 18 Abr. 2016. Disponible en: <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-3/Geoprocesamiento.pdf>

Foschiatti, A. 2004. Vulnerabilidad global y pobreza. Consideraciones conceptuales. AR, Universidad Nacional del Noroeste. p. 2-19.

Goycochea, M. 2014. Modelamiento geo-espacial para el diseño de defensas ribereñas en la faja marginal del río Chancay-Huaral, utilizando SIG y HEC RAS. Tesis Ing. Agrícola. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. p. irr.

Gómez, M. y Barredo, J. 2006. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. MX. p. 243.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, CO). 1995. Conceptos Básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y Aplicaciones en Latinoamérica. Santa Fe de Bogotá, D.C., CO. p. 100.

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil, PE). 2006. Manual básico para la estimación del riesgo. Lima, PE. p. irr.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2000. Metodología para la medición de la pobreza en el Perú. Lima, PE p. irr.

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales, PE). 2001. Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos de la cuenca Chancay-Huaral. Huaral, PE. p. irr.

Jiménez, F. 2002. Apuntes de clase del Curso Manejo de Desastres Naturales. Turrialba, CR, CATIE. p. 283.

Lavell, A. 1996. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. In. Ciudades en riesgo. Comp. M. Fernandez. PE, La Red. p. 21-59.

Lazarte, E. 2002. SIG de la cuenca del río Puyango - Tumbes para la gestión de los recursos hídricos. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad de Piura. Piura, PE. p. 3-5.

Magaña, V. 2013. Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante cambio climático. DF, MX. p. 9-41.

Maskrey, A. 1993. Vulnerabilidad y mitigación de desastres. In. Los desastres no son naturales. CO, La Red. p. 111-134.

Meza, C. 2010. Aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG) en el modelamiento del río Ucayali. Identificación de los cambios y su influencia ambiental (Sector Pucallpa). Lima, PE. p. 33-34.

MINAM (Ministerio del Medio Ambiente, PE).2011. Memoria descriptiva del mapa de vulnerabilidad física del Perú: herramienta para la gestión del riesgo. 1ª Ed. Lima, PE. p. 14-56. Consultado el 15 Ene. 2016. Disponible en: <http://cdam.minam.gob.pe/novedades/mapavulnerabilidadfisicaperu.pdf>.

MINEDU (Ministerio de Educación, PE). 2009. Gestión del riesgo en instituciones educativas. Lima, PE.

Moser, C. 1998. Reassessing urban poverty reduction strategies: The asset vulnerability framework. World development. p. 1-19.

Municipalidad provincial de Huaral. 2010. Plan de acondicionamiento territorial de la provincial de Huaral 2009-2019: diagnóstico territorial. Huaral, PE. p. irr.

OEA (Organización de Estados Americanos, US). 1991. Desastres, planificación y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducirlos daños. USAID. Washington D.C. 80 p.

PEÑA, J. 2008.. Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. Editorial Club Universitario. 2ª Ed. ES. p. 310.

Radilla, F. 2008. Modelado de datos para base de datos espaciales. Caso de estudio: sistema de información geográfica. Tesis M.Sc. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. D.F, MX. p. 28.

Romero, A. 2002. Globalización y pobreza. Universidad de Nariño. Pasto, Nariño. CO. p. 115.

Sablich, CH. 2012. Derecho financiero, una visión actual en el Perú. Ica, PE. p. 133.

Salgado, R. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del rio Gila, Copán, Honduras. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, CR. p. 6-38.

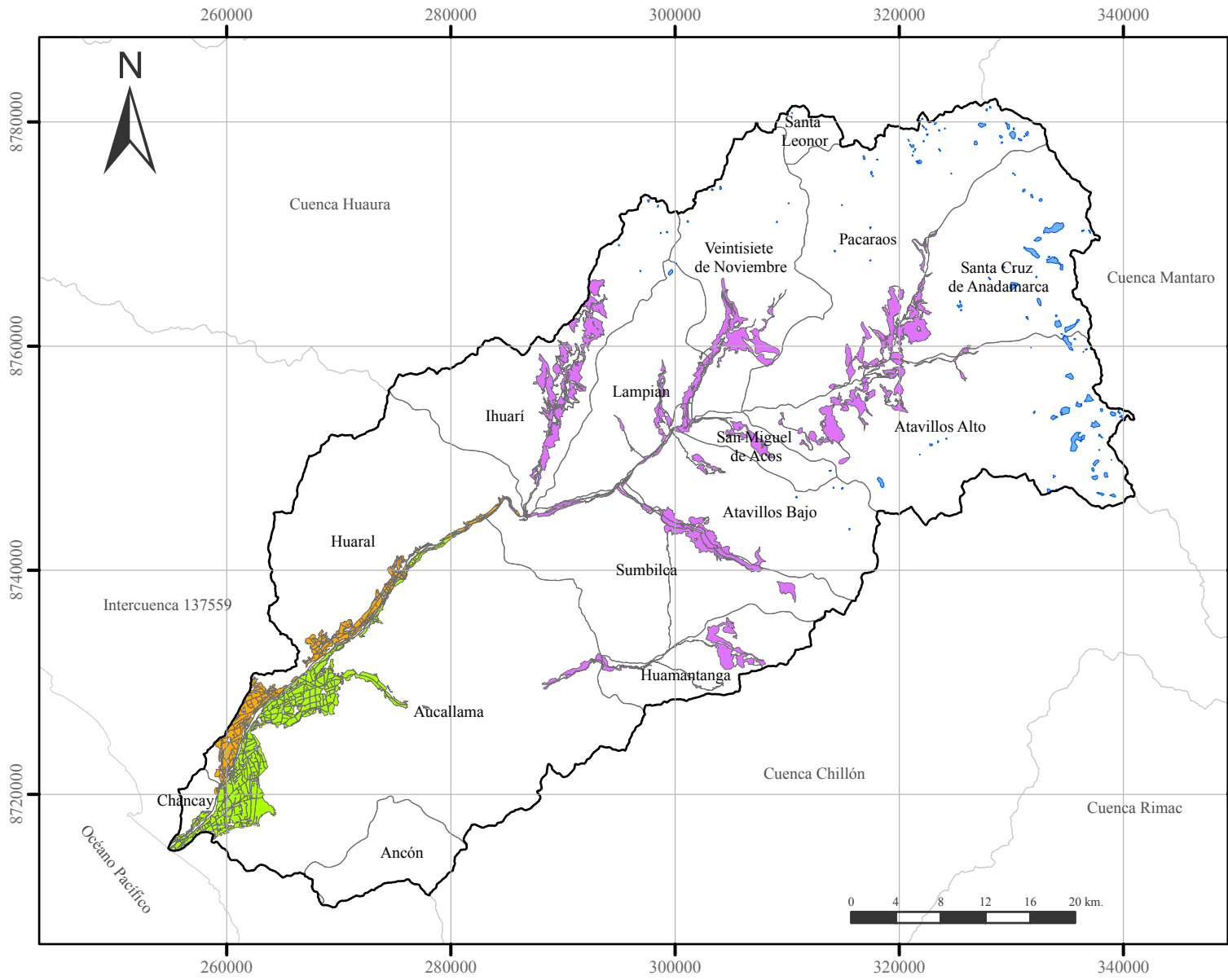
SINAGERD (Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, PE). 2014. Plan nacional de gestión del riesgo de desastres 2014-2021. Lima, PE. p. 11-12.

UAM (Universidad Autónoma de Madrid, ES). 2011. Tutorial (nivel básico) para la elaboración de mapas con ArcGis. ES. p. 3.

Velásquez, S. 2004. Apuntes de clase del curso Sistemas de Información Geográfica (SIG). CATIE 2004. CR.

Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad Global. In los desastres no son naturales. Comp. A. Marskey. CO, La Red. p. 9-47.

VIII. ANEXOS



LEYENDA

- Limite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

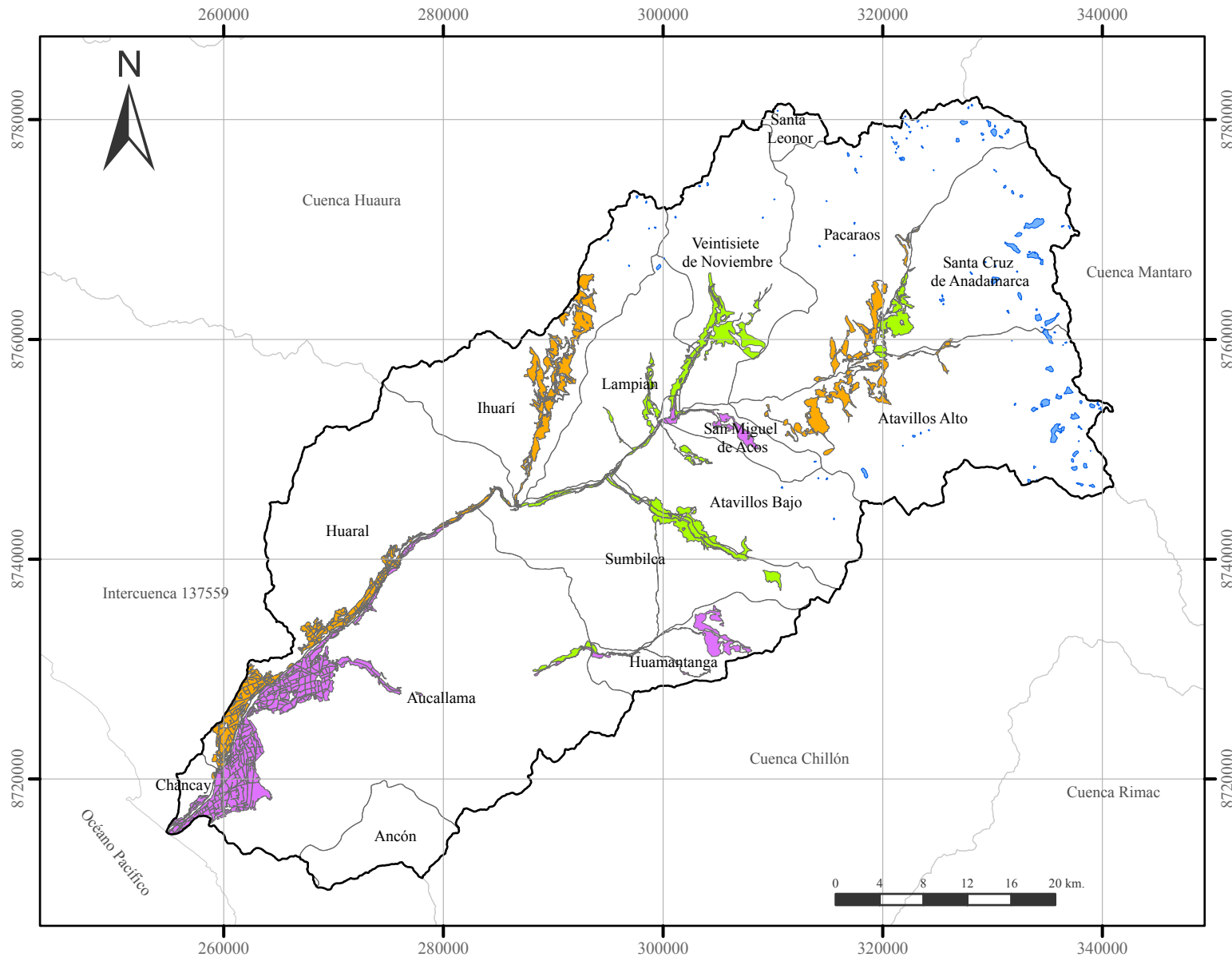
Actividad agrícola	Área (ha)	Área (%)
Alta	11,835	35
Media	10,888	32
Baja	10,957	33

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **AGRÍCOLA**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 24: Mapa agrícola
FUENTE: ANA



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
 Cuerpos de agua
 Distritos

Actividad pecuaria	Área (ha)	Área (%)
	16,810	50
	4,659	14
	12,180	36

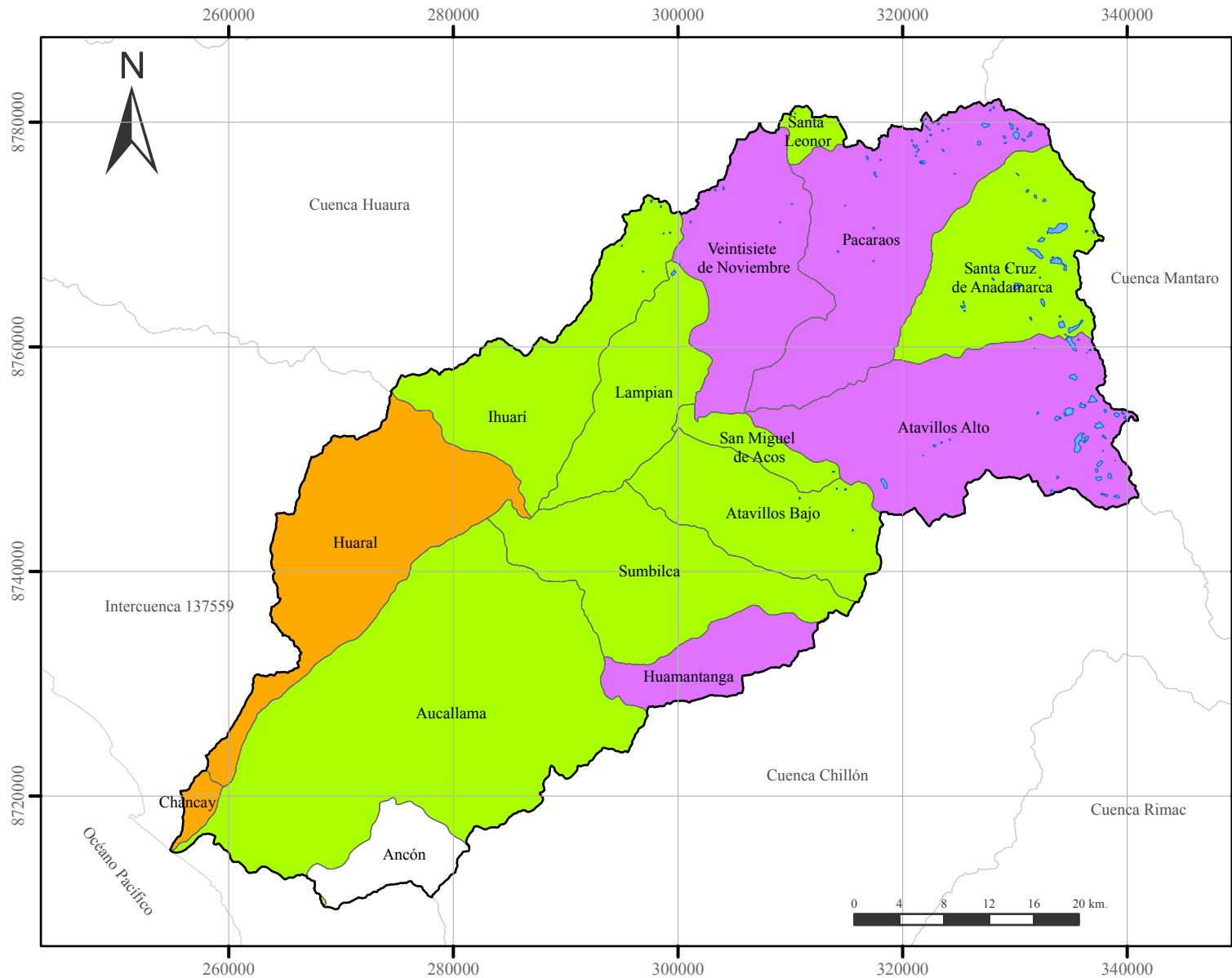
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **PECUARIO**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 25: Mapa pecuario

FUENTE: ANA



LEYENDA

- Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Nivel de población	Área (ha)	Área (%)
Alta	31,515	11
Media	172,829	58
Baja	94,826	32

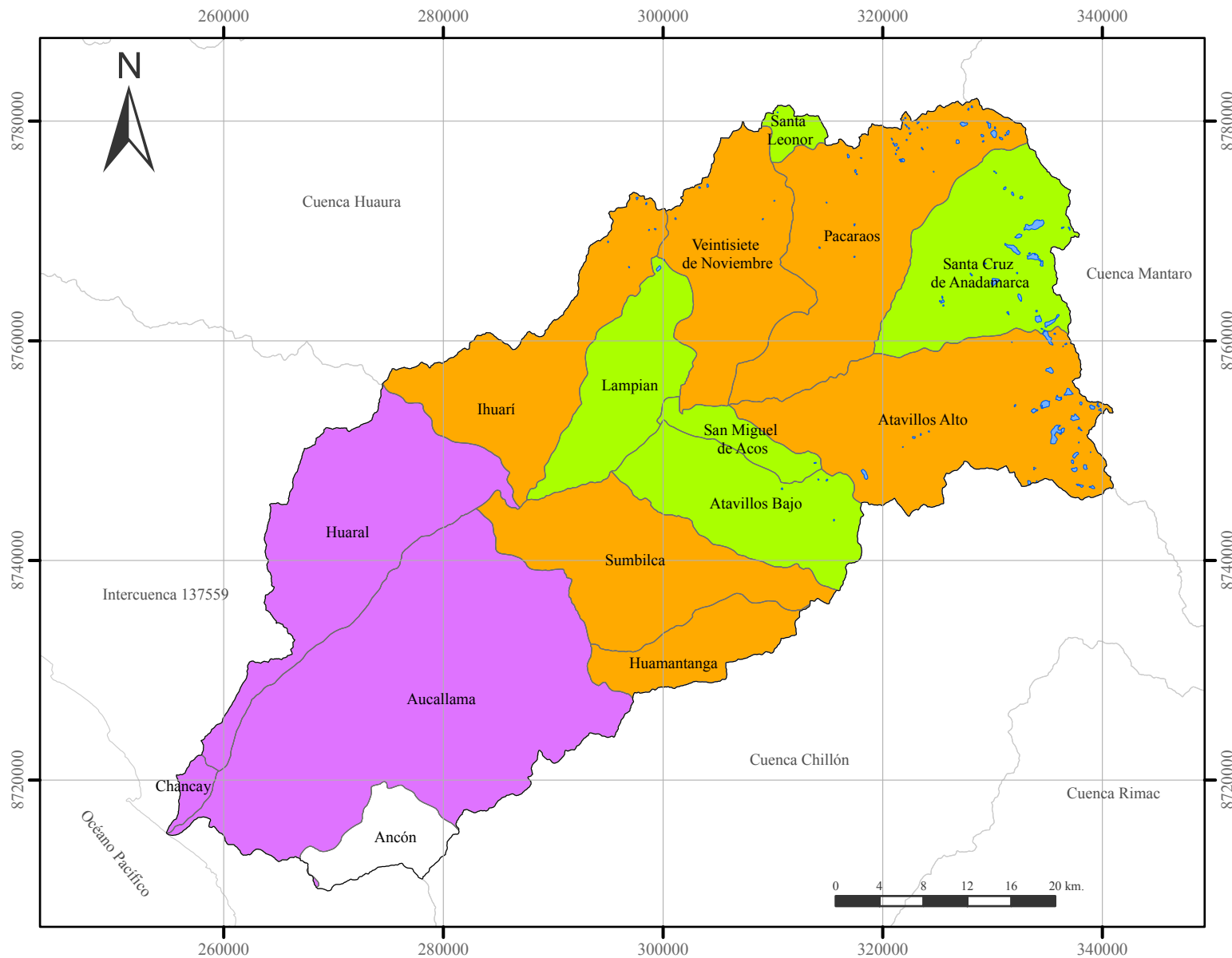
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **POBLACIÓN**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 26: Mapa de población

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

- Limite unidad hidrografica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Nivel de pobreza	Área (ha)	Área (%)
	140,719	47
	60,592	20
	97,859	33

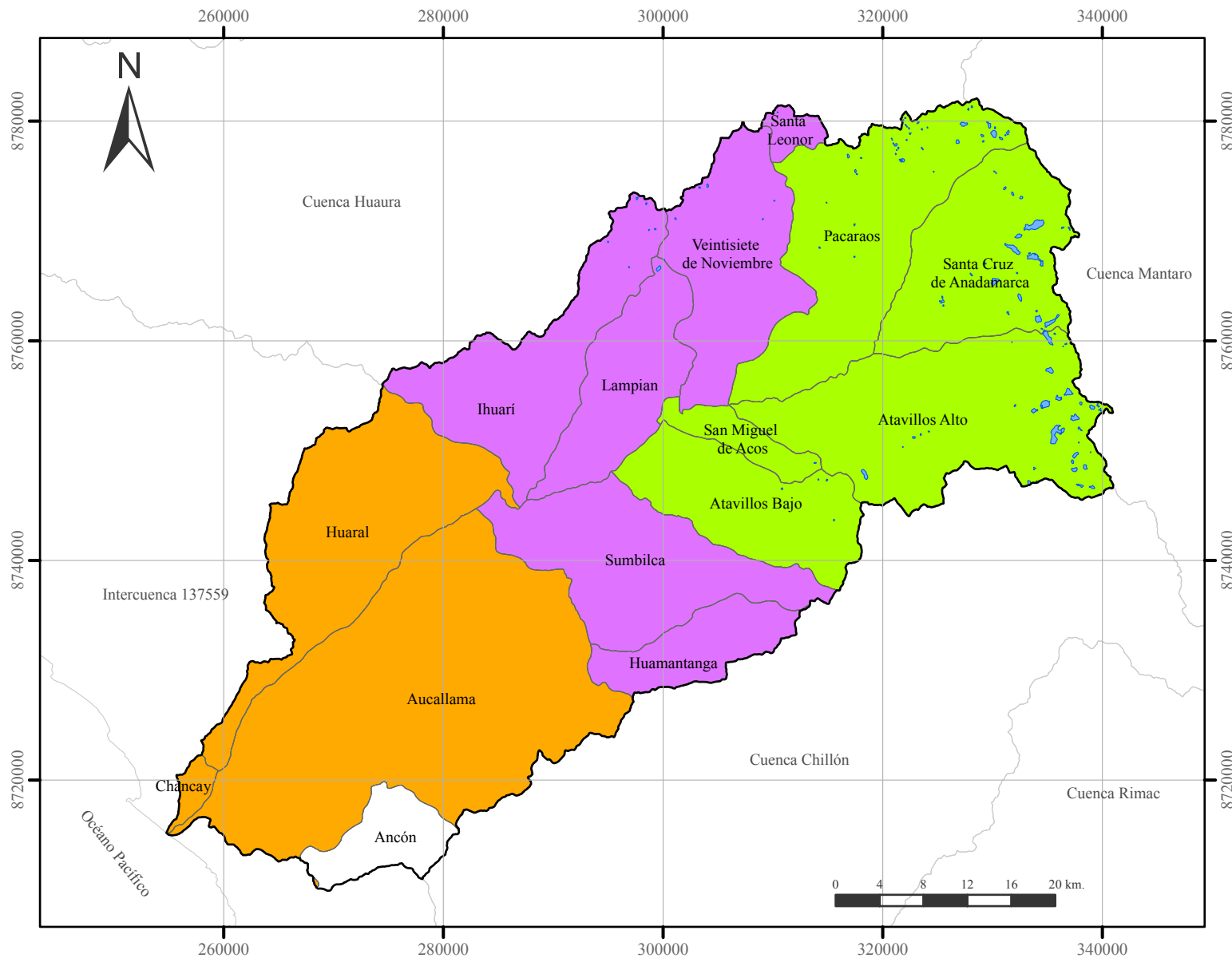
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **POBREZA**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 27: Mapa de pobreza

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
 Cuerpos de agua
 Distritos

Nivel de IDH	Área (ha)	Área (%)
Alta	92,201	31
Media	109,110	37
Baja	97,859	33

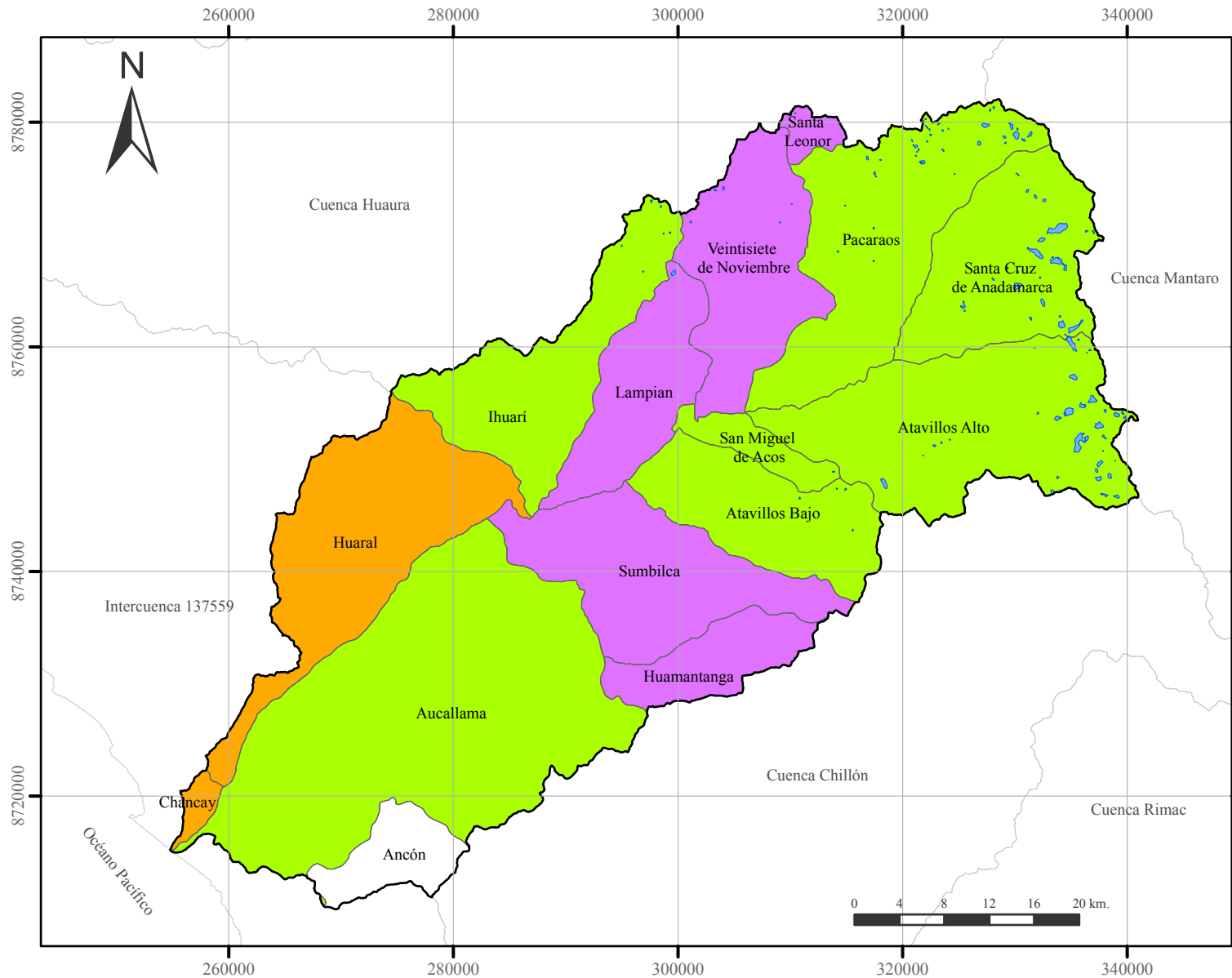
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 28: Mapa de Índice de Desarrollo Humano

FUENTE: ANA y PNUD



LEYENDA

- Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Capacidad infraestructura de salud	Área (ha)	Área (%)
Alta	31,515	11
Media	197,558	66
Baja	70,097	23

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **INFRAESTRUCTURA DE SALUD**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 29: Mapa de infraestructura de salud

FUENTE: ANA e INEI

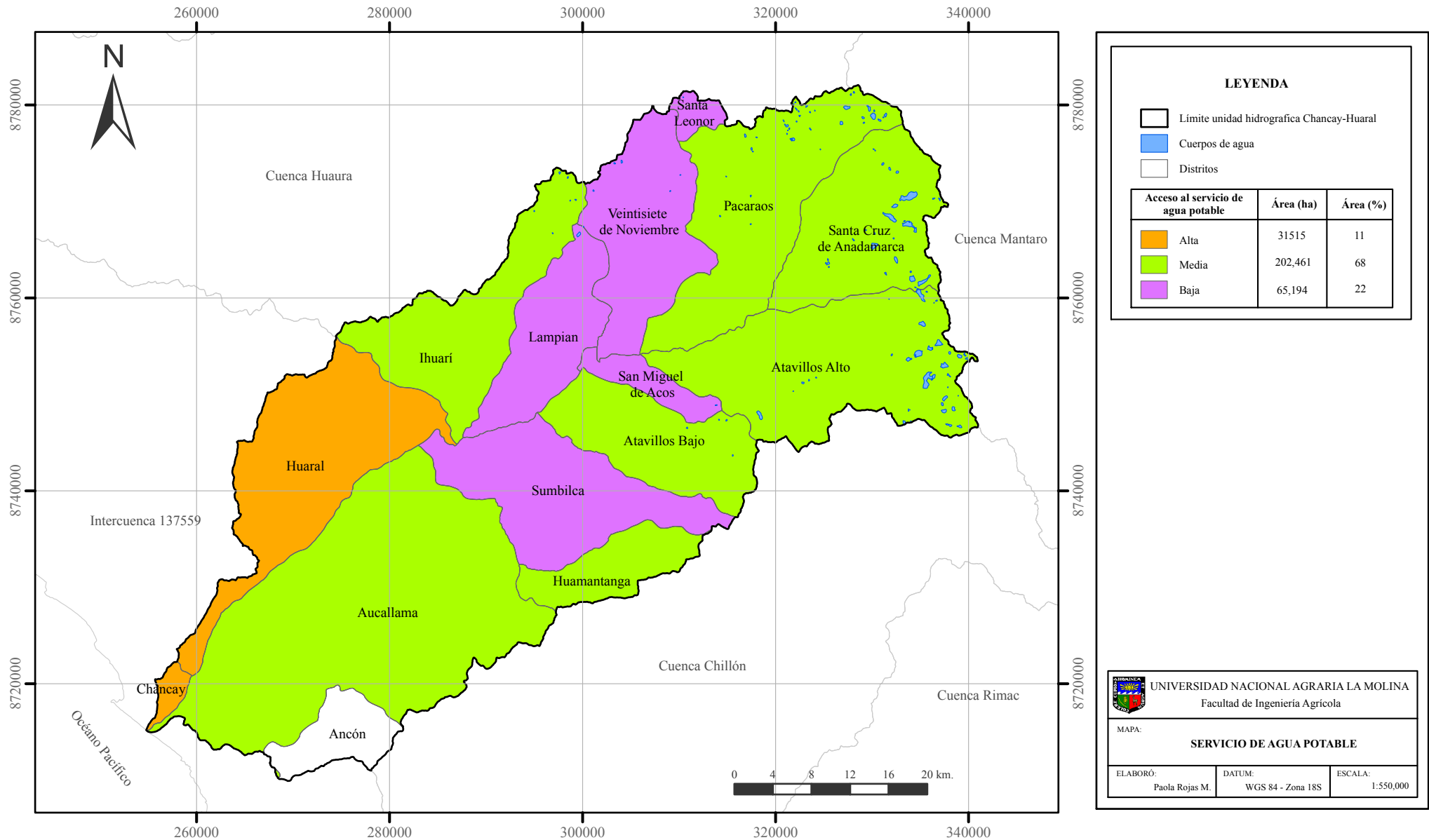
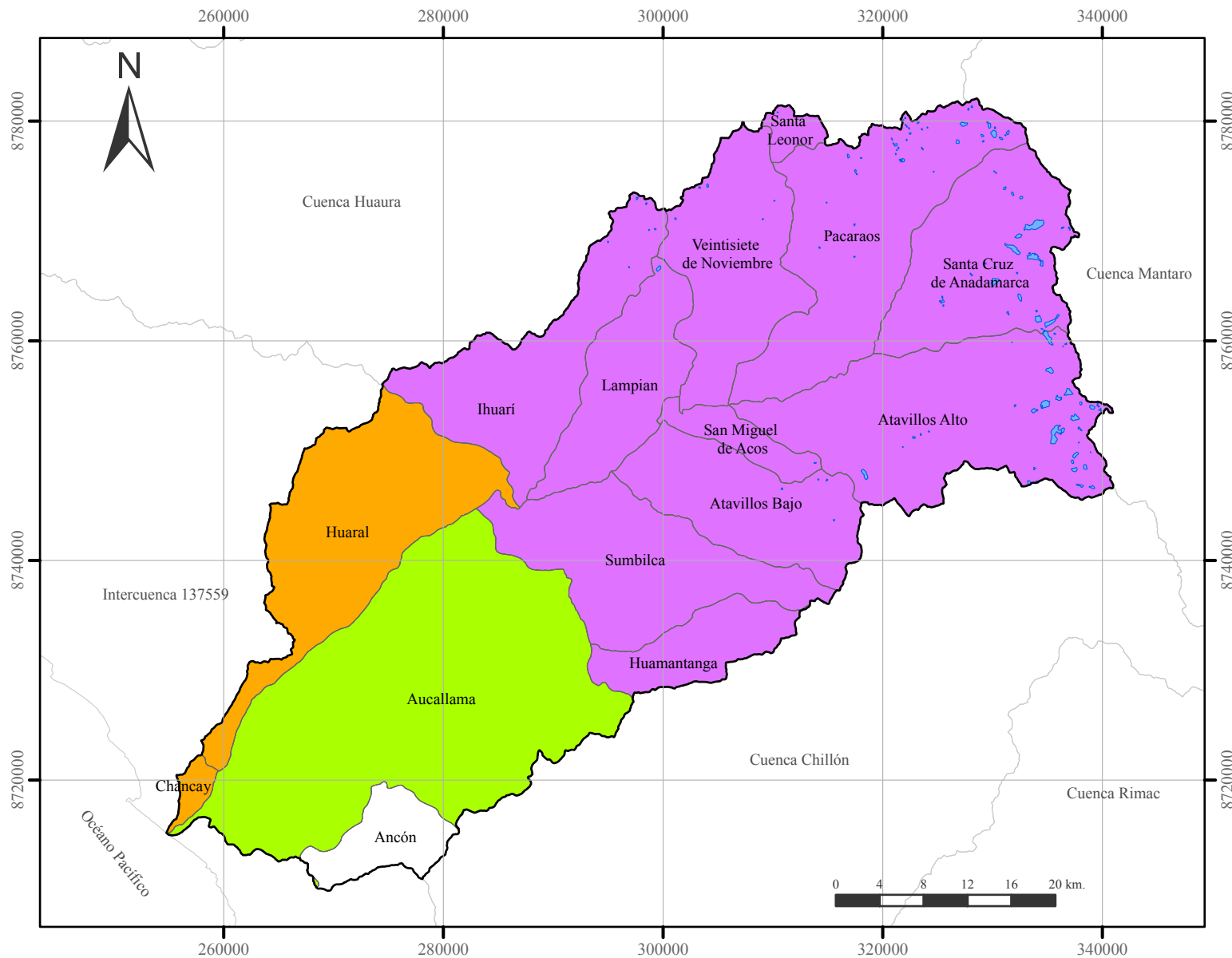


Figura 30: Mapa de servicio de agua potable

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

- Limite unidad hidrografica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Accesibilidad al servicio sanitario	Área (ha)	Área (%)
	31,515	11
	66,344	22
	201,311	67

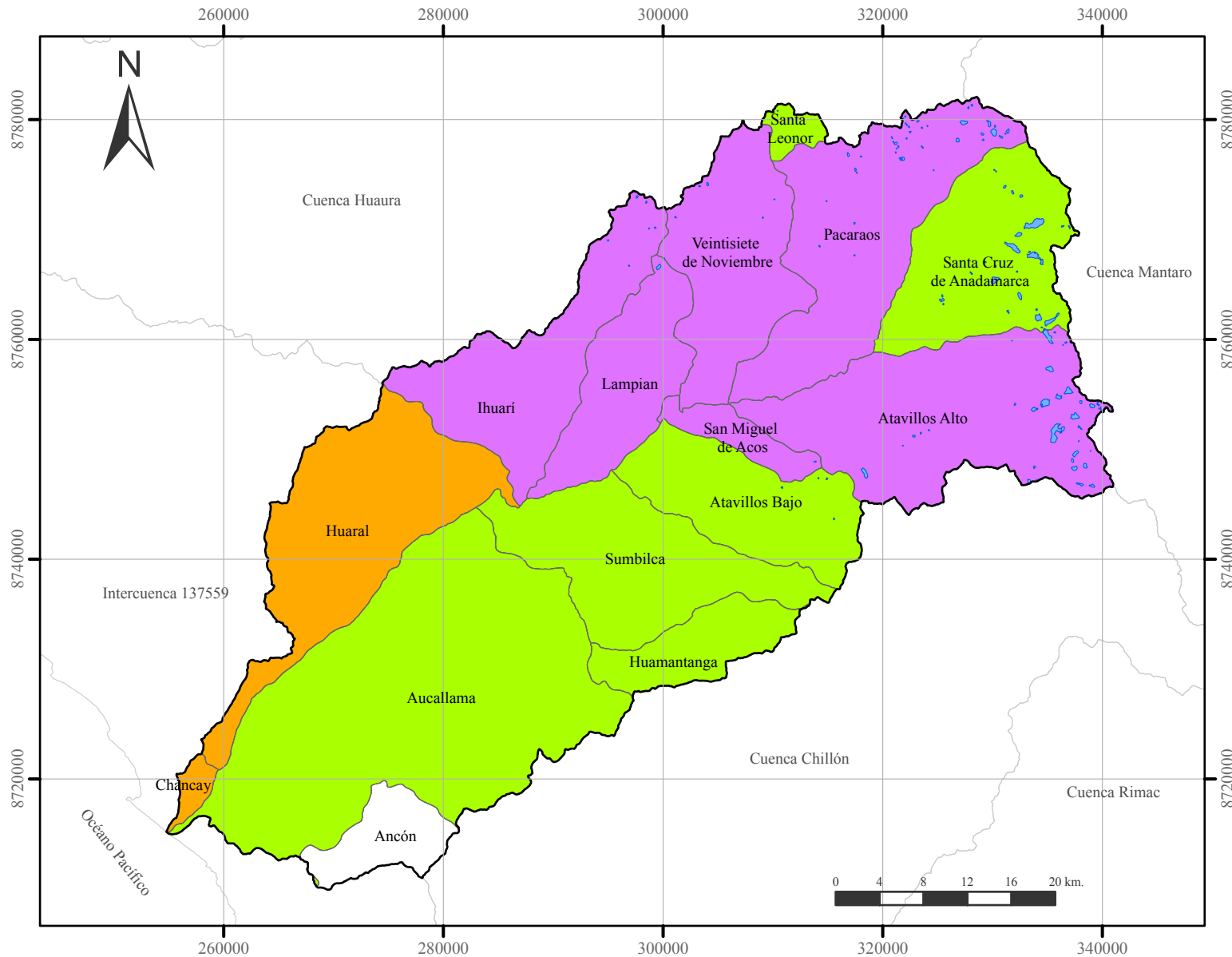
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **INFRAESTRUCTURA SANITARIA**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 31: Mapa de infraestructura sanitaria

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

- Limite unidad hidrografica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Acceso al servicio de electricidad	Área (ha)	Área (%)
	31,515	11
	140,885	47
	126,770	42

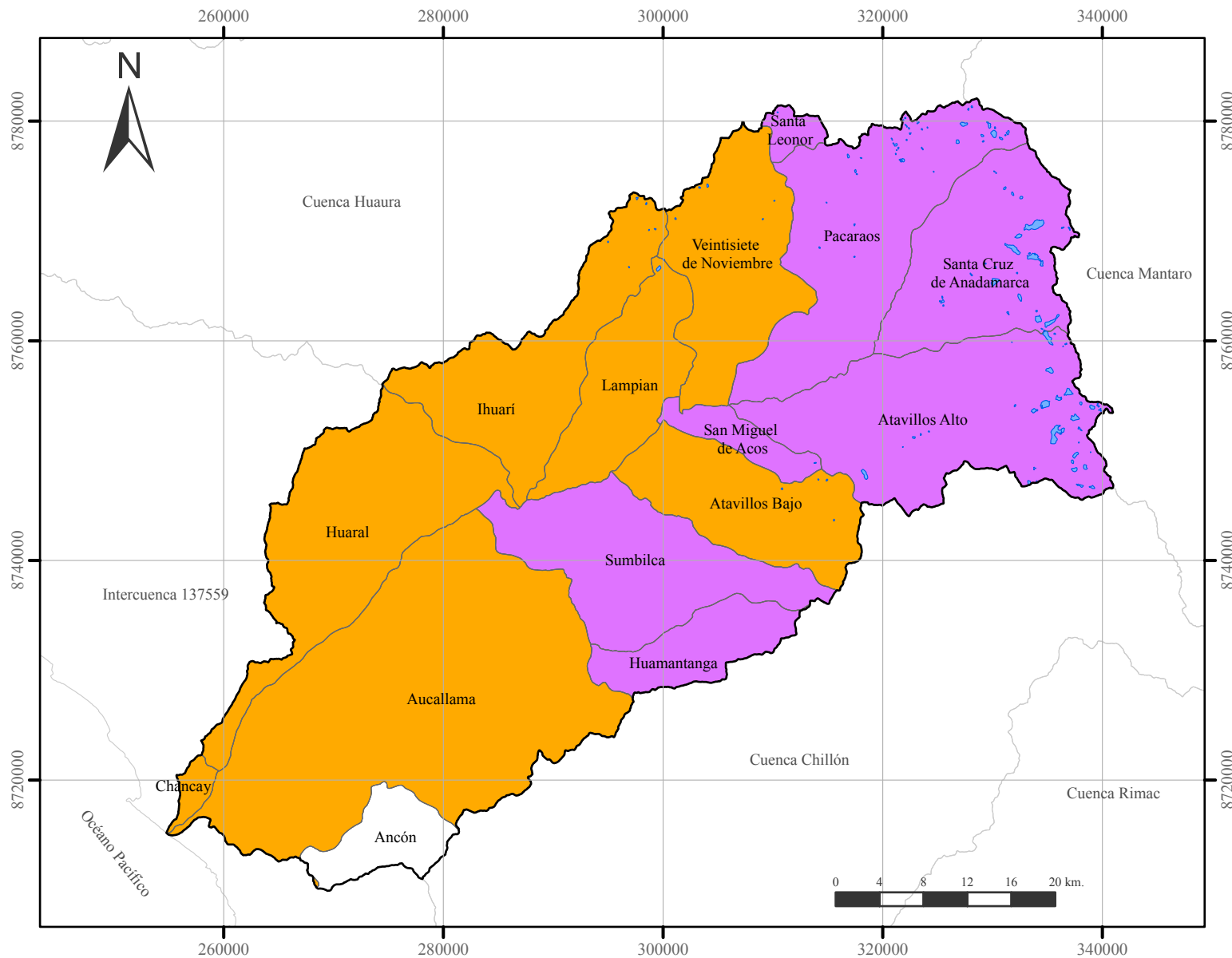
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **SERVICIO DE ELECTRICIDAD**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 32: Mapa de servicio de electricidad

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

- Limite unidad hidrografica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Nivel de capacitación	Área (ha)	Área (%)
	172,943	58
	126,227	42

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **DEFENSA CIVIL**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 33: Mapa de defensa civil

FUENTE: ANA e INEI

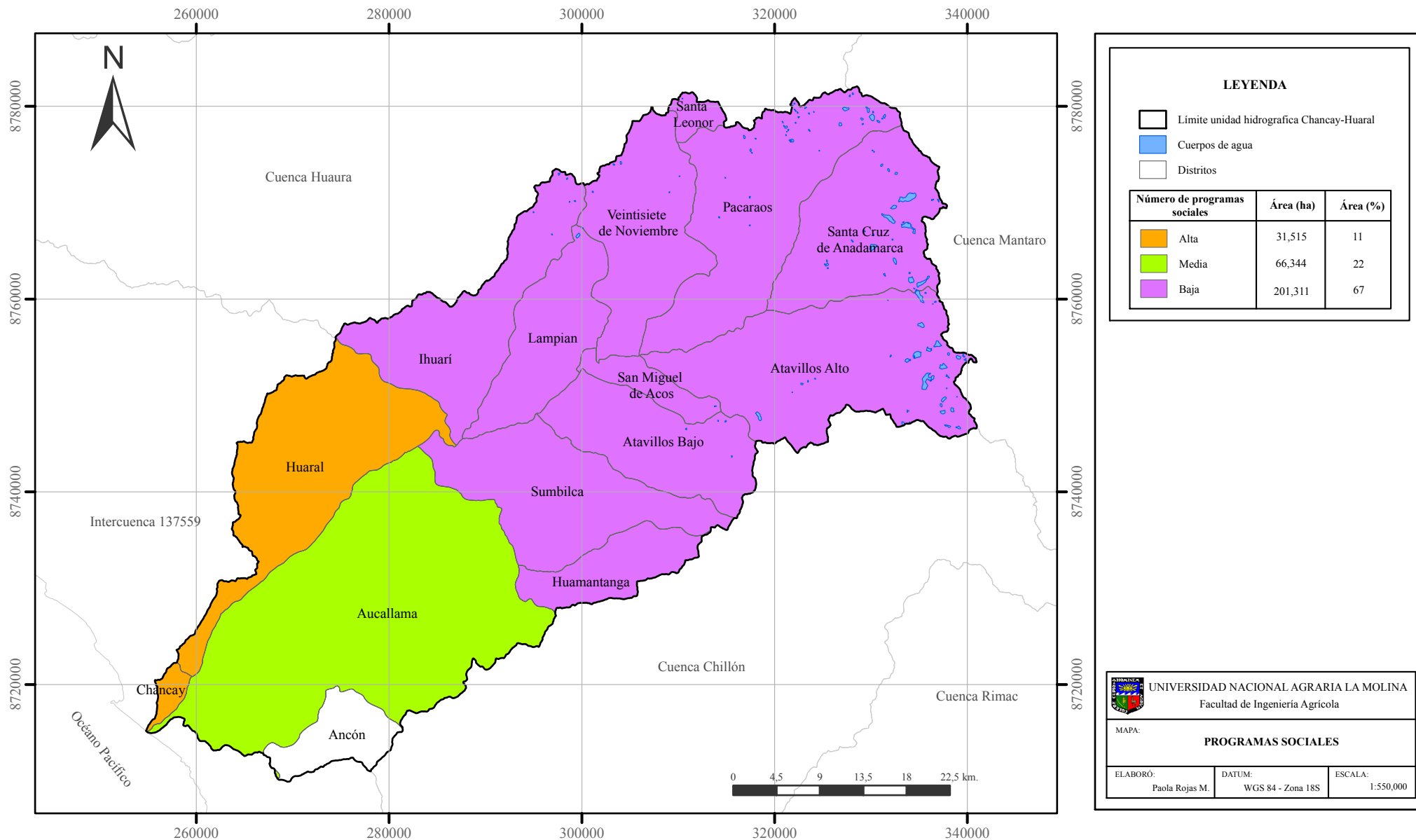
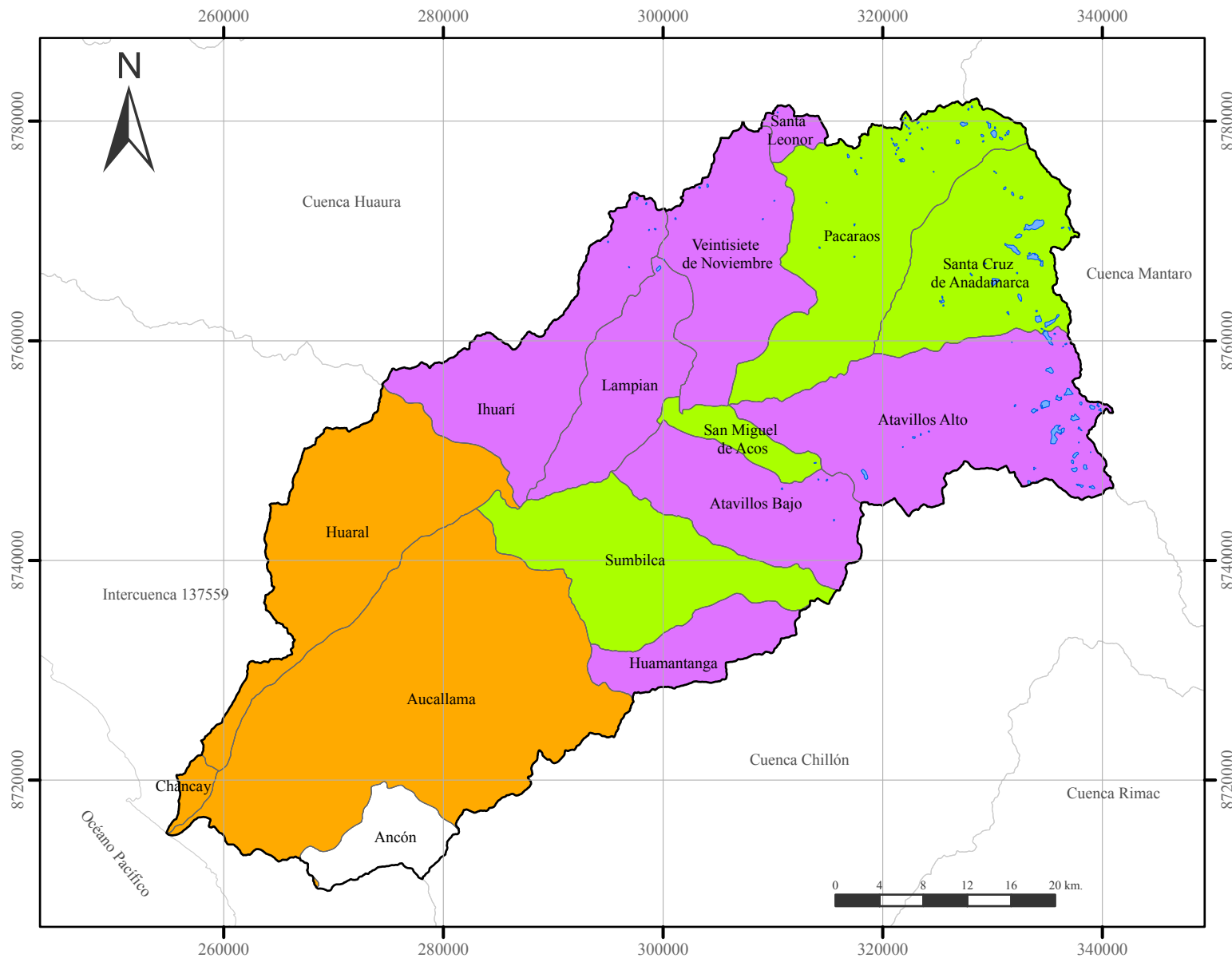


Figura 34: Mapa de programas sociales

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

- Límite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Acceso al servicio de telecomunicaciones	Área (ha)	Área (%)
	97,859	33
	80,605	27
	120,706	40,3

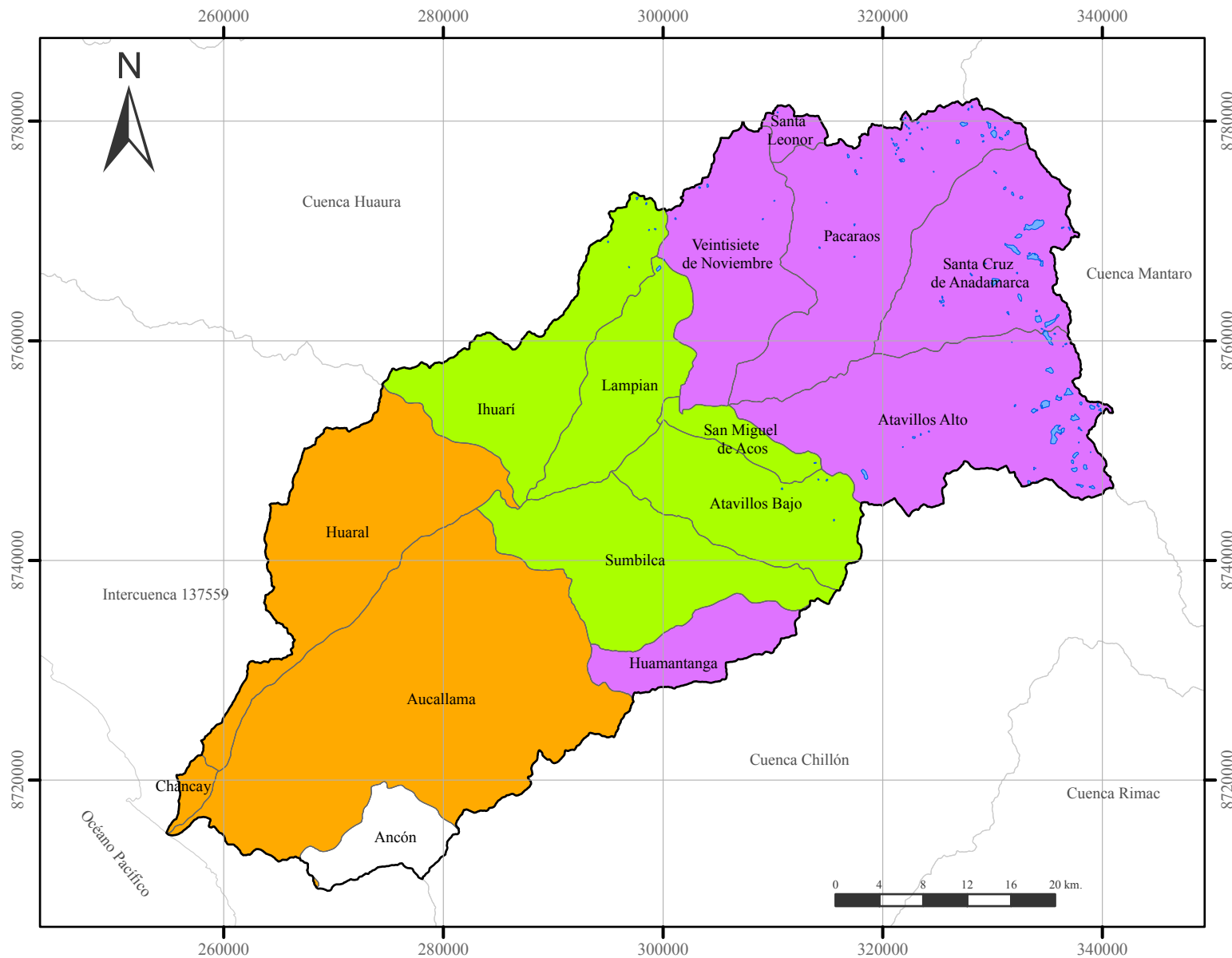
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **TELECOMUNICACIONES**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 35: Mapa de telecomunicaciones

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

- Limite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Condición de red vial	Área (ha)	Área (%)
	97,859	33
	82,370	28
	118,941	40

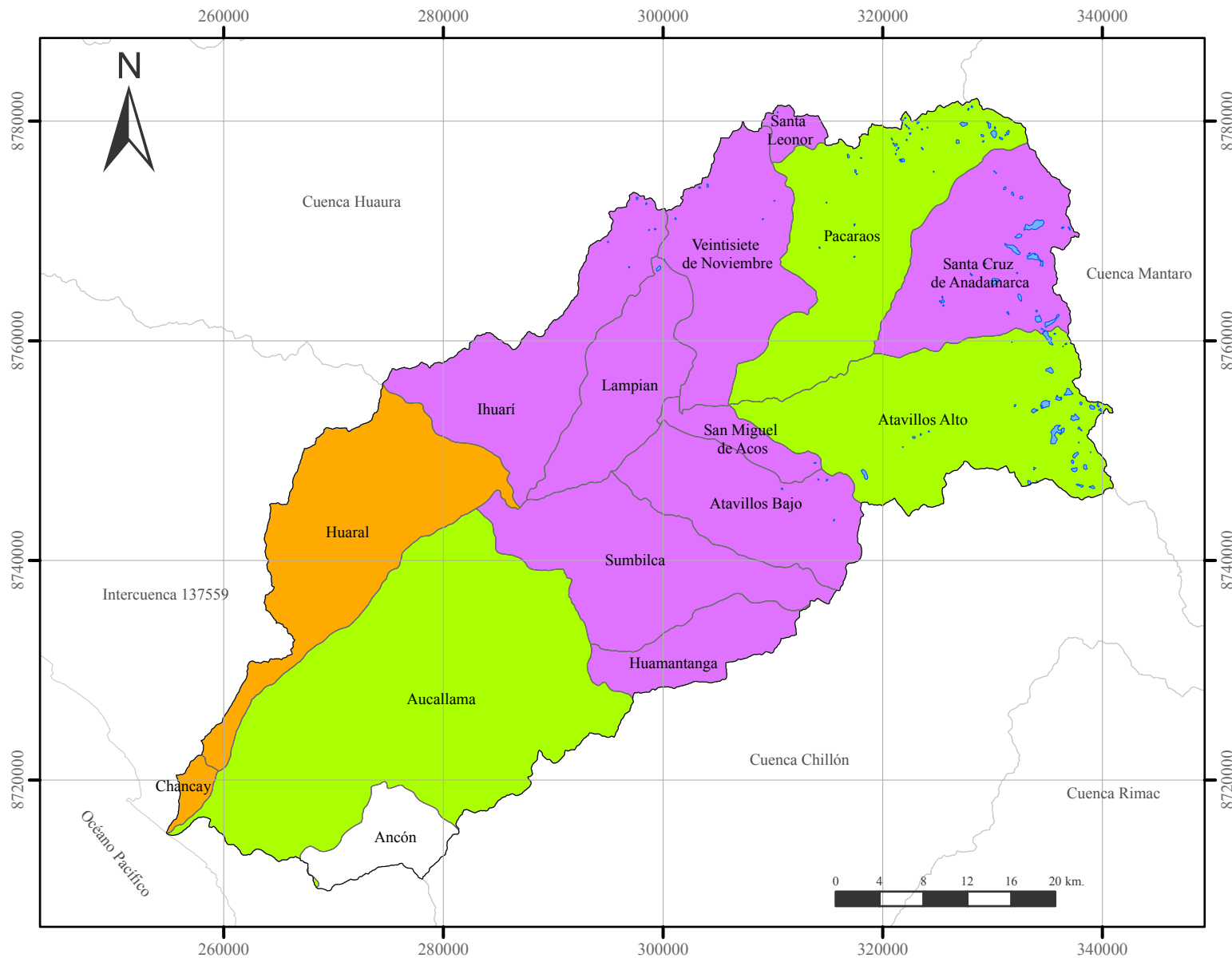
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **CONECTIVIDAD**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 36: Mapa de conectividad

FUENTE: ANA e INEI



LEYENDA

- Limite unidad hidrográfica Chancay-Huaral
- Cuerpos de agua
- Distritos

Nivel de centros educativos	Área (ha)	Área (%)
	31,515	11
	131,436	44
	136,219	45

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Facultad de Ingeniería Agrícola

MAPA: **NIVEL EDUCATIVO**

ELABORÓ: Paola Rojas M.	DATUM: WGS 84 - Zona 18S	ESCALA: 1:550,000
----------------------------	-----------------------------	----------------------

Figura 37: Mapa de nivel educativo

FUENTE: ANA e INEI