

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA

SECCIÓN POST GRADO



**“LA GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA
ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS
NATURALES”**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN:

MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE

**PRESENTADO POR:
GERMAN ISMAEL VALENZUELA ORTIZ**

**LIMA – PERÚ
2003**

A Dios Todopoderoso y Eterno,
Creador del Universo,
Luz de la Vida, que todo lo ve
Y todo lo sabe.....

No hay tantas puertas abiertas
Cuando sales a buscar.
Las abiertas
Difícilmente te dejan entrar...

.....Entraras.
Vas al lago
Cuando buscas un mar.
Escalas montañas
anhelando pampas...

.....Encontrarás.
A la noche duermes
con sueños distantes.
Inquietos momentos
pueblan esperanzas.

.....Vencerás.
No existe una huella,
tendrás que andar
entre matorrales, esquivando rocas,
sentarte bajo árboles
que no siempre dan sombra.

No hay guías
ni mapas,
tampoco fórmulas.

Harás un camino,
dejando huellas,
y al final serás
tú mismo
.....¡¡¡Eso vale más!!!

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi amada esposa Laurita por su comprensión, por ser el sostén de mi vida, por su ayuda y estímulo constante que me han llevado a seguir adelante y llegar a esta meta que es la tesis, a mis amados padres Germán y Emilia Rosa por el apoyo que siempre me brindan y cuya luz siempre me acompaña.

Mi agradecimiento al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico en las personas de los Ingenieros Hugo Rivera M. y Francisco Herrera R., por permitirme usar la información para la realización de la presente tesis.

A mi asesor de tesis Ingeniero Pedro Hugo Tumialán De La Cruz por las sugerencias y recomendaciones, al cual guardo un profundo respeto y tengo la satisfacción de haber sido su alumno de Pre-Grado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

A mi asesor de tesis, Ingeniero José Vidalón G. por sus sugerencias y el haber estado siempre presente en el momento que solicité su ayuda.

Mi reconocimiento y agradecimiento a la Señora Mercedes Tello, Secretaria del Post-Grado por su invaluable ayuda con los trámites para llegar hasta aquí.

A mis compañeros de trabajo Señorita Sandra Villacorta Ch. por la elaboración de los mapas y a los Ingenieros Lionel Fidel S. Marco Rivera P., Segundo Núñez J. y al Sr. Juan Urbina S. por sus aportes y su solidaridad.

Al Dr. Sergio Espinosa del Canadá por su invaluable ayuda en las explicaciones sobre temas de geofísica.

Finalmente a todas aquellas personas que contribuyeron a que este trabajo se haga realidad, mi agradecimiento infinito.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1,2,3
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	4
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Hipótesis y Justificación.....	6
1.4 Metodología	7
1.5 Base Cartográfica	8,9
CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA EN ESTUDIO	10
2.1 Ámbito de Estudio, Ubicación y Accesibilidad	10
2.2 Aspectos Poblacionales.....	10
2.3 Infraestructura.....	11
2.3.1 Infraestructura vial	11
2.3.2 Infraestructura agrícola.....	12
2.3.3 Minería	13,14
2.3.4 Energía	15
CAPÍTULO III: FACTORES AMBIENTALES	16
3.1 Pluviometría.....	16
3.2 Temperatura	16
3.3 Clasificación Climática.....	17
3.4 Geología y Geomorfología.....	18
3.5 Aspectos Socioeconómicos.....	18
3.6 Agua y Suelos.....	19
3.7 Hidrología	19
3.8 Fenómeno de El Niño	20,21
CAPÍTULO IV: MEDIO AMBIENTE FÍSICO	22
4.1 Aspectos Geológicos	22
4.2 Aspectos Geomorfológicos.....	23
4.2.1 Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental	24
4.2.2 Relieve Estructural Plegado.....	24
4.2.3 Unidades Localizadas.....	25

4.2.3.1 Superficie de Flujos Piroclásticos	25
4.2.3.2 Conos Volcánicos	25
4.2.4 Valle	26
4.3 Aspectos Litológicos	26,27,28,29
4.4 Pendientes	29
4.5 Suelos	30,31,32
CAPÍTULO V: GEOLOGÍA AMBIENTAL	33
Términos utilizados	34
5.1 Peligro	34
5.2 Amenaza Natural	35,36
5.3 Susceptibilidad	37
5.4 Factores Detonantes	37
5.5 Vulnerabilidad	37
5.6 Riesgo	37
5.6.1 Riesgo Geológico	37
5.6.2 Evento Geológico	37
5.6.3 Previsión	38
5.6.4 Prevención	38
5.7 Fenómenos de Remoción en Masa (FRM)	38
5.8 Factores principales condicionantes y desencadenantes que propician la ocurrencia de Peligros Geológicos	39
5.8.1 Factores naturales	40,41,42,43
CAPÍTULO VI: PELIGROS GEOLÓGICOS	44
6.1 Concepto	44
6.2 Uso de Geindicadores Ambientales	44
6.3 Descripción de los Peligros Geológicos	45
6.3.1 Derrumbes	45
6.3.2 Deslizamientos	46,47
6.3.3 Tasa de Movimiento	48
6.3.4 Flujos	48,49
6.3.5 Movimientos Complejos	50
6.4 Otros peligros geológicos	50
6.4.1 Erosión de laderas	50
6.4.2 Erosión fluvial o de riberas	51
6.5 Peligros Hidrológicos	52

6.5.1 Inundaciones	52
6.6 Peligro Sísmico.....	53
6.6.1 Sismicidad	53
6.6.2 Intensidad.....	54
6.6.3 Historia Sísmica	55,56
CAPÍTULO VII: ÁREAS CRÍTICAS SUJETAS A PELIGROS GEOLÓGICOS.....	57
7.1 Deslizamientos y Movimientos Complejos	57,58,59
7.2 Derrumbes	60
7.3 Erosión de laderas.....	61,62
7.4 Huaycos.....	63,64
7.5 Inundaciones y erosión fluvial.....	65,66,67
CAPÍTULO VIII: HERRAMIENTAS DE SOPORTE GEOAMBIENTAL	68
8.1 Utilización de Técnicas de Percepción Remota	68
8.2 Tipos de Imágenes	69
8.3 Modelo de Elevación Digital (DEM)	69
8.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS).....	70
8.5 Usos de un SIG a diferentes escalas	71
8.5.1 Usos a nivel nacional.....	71
8.5.2 Usos a nivel regional	71
8.5.3 Usos a nivel local.....	72
8.6 Uso de Mapas Temáticos	72,73
8.6.1 Mapa de Inventario de Peligros Geológicos (MPG)	74
8.6.2 Mapas de Instalaciones Críticas (MIC).....	75,76
8.6.3 Mapa de Ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa.....	77
8.6.4 Mapa de Procesos de Erosión de Laderas	78
8.6.5 Combinación de Mapa de Instalaciones Críticas con Mapa de Peligros Geológicos.....	78,79,80
8.6.6 Combinación con otros tipos de mapas	81
CAPÍTULO IX: ZONIFICACIÓN GEOAMBIENTAL	82
9.1 Preguntas del Caso	82
9.2 Criterios de Zonificación	83,84
9.3 Uso del Territorio	85

9.4 Variables Geoambientales que intervienen para caracterizar la Amenaza	86
9.4.1 Litología	86,87
9.4.2 Geomorfología y pendientes	88
9.4.3 Usos del suelo	88
9.4.3.1 Cultivos de secano	88
9.4.3.2 Suelo desnudo permanente	88
9.4.3.3 Expansión urbana	89
9.4.3.4 Actividad minera no metálica	89
9.4.3.5 Suelos con vegetación escasa.....	90
9.4.5 Actividad de los procesos erosivos y estabilidad de los terrenos	90
9.5 Factores detonantes	91
9.5.1 Clima	91
9.5.2 Sismicidad.....	92
9.6 Zonificación de la Susceptibilidad.....	93,94
9.6.1 Geomorfología vs. Mapa de Peligros Geológicos.....	95,96
9.6.2 Pendiente vs Mapa de Peligros Geológicos	97
9.6.3 Litología vs Mapa de Peligros Geológicos.....	98
9.6.4 Usos del suelo vs Mapa de Peligros Geológicos	98,99
9.7 Zonificación de la Amenaza.....	100,101
CAPÍTULO X: MEDIDAS DE PREVENCIÓN FRENTE A PELIGROS GEOLÓGICOS	102
10.1 Criterios para la identificación de zonas amenazadas por peligros geológicos	102
10.2 Actividad Minera	103
10.3 Instalación de Equipo de Emergencia	104
10.4 Criterios de Evacuación.....	105
10.4.1 En pueblos y Áreas Urbanas	105
10.4.2 En Operaciones Mineras y Obras Civiles	106
10.4 Medidas Correctivas	106
10.5.1 Uso de la Vegetación.....	107
10.5.2 Muros.....	108
10.5.2.1 Muros de Gravedad	108
10.5.2.2 Muros en L	108,109
CAPÍTULO XI IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE	110
11.1 Impactos de Origen Natural.....	110
11.2 Impactos de Origen Antrópico	111
11.2.1 Impacto visual sobre el paisaje	111

11.2.2 Impactos Sociales	112
11.2.3 Impactos Culturales.....	113
11.2.4 Impactos en la calidad del suelo	113
11.2.5 Impactos en la calidad del aire	114
11.2.6 Impactos en la calidad del agua	114,115
11.3 Conclusiones	116,117,118,119
BIBLIOGRAFÍA	120,121,122,123

LÁMINAS Y FIGURAS (insertadas dentro del texto)

Figura N°1 : Ubicación y Acceso

Mapa N° 1: Precipitación Total Anual

Mapa N° 2: Clasificación Climática

Mapa N° 3: Unidades Geomorfológicas

Mapa N° 4: Unidades Litológicas

Mapa N° 5: Pendiente de los Terrenos

Mapa N° 6: Inventario de Peligros Geológicos

Mapa N° 7: Ubicación de Instalaciones Críticas

Mapa N° 8: Ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa

Mapa N° 9: Procesos de Erosión de Laderas

Mapa N° 10 : Usos del Suelo

Mapa N° 11 : Actividad de Procesos y Estabilidad de los Terrenos

Mapa N° 12: Aceleración sísmica

Mapa N° 13 : Susceptibilidad de los Terrenos a los Peligros Geológicos

Mapa N° 14: Amenazas totales

RESUMEN

La presencia de un fenómeno natural que represente amenaza para la vida del hombre y/o sus actividades en un determinado territorio, implica una limitación en el uso de éste; es necesario entonces, planificar el uso del territorio teniendo en cuenta su limitación con el fin de coexistir con el fenómeno natural y sus manifestaciones ya sea restringiendo la presencia del hombre y/o de sus actividades, adecuando sus condiciones de infraestructura para reducir su vulnerabilidad o implementando planes conducentes a la mitigación del riesgo.

La geología ambiental dentro de las ciencias de la tierra se refiere al estudio de la totalidad de las amenazas de origen natural , la importancia de ésta rama en nuestro país es muy grande, es una herramienta moderna y hoy en día su aplicación cobra gran importancia en diversos estudios y proyectos. En el Perú, la ausencia de planes de ordenamiento territorial, la falta de definición de zonas expuestas a amenazas y la carencia de estudios sobre fenómenos que involucran amenaza, aseguran un aumento en el número y magnitud de desastres de origen natural.

El conocimiento de los fenómenos naturales que constituyen amenaza, implica el análisis, síntesis y evaluación responsable de los procesos naturales de tipo catastrófico de nuestra condición geodinámica. Este conocimiento basado en la identificación, evaluación y definición de las amenazas naturales requiere de un alto grado de rigor técnico y científico. Sin este requisito el levantamiento de la información para su espacialización carece de sentido, valor, lógica y responsabilidad.

La Zona en estudio comprende el territorio de Ayacucho donde han ocurrido una serie de fenómenos naturales tanto de geodinámica externa

(deslizamientos, huaycos, derrumbes, etc.) como interna (sismos) provocando desastres con fuerte incidencia en el desarrollo socioeconómico de la región. Durante los últimos años, principalmente como resultado de varios desastres naturales, la geología ha empezado a ser considerada fundamental en el diseño urbano, en la selección de sitios para la instalación de rellenos sanitarios, obras mineras y en todo lo que tiene que ver con peligros naturales.

El objetivo del trabajo es presentar una metodología de aplicación para zonificación de amenazas, la misma que servirá para centros poblados, mineros, obras de infraestructura que se emplazan en áreas críticas siendo muchos de ellos afectados directamente o indirectamente por los peligros geológicos, geometeorológicos y antropogénicos, los mismos que pueden provocar la paralización de las actividades y ocurrencia de accidentes que causan pérdidas humanas.

El presente trabajo empieza haciendo una descripción del área en estudio, comentando acerca de la infraestructura y recursos naturales que presenta la zona, mayormente recursos mineros no metálicos, luego se hace un reconocimiento de los factores ambientales como pluviometría, temperatura, clima, geología y geomorfología, agua y suelos, finalmente se hace también un comentario sobre el Fenómeno de El Niño, muy importante desde el punto de vista climatológico por las consecuencias desastrosas para el país que origina durante su ocurrencia.

En lo concerniente al ambiente físico del área se trata los aspectos geológicos, geomorfológicos y litológicos por ser una zona de características particulares por poseer suelos y rocas cuyo comportamiento ante los agentes climáticos traen consigo la ocurrencia de la mayoría de fenómenos naturales en el área, por lo tanto, es imprescindible contar con estos datos, así como los datos sobre la pendiente y sismicidad de la región, éste último por ser también un detonante para la ocurrencia en mayor escala de fenómenos de remoción

en masa y saber la historia sísmica como dato histórico valioso para posteriores trabajos que se realicen en el área del punto de vista de infraestructura.

Para llevar a cabo el estudio se requirió también del uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) y sensoramiento remoto, muy útil en el manejo de amenazas naturales para enfocar las áreas prioritarias y zonificarlas mediante la confección de tablas matrices donde se identifican las zonas críticas sujetas a experimentar fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos para luego confeccionar mapas temáticos donde figuren las áreas críticas susceptibles a estos fenómenos, de suma utilidad para la planificación, dándose luego las medidas de prevención que hay que tomar frente a la ocurrencia de peligros geológicos.

Adicionalmente, se cita ejemplos de casos puntuales de zonas que han experimentado los efectos de los peligros geológicos y donde es posible que vuelvan a ocurrir haciendo ver lo necesario que es plasmar estos datos mediante mapas donde se facilite la identificación y la clasificación de los componentes geo-ambientales que integran físicamente la zona. Finalmente se menciona las medidas de prevención ante la ocurrencia de peligros geológicos y se hace una evaluación visual del impacto ambiental producido en el área en estudio, encontrándose dos tipos de impacto, natural y antrópico.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la tendencia actual de las ciudades es emplazarse y desarrollarse en sectores de morfología agreste, donde el medio de fundación es complejo y la creciente ocupación de valles de quebradas y ríos, permite prever que el riesgo geológico asociado a fenómenos de remoción en masa (FRM) aumentará, si no se desarrolla una investigación orientada a identificar y caracterizar las áreas vulnerables que serán afectadas por estos fenómenos.

El geólogo, debe traducir e interpretar hechos científicos observados o medidos que describen la rareza o particularidad del carácter físico de la corteza terrestre y hacerlos comprensibles a otros profesionales para determinar las condiciones de una área.

Cuando se proyecta la construcción de un camino, una represa, un asentamiento urbano, minero o cualquier obra, se debe evaluar si un sitio es o no el adecuado, sus ventajas y desventajas, cuales son las características de los materiales presentes, su distribución espacial y que características negativas se pueden modificar.

Las obras de mayor envergadura son las represas, túneles, caminos, puentes y grandes desarrollos urbanos, en estos proyectos el ingeniero geólogo especializado en riesgos debe asegurar que los factores geológicos que afectan la ubicación, diseño, construcción, operación de las obras sean reconocidos y previstos adecuadamente, además de ser multidisciplinarios para lograr la máxima eficiencia.

1.1 ANTECEDENTES

Durante las últimas décadas la Región Ayacucho ha sido duramente golpeada por problemas sociales que la empobrecieron y la aislaron del mundo actual; estos problemas se vieron incrementados por la ocurrencia de fenómenos naturales que causan graves daños en su economía, debido principalmente a la falta de planes de ordenamiento territorial.

Este estudio fue efectuado durante la ejecución del estudio de Riesgo Geológico de la Franja N°3 (12° - 14°, de Latitud Sur), que comprende los territorios de los departamentos de Lima, Ica, Ayacucho, Huancavelica, Cusco, Puno y Madre de Dios; llevado a cabo por la Dirección de Geología Ambiental dentro de las actividades programadas en forma anual por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Con el fin de lograr resultados que conlleven a un mejor uso del territorio, la presente tesis busca contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población involucrada, con aporte de información geológica y temática del medio ambiente y peligrosidad geológica.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos que persigue el presente estudio son:

1. Diagnosticar en forma preliminar los peligros geológicos y antropogénicos que afectan el ambiente de la región en estudio.
2. Zonificar en base al estudio de los peligros geológicos áreas susceptibles a experimentar en mayor o menor grado los efectos de la

ocurrencia de un fenómeno natural y posibles zonas de expansión urbana y desarrollo.

3. Dar elementos de decisión a las autoridades regionales para que los integren a los planes de desarrollo y prevención de desastres, en la medida en que estos se puedan presentar.
4. Establecer parámetros de prevención y mitigación para tratar las diferentes clases de peligros geológicos que afectan a la zona.
5. Contribuir a que la población involucrada tenga una mejor calidad de vida.
6. Tomar como documento guía el presente texto, e incluir éste tipo de estudios en futuras ubicaciones de terrenos destinados para instalaciones de centros poblados, obras civiles y mineras.
7. Presentar la presente tesis a la Sección de Post-Grado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería para obtener el grado de Maestro en Minería y Medio Ambiente.

1.3 HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN

La hipótesis del presente trabajo está dada por: **“¿los peligros geológicos influyen directamente en el ordenamiento del territorio, siendo necesario una zonificación de éste para mitigar y reducir el riesgo y la vulnerabilidad?”**.

La respuesta es sí; debido a que estos suceden con bastante frecuencia en nuestro territorio en terrenos donde se ubican centros poblados, obras civiles, asientos mineros, comprometiendo en muchos casos las actividades que allí se realizan, pérdidas materiales, vidas humanas, cambio sorpresivo en el medio ambiente y contaminación del entorno; el presente estudio queda plenamente justificado por la mayor demanda de tierras y recursos.

Mediante éste tipo de estudio se adoptará medidas necesarias de prevención durante la construcción y operación de cualquier obra de infraestructura que se planee ubicar en un determinado lugar, tomando conciencia del peligro geológico y su influencia en el desarrollo de las operaciones y las medidas a adoptar ante su ocurrencia.

1.4 METODOLOGÍA

El trabajo se ha realizado en las siguientes fases:

1.4.1 Gabinete I y II

- 1.- Recopilación, selección y evaluación de la información bibliográfica y cartográfica, hidrológica y sísmica disponible.
- 2.- Fotointerpretación en base a aerofotografías e imágenes de satélite para ver su geología, geomorfología y zonas donde existe probable actividad de geodinámica externa.
- 3.- Elaboración de la información geológica básica a emplearse en los trabajos de campo.

4.- Análisis y comparación de la información obtenida en los trabajos de campo y gabinete.

5.- Tratamiento de la información hidrológica y sísmica

6.- Preparación del texto

1.4.2 Campo

1.- Comprobación en campo de la información obtenida en la fase de gabinete I y entrevistas con las autoridades locales y pobladores.

2.- Reconocimiento geológico con obtención de perfiles de suelos.

3.- Identificación de procesos morfodinámicos antiguos, recientes y actuales.

4.- Inventario y evaluación in situ de los fenómenos de remoción en masa mediante el llenado de fichas de peligros geológicos.

1.5 BASE CARTOGRÁFICA

Para la ejecución de este trabajo se ha utilizado:

1.- Cartas fotogramétricas a escala 1:100, 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

2.- Fotografías aéreas vuelo USAF escala 1:40,000 a 1:60,000 disponibles en el IGN.

3.- Mapas de la Carta Geológica a escala 1:100,000.

4.- Imágenes de satélite Landsat 5 TM y Landsat 7 TM a escala 1:50,000, 1:100,000.

5.- Mapas a escala 1: 1'000,000 de Ecología, Clima, Hidrología, etc. de diversos organismos públicos

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1 ÁMBITO DE ESTUDIO, UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio esta comprendida entre las siguientes coordenadas:

562 000 - 588 000 Longitud Oeste
85 62800 – 85 42000 Latitud Sur

La zona en estudio abarca un área aproximada de 536 Km². Involucra el sector noroeste de la hoja de Ayacucho y abarca el departamento de Ayacucho y parte de Huancavelica (ver Fig.Nº1).

2.2 ASPECTOS POBLACIONALES

La capital de Ayacucho, Huamanga, tiene la mayor cantidad de población de 110,745 hab., con una densidad poblacional de 1011.48 hab./km². y alberga 15 distritos.

En lo referente a la población urbana el mayor número se encuentra en la provincia Huamanga, específicamente en el distrito de Ayacucho con el 68% de la población, el resto vive en zonas rurales.

La ciudad de Ayacucho tiene un incremento intercensal (1981-1993) de 52.3 %. y la tasa de crecimiento promedio anual fue de 3,6. (INEI 2,001).

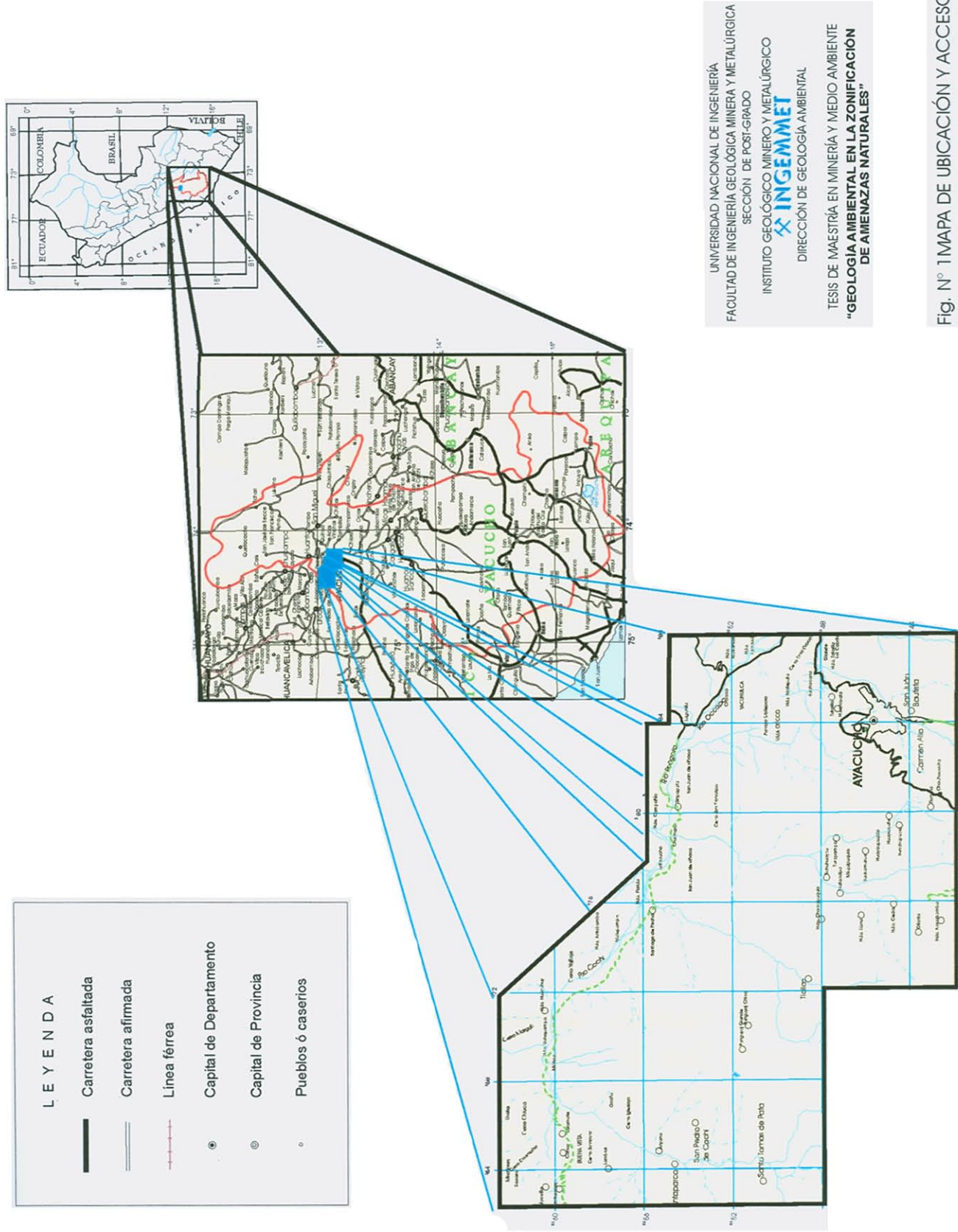


Fig. N° 1 MAPA DE UBICACIÓN Y ACCESO

El mayor número de viviendas ocupadas se presenta en la provincia de Huamanga con un total de 40,292.

Entre los principales distritos involucrados en la provincia de Huamanga se encuentran: Carmen Alto (11, 178 hab.) y San Juan Bautista (25,942 hab.), Ticllas (993 hab.), San Pedro de Cachi (908 hab.); en la provincia de Angaraes en el departamento de Huancavelica Santo Tomás de Pata (746hab.) y Antaparco (481 hab.).Entre las comunidades más importantes destacan Cahua, Laramate, Lambras, Anyana, Atacocha, San Martín y Titimina.

2.3 INFRAESTRUCTURA

En este acápite se hace mención de las redes viales existentes, así como también el principal proyecto de irrigación con que cuenta Ayacucho, la actividad minera no metálica en explotación y obras de energía como la C.H de Campanayocc.

2.3.1Infraestructura Vial

En el área en estudio existen carreteras asfaltadas, afirmadas y trochas carrozables, como también caminos de herradura, que nos llevan a comunicar hasta el interior de la zona en estudio.

Redes viales principales

Entre las principales carreteras asfaltadas tenemos la Panamericana Sur, Lima – Pisco, la cual atraviesa los departamentos de Lima e Ica. Tiene un aproximado de 280 Km. (límite de la hoja de Pisco, 28-k).

Otra vía principal es la carretera asfaltada Los Libertadores que va desde Pisco (San Clemente) a Ayacucho con 330 Km.

Redes viales secundarias

Para ingresar a nuestra área en estudio existen carreteras afirmadas y trochas carrozables, dentro de las cuales podemos mencionar:

Carretera Ayacucho – Julcamarca

Importante vía que se encuentra como trocha carrozable y por partes afirmada, llegándose a Julcamarca en dos horas treinta minutos, la vía corre en la margen derecha del río Cachi.

Carretera Laramate-Antaparco

Trocha carrozable que lleva hasta la localidad de Antaparco, sigue la dirección del río Cachi hacia la margen izquierda, llega hasta Santo Tomás de Pata, mediante un desarrollo en mal estado por ser de reciente construcción.

2.3.2 Infraestructura Agrícola

En forma regional, el departamento de Ayacucho cuenta con el proyecto Especial Río Cachi , cuyo objetivo es la incorporación de 21,463 ha. de áreas de cultivo al sistema de riego, generando 16.8 MW. de energía eléctrica (C.H Campanayoc 15.00 MW y C.H Catalinayoc 1.8 MW) y un suministro de agua en 0.95 m³/s para consumo doméstico e industrial en Ayacucho y 0.15 m³/s para preservación ecológico y finalmente la elevación del nivel de vida de la población.

Proyecto Especial Río Cachi

Es la obra hidráulica de mayor envergadura que se ha construido en el departamento de Ayacucho. La construcción se inició en 1987, su infraestructura de canales tiene origen en las tres bocatomas construidas para captar las aguas de los ríos Apacheta, Choccoro y Chicllarazo, afluentes principales del río Cachi.

Las aguas son derivadas a la Presa Cuchuquesera (ver Foto N°1) que embalsa 80 millones de metros cúbicos, las aguas serán derivadas a través de canales hasta la ciudad de Huamanga y entregada a la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Ayacucho para su tratamiento.

2.3.3 Minería

En el área en estudio se ha desarrollado la minería no metálica, existen depósitos de Diatomitas, yeso, arcillas, puzolanas, bentonitas, sillar, arenas y gravas. A continuación se menciona algunas minas no metálicas que están en actividad.

PRINCIPALES MINAS NO METÁLICAS.

Nombre	Sustancia	Coordenada UTM		Descripción
		Este	Norte	
Yesera San Rafaél (Escojillhuaijo)	Gyp	574962	8543270	Mat. Yeso en capas rojas: N25E/15NW, bancos de 5 m de grosor.
Luyanta, depósito	Gyp	575480	8543502	Mat. Yeso en capas rojas: N35E/55NW, bancos de 7 m de grosor. OxFe(aprox 2%).
Calina II, denuncia	Gyp	567130	8559620	Mat. suelto de yeso en capas rojas: OxFe (aprox 2%).
	Gyp	567128	8559676	Mat. Yeso en capas rojas idem 011: N25E/60NW, bancos hasta 4 m de grosor. OxFe(2%).
Buena Vista, cantera	Gyp	566419	8560472	Mat. suelto de yeso en capas rojas: OxFe(aprox 2%)
	Gyp	566481	8560462	Mat. yeso en capas rojas: N35W/40SW, bancos hasta 1 m de grosor. OxFe(2%).
Sillar Ayacuchano	Sillar	583962	8553906	Mat. riolítico a dacítico algo compacto con frag. líticos de vidrio y andesita (20%)
Flor de María, denuncia	Puzzol.	584470	8553488	Mat. riolítico a dacítico algo compacto con frag. líticos de vidrio y andesita (10%)
Calizas Simpapata	Caliza	580140	8554390	Mat. calcáreo, con chert en estratos hasta 2 cm (20%) + OxFe (3%) : N60W/60NE
Piedad, denuncia	Gyp	565961	8553464	Mat. yeso en capas rojas: N20W/55NE, banco hasta 5 m de grosor. OxFe(2%).Fracturado.
	Gyp	565991	8553410	Mat. yeso en capas rojas: N10W/65NE, banco hasta 7m de grosor. Arcillas interestratíf. (20%).
Atacocha 97, depósito	Sal	566276	8555286	Mat. de sal (80%) + yeso (10%) + arcillas (10%). 0.5 m pot. N10W/10NE.
Piedad, denuncia (Iglesia y)	Gyp	567200	8556686	Mat. yeso en capas rojas (40%): N15W/15NE, banco de 3.5m de grosor. contaminantes(60%).
	Gyp	567200	8556686	Mat. yeso en capas rojas (80%): N15W/15NE, banco de 2.5m de grosor contaminantes(20%).
Yesera de Atacocha	Gyp	567410	8556720	Mat. Idem 303031: N15W/15NE, banco de 3.0 m.
Yuraq Era (Ticllas)	Gyp	573029	8548892	Mat. yeso en capas rojas(95%): N80E/15NW, banco de 5.0m de grosor, contaminantes(5%).
	Gyp	573029	8548892	Mat. yeso en capas rojas (90%): N80E/15NW, banco de 5.0m de grosor, contaminantes(10%).
Calina III, denuncia	Gyp	575269	8548218	Mat. yeso en capas rojas (80%): N80E/15SE, banco de 5.0m de grosor, contaminantes(20%).
Santa Sofía, cantera	Cly	582000	8555740	Mat. de arcilla común contaminada (30% conglomerad.): banco 2.5 m de grosor.
Santa. Cruz, cantera	Cly	581657	8555914	Mat. de arcilla común contaminada (30% conglomerado): banco 2 m de grosor.
Huayllapampa, cant.	Cly	584148	8554098	Mat. de arcilla contaminada (50% arenas finas a gruesas): banco 2 m de grosor.
Antaparco, depósito	Sal	564537	8554900	Mat. Sal común contaminantes (30% arcillas + Fe): banco 6m de grosor en capas rojas
	Gyp	564507	8554828	Mat. yeso en capas rojas: horizontales, banco hasta 6 m de grosor, contaminantes (20%).
Cedro, denuncia	Gyp	575267	8545186	Mat. yeso en capas rojas: N20W/25SW, banco hasta 4 m de grosor, contaminantes (2% Fe).
Sapsi, denuncia	Gyp	575600	8544482	Mat. yeso en capas rojas: N20W/30SW, banco hasta 3 m de grosor, contaminantes (2% Fe).
	Gyp	575600	8544482	Mat. yeso en capas rojas (idem 67): N20W/25SW, banco hasta 2m de grosor, contaminantes(2% Fe).
Sta. Albina, denuncia.	Gyp	577340	8550336	Mat. yeso (concentración residual en material coluvial): contaminantes (5% Fe).

Leyenda

Gyp : Yeso

Sílice: Arena

Puzzol : Puzolana

Dit : Diatomita

2.3.4 Energía

Proyecto Camisea

La zona de estudio cuenta con el ramal Ayacucho del gasoducto Camisea (Foto N°2) , cuyos yacimientos de gas están ubicados en la cuenca Ucayali, dentro del departamento del Cusco.

Los yacimientos San Martín y Cashiriari, conjuntamente conocidos como Bloque 88, Camisea, albergan aproximadamente 11 trillones de pies cúbicos de gas natural y 600 millones de barriles de líquidos asociados.

El gas natural de los yacimientos será procesado en una planta de separación ubicada en las Malvinas, a orillas del río Urubamba y se transportará por un gasoducto hasta la costa, pasando uno de sus ramales al noroeste de Acocro, muy cerca de la ciudad de Huamanga hasta Vinchos.



Foto N° 1.- Presa Cachuquesera, obra de gran envergadura para la región de Ayacucho.



Foto N° 2.- Gasoducto Camisea en Licapa, Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica.

CAPÍTULO III

FACTORES AMBIENTALES

3.1 PLUVIOMETRÍA

En la vertiente Atlántica se registran los mayores valores de precipitación, específicamente en el Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental. La precipitación media acumulada anual para el período 1967-1980 fue 551.2 mm., y en el 2001 según el Boletín Estadístico Mensual del Sector Agrario fue de 432.6 mm., incrementándose de diciembre a marzo (ver Mapa N°1).

Estación Ayacucho

Prov. Huamanga

Dist. Tambillo

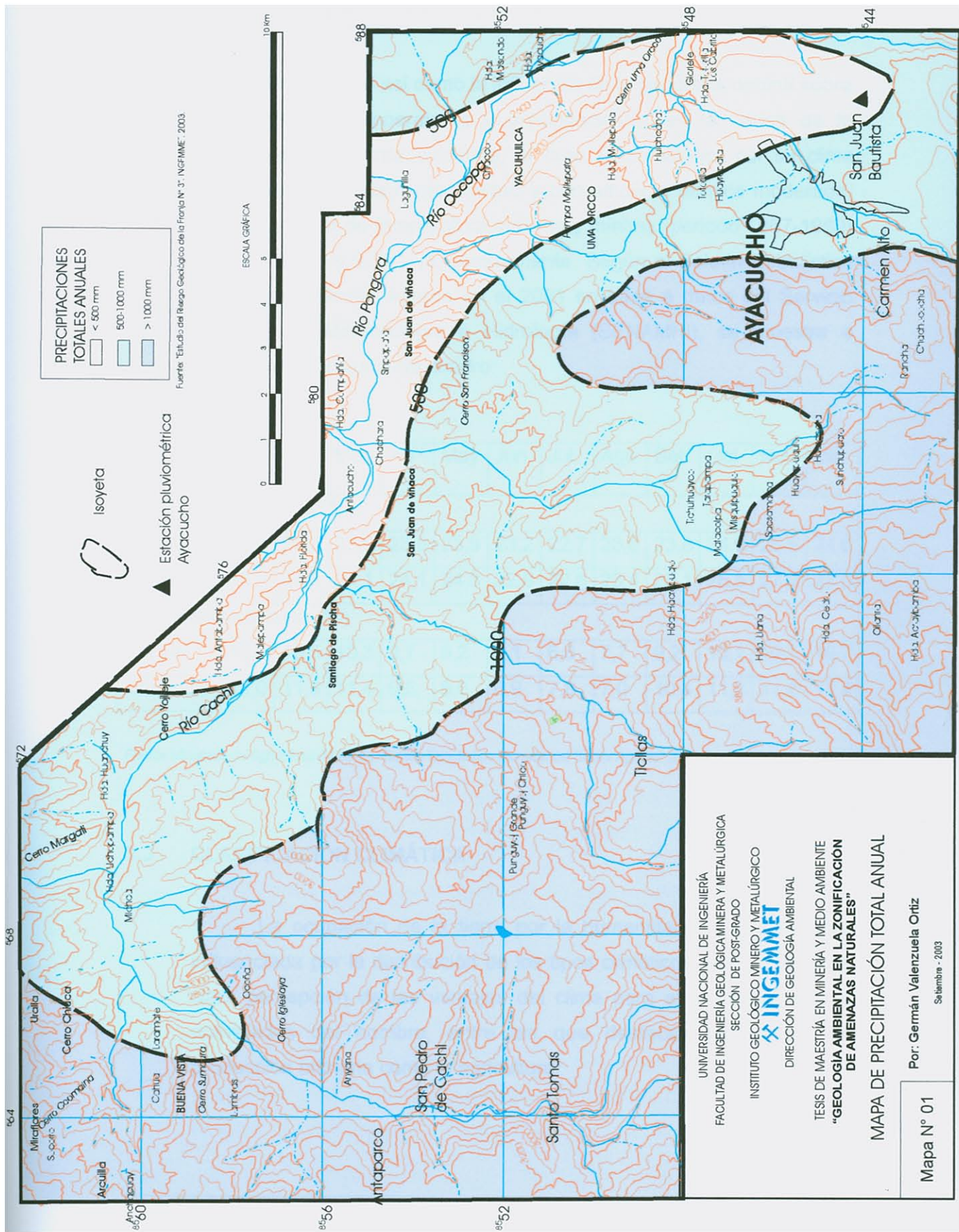
Latitud: 13° 09' S, Longitud 74° 12' O. Alt. 2 761 msnm

	Ene	Feb	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)												
Normal	117,1	101,5	93,6	32,7	9,2	7,2	7,7	11,6	24,1	36,8	43,7	66,2
Acumulado	94,0	47,0	84,0	18,0	46,0	---	2,0	8,0	8,0	22,6	48,0	55,0

Fuente Ministerio de Agricultura (MINAG)-"Boletín Estadístico Mensual del Sector Agrario" 2001

3.2 TEMPERATURA

La zona en estudio comprende un territorio que presenta altitudes que van desde los 2700 msnm hasta los 3,800 msnm. Esta



**PRECIPITACIONES
TOTALES ANUALES**

	< 500 mm
	500-1000 mm
	> 1000 mm

Fuente: "Estudio del Riesgo Geológico de la Franja N° 3", INGEOMET, 2003

Estación pluviométrica
Ayacucho

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
SECCIÓN DE POST-GRADO
INGEMMET
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN
DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL

Mapa N° 01

Por: Germán Valenzuela Ortiz

Septiembre - 2003

diferencia de altitud así como la influencia de la geografía andina sobre el régimen de temperaturas y precipitaciones, es la causa de lo homogéneo del clima existente, el cual se caracteriza por su clima templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1967-1980) fue de 23.8°C y 9.3°C, respectivamente. Según el Boletín Estadístico Mensual del Sector Agrario en el 2001 en base a datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se muestra a continuación el siguiente cuadro:

Est. Ayacucho	Ene	Feb	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Temperatura Máxima (°C)												
Normal	23,6	23,5	23,0	23,8	23,9	23,2	22,7	23,6	23,8	24,9	25,5	24,6
Promedio	23,2	24,1	24,1	24,1	24,3	22,8	22,6	23,4	25,1	26,5	27,2	27,0
Temperatura Mínima (°C)												
Normal	10,5	10,5	10,3	9,7	8,2	7,1	6,6	7,7	9,2	10,1	10,7	10,7
Promedio	11,0	11,3	11,4	9,5	8,8	6,9	7,8	7,0	10,4	11,2	11,8	11,4

Fuente Ministerio de Agricultura (MINAG)-"Boletín Estadístico Mensual del Sector Agrario" 2001

3.3 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

La ocupación de la tierra por la humanidad ha sido siempre influenciada por la distribución de los tipos climáticos, esto refleja una clara percepción de las ventajas del clima para el desarrollo de las actividades del hombre, entre las que destacan las formas de producción primaria como la agricultura.

Para la Clasificación Climática del área de estudio, se ha tomado como referencia el "Mapa de Clasificación Climática del Perú", elaborado por SENAMHI en base al sistema de clasificación de climas de Werren Thortwhaite, el cual ha sido realizado con información de 20 años de datos meteorológicos de 1965 a 1984, (ver Mapa N°2).

3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

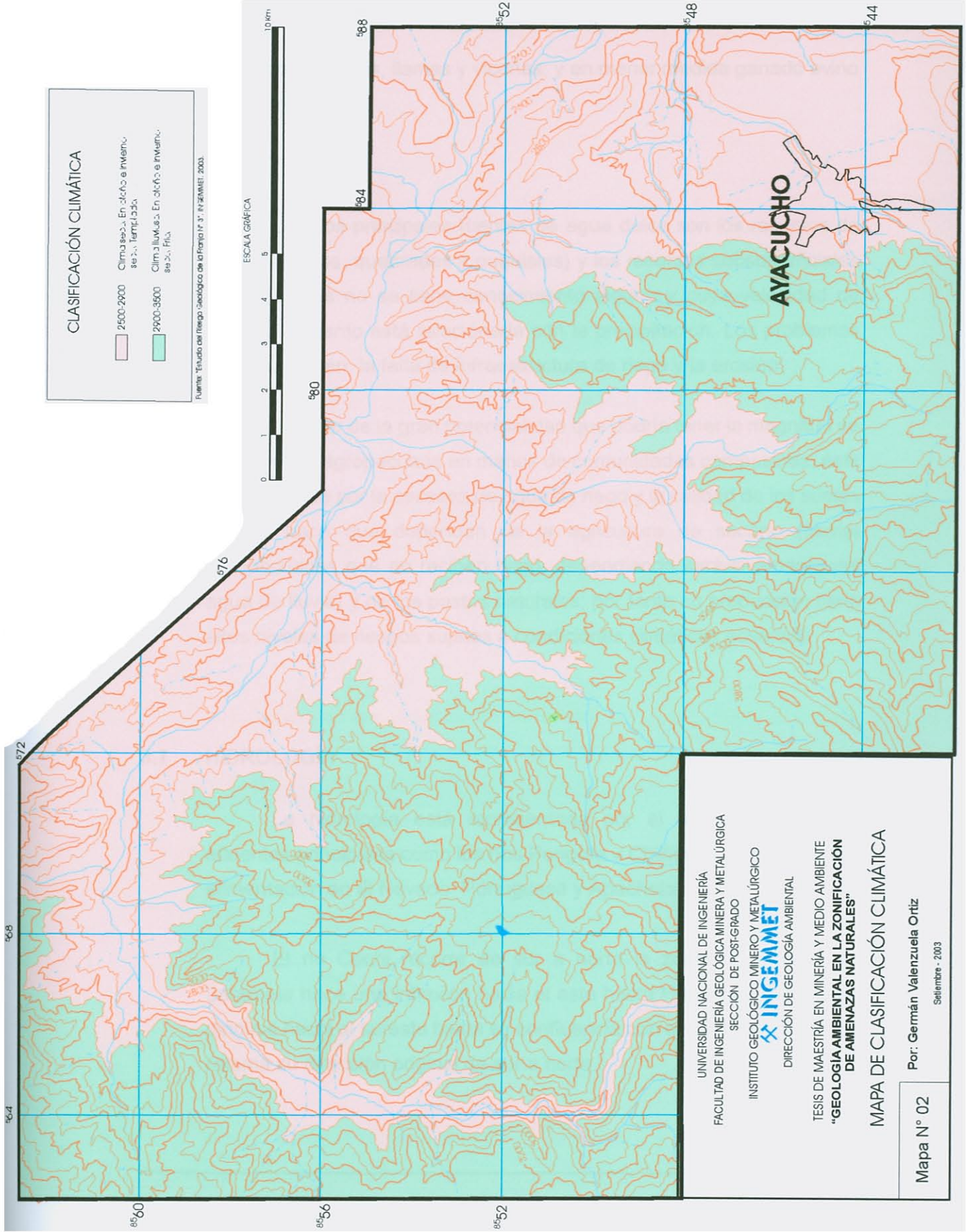
La variación espacial de la geomorfología tiene una importante influencia en la ubicación de pueblos y tipo de actividad económica del área en estudio. La tectónica de la región ha dado como resultado la ubicación geográfica, tamaño y forma del territorio cuya elevación y configuración del terreno accidentado ha propiciado el aislamiento de comunidades y el retraso de las mismas a falta de carreteras que comuniquen a todos los anexos y caseríos de la zona.

3.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

La población es netamente rural hallándose conformada por agricultores, pequeños ganaderos, comerciantes y trabajadores eventuales para la explotación de minerales no metálicos.

El área es muy limitada en recursos naturales debido a la topografía agreste y a la escasez de agua, además toda ésta región fue duramente golpeada por problemas sociales (terrorismo) que la empobrecieron aún más.

Los cultivos principales son el maíz, la papa y la cebada; las zonas agrícolas están compuestas por pastos naturales en los que las familias campesinas se dedican principalmente a la crianza de



CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

- 2500-2900 Climas semi-áridos e intermedios semi-húmedos
- 2900-3500 Climas semi-húmedos e intermedios húmedos

Fuente: "Estudio del riesgo geológico de la Zona N. 3", INGEOMET, 2003.

ESCALA GRAFICA



AYACUCHO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
 "GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Por: Germán Valenzuela Ortiz

Setiembre - 2003

Mapa N° 02

camélidos: alpacas, llamas y vicuñas; y en menor medida ganado ovino y vacuno.

3.6 AGUA Y SUELOS

Las dos principales fuentes de agua dulce son los recursos de superficie (ríos, quebradas y puquiales) y los recursos subsuperficiales de los cuales no se tiene conocimiento alguno y cuya velocidad de reabastecimiento está relacionada con la precipitación. Los problemas se acentúan en la falta de infraestructura de riego y la erosión.

A pesar de la gran potencialidad que podría tener la magnitud de la superficie agropecuaria en manos de comunidades campesinas, ésta se ve limitada por la escasez de agua de riego y la calidad de los suelos lo que hace que dependan de la agricultura de secano (tierras agropecuarias que no reciben riego, dependiendo exclusivamente del agua de lluvia) y de los pastos naturales; por tanto su producción tiene altos niveles de riesgos sujetos a condiciones climáticas adversas.

3.7 HIDROLOGÍA

La hidrología está representada por el río Cachi con sus afluentes principales como los ríos Pongora y Chillico. El río Cachi tiene alimentación en el Nevado Portuguesa y Apacheta.

El río Cachi recorre de sur a norte la zona en estudio, en Laramate hace una inflexión hacia el este hasta Huanchuy para luego dirigirse hacia el sureste hasta su confluencia con el río Pongora, donde retoma su dirección original de sur a norte.

3.8 FENÓMENO DE EL NIÑO

El Niño es el término utilizado para describir un Fenómeno oceánico atmosférico, que se presenta en el Perú como un evento de cambio climático regional que se registra en el verano, y que está caracterizado principalmente por dos factores:

- 1.- Calentamiento de las aguas superficiales del mar, en el Océano Pacífico Ecuatorial y frente a las costas de Perú y Ecuador.
- 2.- Intensificación de la perturbación tropical conocida como Zona de Convergencia Intertropical, con generación de nubes cumuliformes con intensa actividad convectiva y precipitaciones sobre el Ecuador y norte del Perú.

Cronología de los eventos “El Niño” por año, magnitud y anomalía de la temperatura del agua superficial del mar (ASTM)

Año	Magnitud	ATSM	Año	Magnitud	ATSM
1578	Muy Severo	>8° C	1957	Severo	6° C
1891	Muy Severo	>8° C	1965	Débil	2° C
1926	Muy Severo	>8° C	1972	Severo	6° C
1932	Débil	2° C	1977	Débil	2° C
1933	Severo	6° C	1978	Débil	2° C
1939	Débil	2° C	1983	Muy Severo	>8° C
1941	Severo	6° C	1987	Débil	2° C
1943	Débil	2° C	1992	Débil	2° C
1953	Débil	2° C	1998	Muy Severo	>8° C

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Octubre 2002

El fenómeno de El Niño en el período 1982-1983, provocó pérdidas por 1,000 millones de dólares y que el PBI del país cayera en 14 %. Las precipitaciones pluviales dieron lugar a huaycos, inundaciones, deslizamientos y sequías que afectaron principalmente los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Puno, Moquegua, Arequipa y Tacna.

El Niño de 1997-98, provocó pérdidas por 2,020 millones de dólares y una caída del PBI de 2.5 %. Causó inundaciones, huaycos, deslizamientos, derrumbes, etc. Las pérdidas se distribuyeron en daños en infraestructura básica, en trabajos de prevención y rehabilitación.

CAPÍTULO IV

MEDIO AMBIENTE FÍSICO

4.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

En la zona en estudio afloran rocas sedimentarias, volcánicas y volcánicas sedimentarias. Las rocas más antiguas corresponden al Paleozoico Superior y está representado por secuencias volcánicas abigarradas del Grupo Mitu, en contacto discordante con secuencias del Cenozoico conformada por capas rojas de la Formación Socos constituida por conglomerados, areniscas y limolitas con capas de yeso.

Suprayaciendo a ésta secuencia se encuentra las Formaciones Ticllas y Huanta; la primera constituida por tobas claras, lavas y brechas con tonalidades rosáceas y de composición andesítica; la segunda constituida por materiales volcánico-sedimentarios conformados por tres secuencias bien diferenciadas: Miembro inferior conglomerádico, arenoso y limolítico de tonalidades rojizas con intercalaciones de yeso y capas de cenizas, Miembro medio constituido por lavas grises, escorias y lapilli y el Miembro superior constituido por flujos piroclásticos de color blanco, verdoso y amarillento.

Al noreste de la ciudad de Huamanga afloran conos y domos volcánicos cuyos materiales tipo lavas, brechas, lapilli y cenizas suprayacen a las secuencias antes mencionadas y se encuentran en contacto discordante con la Formación Ayacucho que consta de dos miembros: Miembro inferior,

ignimbritas y sedimentos lagunares como limoarcillitas y diatomitas y Miembro superior constituido por lavas andesíticas.

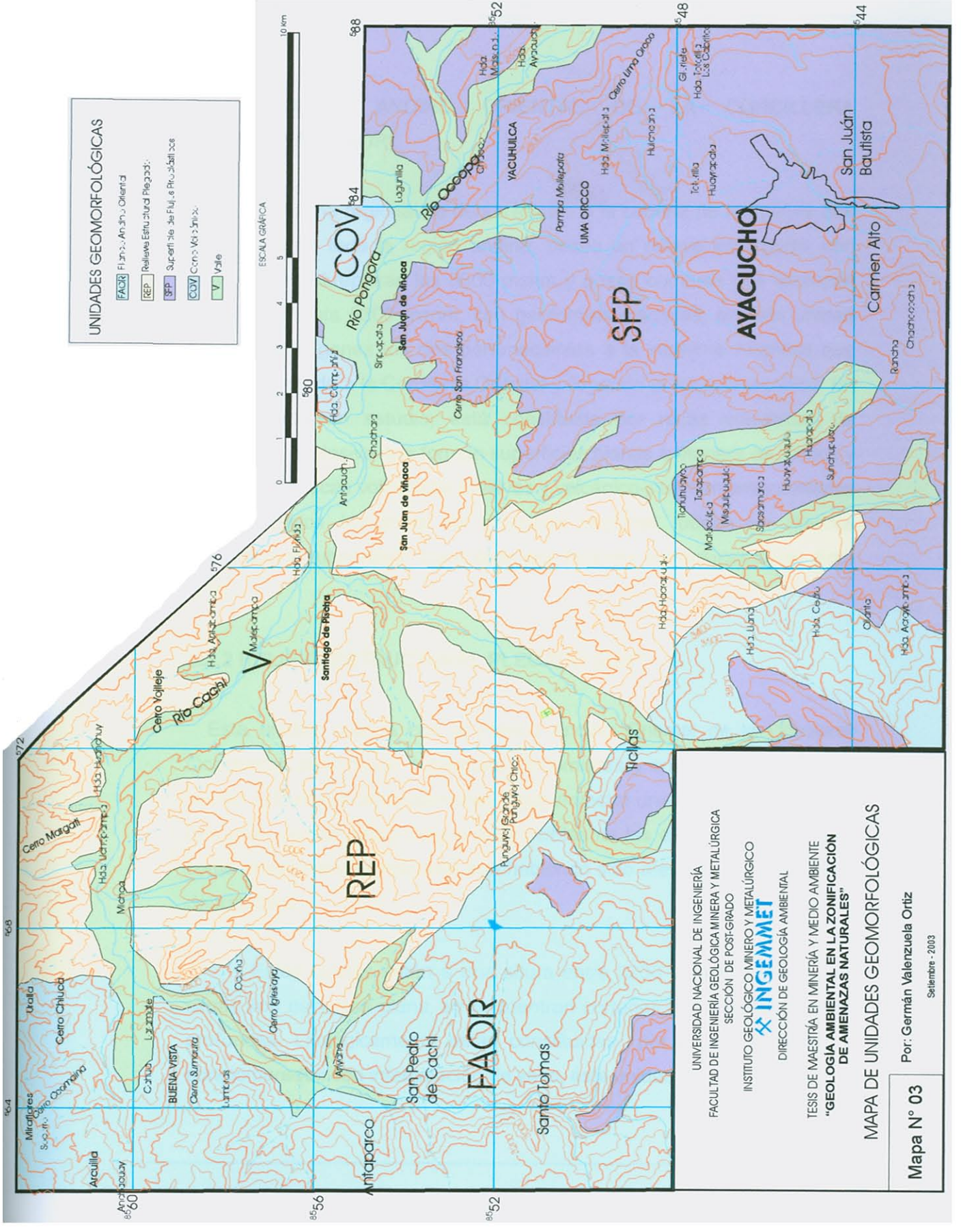
En los alrededores del Complejo arqueológico Huari y en la ciudad de Huamanga aflora la denominada Formación Huari, constituida por derrames de lavas oscuras que sobreyacen a secuencias de diatomitas de la Formación Ayacucho, también existe evidencia de intensa actividad explosiva por encontrarse depósitos de cenizas y pómez dentro de secuencias lagunares.

Cubriendo a toda la columna descrita se encuentran las secuencias del Cuaternario, constituidas por depósitos fluviales de amplia distribución en las márgenes de los ríos, quebradas y depósitos aluviales y coluviales en las laderas de colinas.

Dentro de las rocas intrusivas que se encuentran en el área en estudio podemos citar a la microdiorita Buena Vista, el stock hipabisal andesítico Santo Tomás de Pata y el Complejo subvolcánico Rontuylla de composición riolítica y de edad Permo-Triásico, finalmente, rocas del Paleógeno también se encuentran en el área y lo representa el Pórfido riolítico Quehuavilca.

4.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En el área de estudio se han diferenciado tres unidades geomorfológicas regionales que son el Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental, Relieve Estructural Plegado, Valle Fluvial y dos unidades localizadas que son la Superficie de Flujos Piroclásticos y Conos Volcánicos (ver Mapa N°3).



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

FAOR	Flujos Anárquicos
REP	Relieve Estructural Plegado
SFP	Superficie de Flujo Probabilístico
COV	Cerro Volcánico
V	Vale

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
 SECCION DE POSTGRADO
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRIA EN MINERIA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGIA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACION DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Por: Germán Valenzuela Ortiz
 Setiembre - 2003

Mapa N° 03

4.2.1 FLANCO ANDINO ORIENTAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL (FAOR)

En forma regional se denomina así a la cadena de montañas que se levanta en toda la región andina, posee un relieve escarpado, con alturas que sobrepasan los 3600 msnm y posee cumbres que alcanzan alturas de hasta 5300 msnm, con geoformas glaciares; en esta unidad tienen sus orígenes los ríos pertenecientes a la vertiente Atlántica que drenan cortando a la Cordillera Oriental y llegando al llano Amazónico. En nuestra área en estudio, está constituida por rocas volcánicas de naturaleza explosiva que forman superficies planas a manera de techos y también por rocas volcánicas efusivas y volcánico-sedimentarias cortadas por complejos intrusivos de extensión regional, posee un drenaje dendrítico y subparalelo controlado por factores estructurales (ver Foto N°3).

4.2.2 RELIEVE ESTRUCTURAL PLEGADO (REP)

Esta unidad colinda con el Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental, comprende superficies de lomadas y colinas que tienen un patrón estructural de plegamiento y que muestra una dirección sureste a noroeste, conservando rasgos reconocibles de las estructuras originales como anticlinales y sinclinales aún habiendo sido afectadas por procesos denudativos.

Estas colinas están a una altura entre 3200 y 3400 msnm y sus cimas son de forma plana, se encuentran cortadas por quebradas poco profundas. Litológicamente están constituidas por rocas volcánicas y conglomerados con intercalación de yeso, ésta unidad alberga estructuras



Foto N° 3.- Flanco Oriental de la Cordillera Occidental y Valle del Río Cachi con la quebrada Illapascca como uno de sus tributarios.por la margen izquierda.

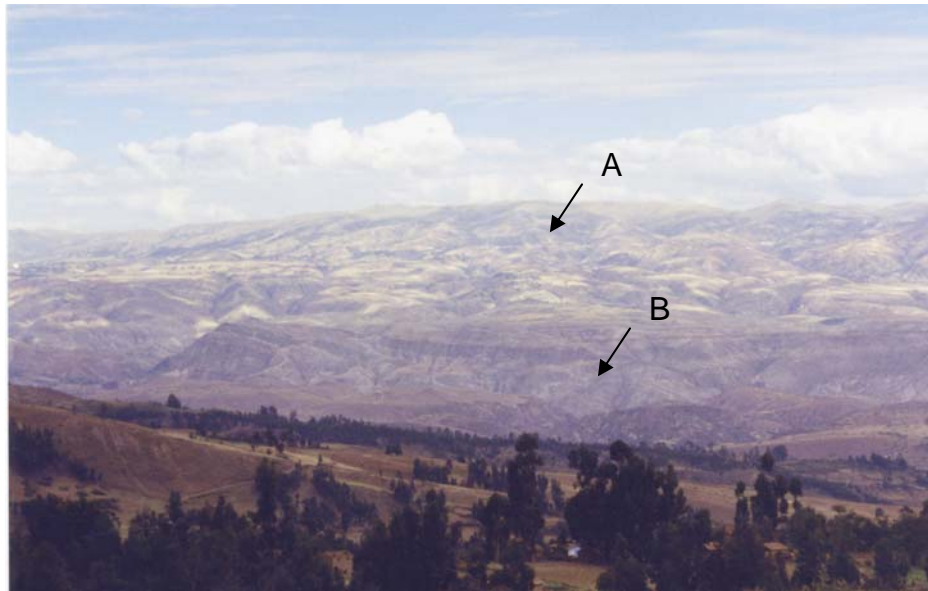


Foto N° 4.- (A) Geomorfología de Flujos Piroclásticos (Sfp) y (B) Relieve Estructural Plegado (REP)

volcánicas del tipo domo y depósitos lagunares que rellenan depresiones (ver Foto N° 4).

4.2.3 Unidades Localizadas

4.2.3.1 Superficie de Flujos Piroclásticos (Sfp)

Son superficies locales, suaves a moderadamente inclinadas, cortadas por torrentes de agua o escorrentía superficial, debido a su naturaleza litológica de estar constituida por tobas y sedimentos volcanoclásticos provenientes de fases explosivas de aparatos y complejos volcánicos que se distribuyen en la región, y que han sido depositadas mediante un mecanismo de nubes ardientes o como flujos de piroclastos, encontrándose cubriendo a rocas antiguas a manera de techo. Una de las principales áreas donde se observa ésta unidad lo constituye la ciudad de Huamanga donde se manifiesta a manera de lomeríos de cimas elongadas de suave pendiente cuyas alturas varían de 4200 a 2800 msnm., presenta un drenaje subparalelo por donde bajan torrenteras que traen material en época de lluvias estacionales. En la ciudad de Huamanga se está tomando estos terrenos para asentamientos humanos siendo la naturaleza litológica de ésta roca extremadamente susceptible a la erosión debido a que forma cárcavas profundas (ver foto N°4).

4.2.3.2 Conos Volcánicos (Cov)

Geoforma reconocida ubicada al norte de la ciudad de Huamanga, el patrón de drenaje para estas geoformas es el radial centrífugo, se trata de un remanente de cono volcánico que ha sido destruido por una actividad explosiva violenta, se observan

superficies horizontales de colada de lava de naturaleza andesítica que poseen 7° de promedio de inclinación y que ante la erosión forman escarpas verticales.

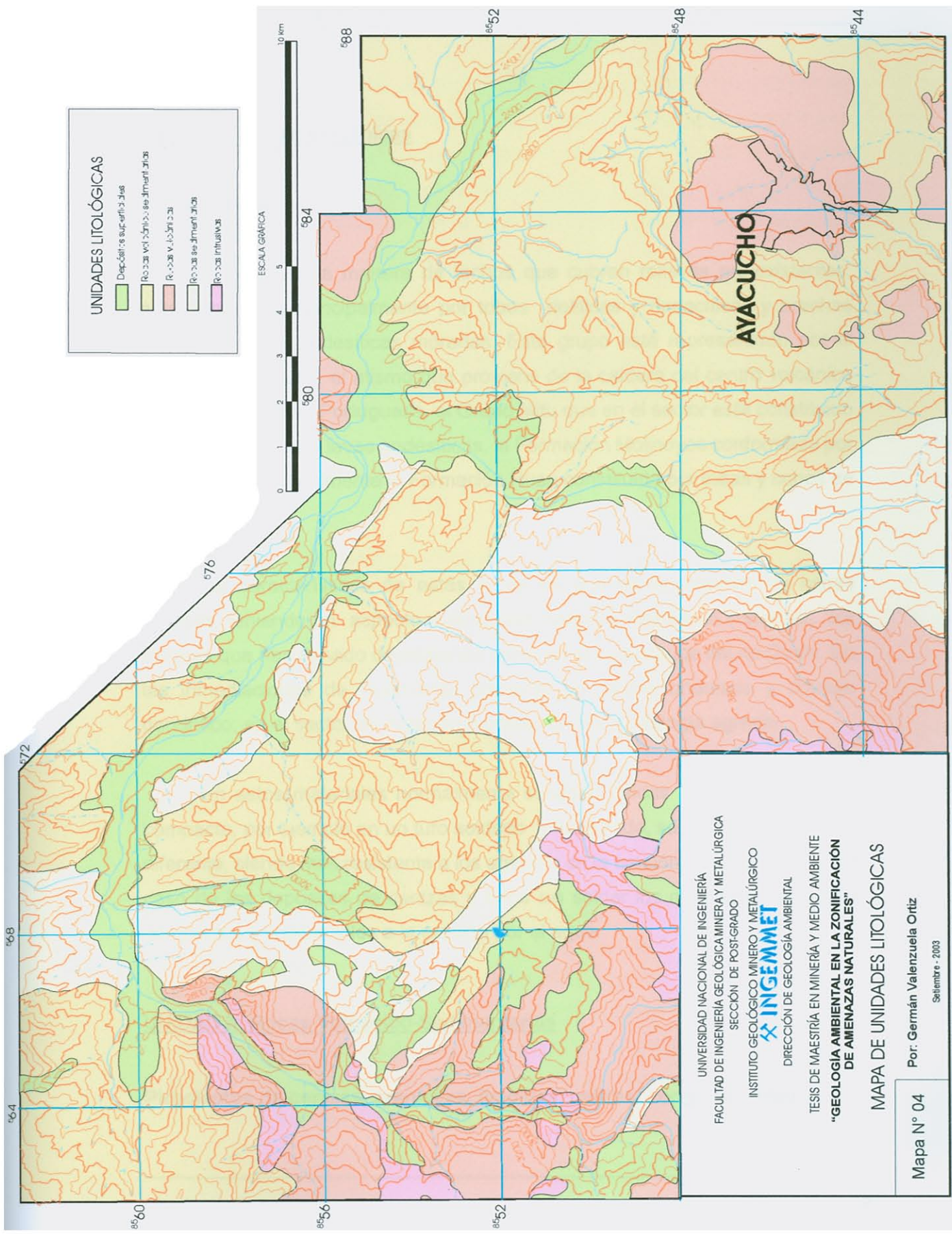
Es de anotar que como parte de la configuración del relieve volcánico de la región, existen domos que son masas de roca que poseen forma de hongo de cimas redondeadas y su origen está en la extrusión de lava muy viscosa y aspecto pastoso, localizadas sobre el orificio de salida, siendo su crecimiento muy lento y en el área se puede observar en la carretera Huamanga-Huanta.

4.2.4 VALLE (V)

Unidad que se encuentra cortando a las unidades anteriormente descritas, los cursos de agua han labrado su cauce en rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias; tiene la forma de "V", en las nacientes el valle se hace estrecho y en su curso medio se expande formando terrazas bajas inundables en época de lluvias estacionales y excepcionales y barras de grava en el cauce.

4.3 ASPECTOS LITOLÓGICOS

En el área en estudio se ha podido determinar cinco clases o grupos de roca que se distribuyen en la zona y que cada una de ellas posee un determinado comportamiento ante los fenómenos de remoción en masa y a los agentes climáticos (ver Mapa N° 4).



UNIDADES LITOLÓGICAS

- Depósitos superficiales
- Rocas volcánicas sedimentarias
- Rocas volcánicas
- Rocas sedimentarias
- Rocas intrusivas

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGÍA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
INGEMMET
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE UNIDADES LITOLÓGICAS

Mapa N° 04

Por: Germán Valenzuela Ortiz

Septiembre - 2003

UNIDAD I: Rocas Volcánicas

Tufos y lavas

Se observan a manera de techos que cubren relieves pre-existentes, está constituido principalmente por tobas riolíticas y riodacíticas y brechas tobáceas, lavas andesíticas moradas. Este grupo está representado por el volcánico Atunsulla, el mismo que proviene de la caldera del centro volcánico del Nevado Volcán Portuguesa, el Grupo Mitu que en el sector está constituido por tobas riolíticas y lavas andesíticas, la Formación Molinoyoc conformada por lavas oscuras y finalmente la Formación Huari constituida por tobas y conos de escóreas.

Las características de estas rocas es que se encuentran en capas gruesas, teniendo un aspecto masivo con marcada disyunción columnar, las mismas que han llenado depresiones como en el paleocauce del río Cachi. En las inmediaciones de Huamanga presenta un relieve ondulado y drenaje dendrítico; en el sector de Antaparco presenta una morfología agreste.

En estos materiales normalmente suceden caídas cuando la roca es compacta, por ejemplo en un tufo soldado y fracturado, su comportamiento es diferente, siendo más resistente a los agentes de la erosión, mientras que en el caso de los depósitos de cenizas y tufos sin soldar los materiales son poco compactos y susceptibles a la erosión por el agua.

UNIDAD II: Rocas Volcánico-Sedimentarias

Piroclastos de cenizas, areniscas, limolitas, calizas, conglomerados

Esta unidad consta de secuencias volcano-clásticas con sedimentos lacustrinos intercalados con flujos lávicos. Dentro de las rocas que constituyen ésta unidad se encuentran las andesitas, basaltos y tobas, secuencias piroclásticas lacustres de areniscas, calizas, tobas riolíticas y lavas, conglomerados y brechas volcánicas. En ésta unidad se ubican las Formaciones Ayacucho y Huanta.

Los valores de resistencia a la compresión en éste tipo de rocas son variables, por estar constituidos por secuencias litológicas mixtas, de la misma manera su susceptibilidad a los fenómenos de geodinámica externa siendo los mas comunes las caídas en forma de derrumbes.

Unidad III : Rocas Sedimentarias

Conglomerados, areniscas, lutitas, evaporitas

Representado por secuencias de capas rojas de conglomerados, areniscas, limolitas claras y lutitas negras con niveles calcáreos y evaporíticos, areniscas cuarzosas, blanco amarillentas, intercaladas con limolitas rojizas con contenido de carbón; dentro de las unidades geológicas se encuentran las formaciones Socos, Acobamba y la secuencia del miembro inferior de la Formación Huanta.

El clima es un factor preponderante para hacer a estas rocas susceptibles a los fenómenos de remoción en masa debido a que la variación de la textura entre los mismos tipos de roca hace que su comportamiento geomecánico sea diferente y si se tiene además rocas del tipo lutitas y margas como parte del macizo rocoso lo hace aún más inestable debido a que éstas últimas suelen ser muy alterables a la intemperie y al contacto con el agua; por lo tanto, estos grupos tienden a experimentar caídas como deslizamientos, desprendimientos de roca, derrumbes y ser erosionadas por el agua.

Unidad IV : Rocas Intrusivas

Estas rocas afloran al oeste de la ciudad de Huamanga y en el límite del área de estudio; esta unidad se encuentra constituida por granitos que afloran en Antaparco, los cuales se encuentran muy alterados a arenas y que se disgregan con la mano, también existen microdioritas que afloran cerca de Laramate y Cahua alteradas por el clima.

Unidad V : Depósitos Superficiales

Estas rocas afloran en las quebradas como parte de terrazas formadas por avenidas de flujos torrenciales durante la época de lluvias estacionales y excepcionales, también afloran en terrenos planos a ambos márgenes del río Cachi constituidos por depósitos fluviales de arenas y gravas que forman canteras y como depósitos coluviales al pie de los taludes artificiales y naturales provenientes de antiguos deslizamientos y derrumbes cuyos materiales han sido acumulados en forma caótica, constituyendo grandes bloques de naturaleza sedimentaria y volcánica, poco compactos y muy inestables al contacto con el agua, materiales del tipo gravas y gravillas en cemento arcillo limoso rojizo muchos de ellos con vegetación y formando parte de los terrenos de fundación de centros poblados.

4.4 PENDIENTES

La pendiente influye en la energía del agua corriente y en la energía necesaria para poner en movimiento las partículas. En el área en estudio se ha

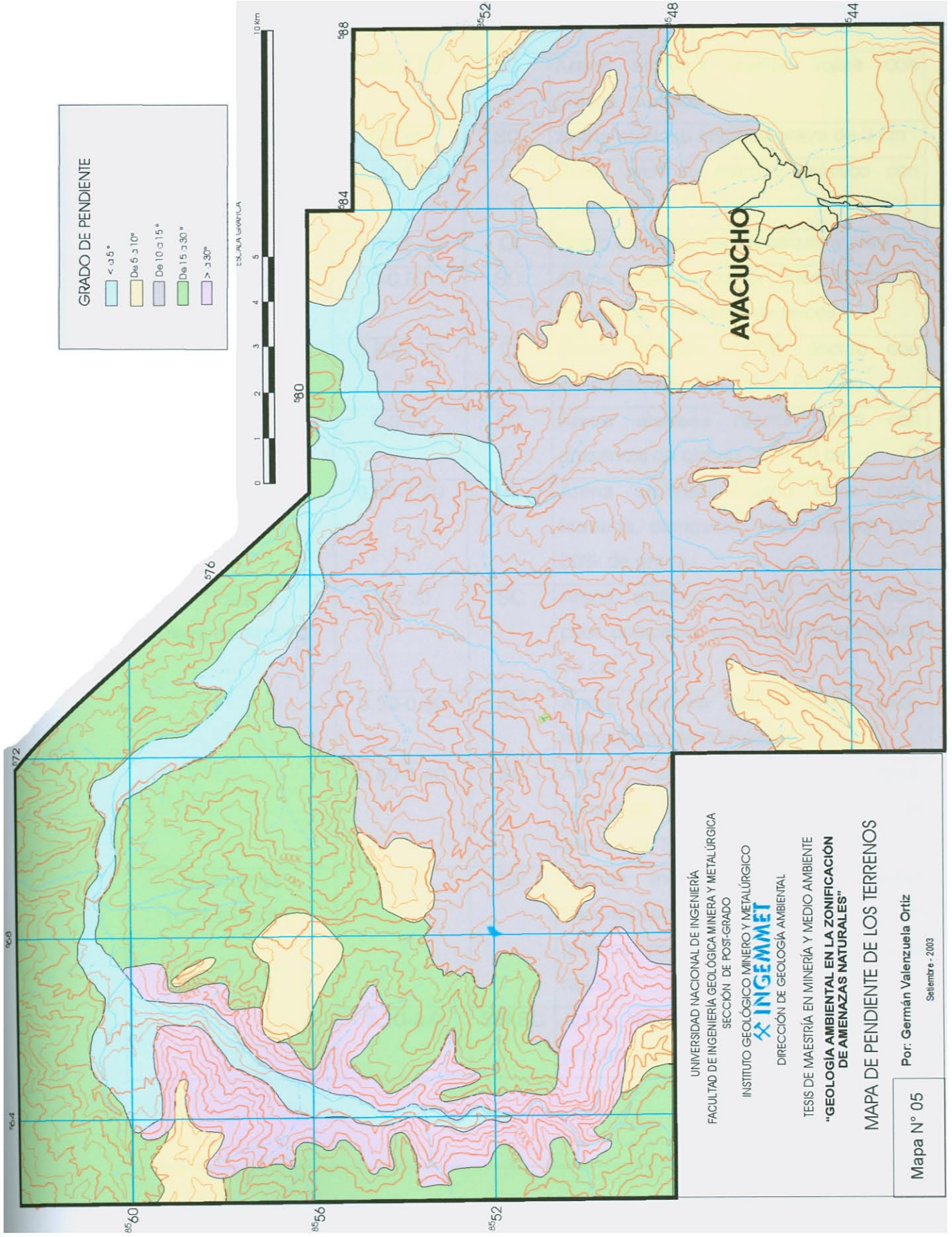
podido dividir en laderas cuyas pendientes son menores a 5° ubicados en las terrazas de los rios, laderas de 5°-10° donde se ubica la ciudad de Huamanga; laderas de 10° a 15° donde se ubica el pueblo de Ticllas al noroeste de Huamanga, laderas comprendidas entre los 15° a 30° ubicadas en las alturas de Santo Tomás de Pata y San Pedro de Cachi y laderas de pendiente mayor a 30° donde se ubica el pueblo de Lambras al noroeste de los pueblos antes mencionados (ver Mapa N°5).

4.5 SUELOS

En el valle del río Cachi muchos poblados se asientan en terrenos de naturaleza proluvial; es decir, producto del acarreo de materiales por el agua, formando en la actualidad abanicos aluviales antiguos; también existen suelos coluviales derivados de la descomposición y desintegración de las rocas trasladadas pendiente abajo por gravedad y provenientes de la denudación de los macizos rocosos preexistentes, suelos finos originados de la alteración de rocas volcánicas del tipo ignimbrita y depósitos lagunares observados en Huamanga, caracterizados por el tamaño de grano del tipo arena arcillosa, arena limosa y gravas con contenido de materiales finos (limos y arcillas).

CALICATAS EFECTUADAS

Localidad	Profundidad (metros)	SUCS	Descripción
San Pedro de Cachi (Inquipampa)	0-0.80	SC	Arena arcillosa marrón, con intercalaciones de grava, medianamente compacta en estado húmedo.



GRADO DE PENDIENTE

- <math>< 5^\circ</math>
- De 5 a 10°
- De 10 a 15°
- De 15 a 30°
- > 30°

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE PENDIENTE DE LOS TERRENOS

Mapa N° 05

Por: Germán Valenzuela Ortiz
 Setiembre - 2003

	0.80-2.50	SC	Arena arcillosa marrón rojiza con gravas, húmeda.
Pueblo Libre de Rumihuasi	0-0.90	SC	Arena arcillosa engloba grava de 3 cm
	0.90-1.90	C	Suelo arcilloso marrón, plástico con gravas.
	1.90-2.40	C	Suelo arcilloso marrón oscuro y plástico
Molinos	0-0.80	SC	Arena Arcillosa marrón, medianamente compacta, presencia de raíces.
	0.80-1.70	C	Suelo arcilloso marrón oscuro con intercalaciones de grava. Plástico
San José de Ticllas (Despensa)	0-0.90	SC	Arena arcillosa marrón clara con presencia de gravas de 0.10 cm
	0.90-1.70	SC	Arena arcillosa marrón clara poco húmeda, compacta, poco plástica con 20% de grava.
Ticllas (Plaza de Armas)	0-0.30	SC	Arena arcillosa marrón clara, seca, poco compacta, presencia de gravas de 10 cm.
	0.30-0.80	SC	Arena arcillosa marrón clara, seca, medianamente compacta.
	0.80-1.40	SC	Arena arcillosa marrón rojiza, compacta, seca con intercalaciones de gravas de 10 cm.
Huamanga (C° La Picota)	0-2.10	SP	Arenas medias y finas marrones oscuras con intercalación de grava, no plástica, poco compacta, presencia de raíces.
	2.10-3.0	SM-SC	Arena limoarcillosa marrón oscura con presencia de grava, algo plástica.

	3.0-3.80	SP-SM	Arena limosa pobremente graduada medias a finas con intercalaciones de grava, regularmente compacta y no plástica.
Uralla	0-2.0	CL	Arcilla-limosa con inclusiones de clastos de naturaleza volcánica y sedimentaria, marrón oscura en estado húmedo, estructura masiva y poco plástica.

Fuente: Estudio de la Seguridad Física de los Centros Poblados afectados por los sismos en el área de Ayacucho-Huancavelica (INGEMMET-1981)

CAPÍTULO V

GEOLOGÍA AMBIENTAL

La geología ambiental dentro de las ciencias de la tierra se refiere al estudio de la totalidad de las amenazas de origen natural , la importancia de esta rama en nuestro país es muy grande, es una herramienta moderna y se le debe dar el respectivo interés ya que las ciudades siguen creciendo en forma caótica; en zonas urbanas como rurales sigue construyéndose viviendas, obras civiles y mineras en áreas expuestas a amenazas que a su vez han sido muchas veces magnificadas por la intervención humana.

La metodología que se emplea para estudios de Geología Ambiental en lo concerniente a evaluación de peligros geológicos incluye el análisis histórico, como la consulta de archivos y deducción geológica combinado con el monitoreo y modelos apoyados en sensores remotos e interferometría de radar, ésto último para trabajos de detalle debido al costo que demanda la utilización de esta tecnología; una vez identificadas las amenazas, se requiere su predicción y su prevención.

Por la posición geográfica del territorio peruano, alineado en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, altamente sísmico, el relieve irregular de nuestra cordillera y sus condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas y geodinámicas complejas, es propicia la ocurrencia de diferentes peligros naturales que generan muchas veces desastres naturales y constituyen un problema latente en el ámbito nacional por sus consecuencias destructivas, muchas veces catastróficas.

TÉRMINOS UTILIZADOS

5.1 PELIGRO

Según la definición de la Organización de Estados Americanos a través del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente (OEA/DDRMA) se refiere a aquellos elementos del medio ambiente físico o del entorno físico que son peligrosos al hombre y que son causados por fuerzas extrañas a él (Burton, 1978), y se refiere a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos y geológicos (sísmicos y volcánicos), los cuales se resumen en la siguiente tabla:

TIPO DE PELIGROS NATURALES MAS FRECUENTES		
PELIGROS GEOLÓGICOS	DE REMOCIÓN EN MASA (ADAPTADO DE VARNES)	<ul style="list-style-type: none"> • CAÍDAS • VOLCAMIENTOS • DESLIZAMIENTOS • FLUJOS • MOVIMIENTOS COMPLEJOS
	OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • ARENAMIENTO • HUNDIMIENTO • EROSIÓN DE LADERAS • EROSIÓN DE RIBERAS
	VOLCÁNICOS	<ul style="list-style-type: none"> • CAÍDAS DE CENIZAS (TEFRAS) • FLUJOS PIROCLÁSTICOS • FLUJOS DE LAVAS • LAHARES • COLAPSO Y DEBRICE AVALANCHE • DOMOS • GASES VOLCÁNICOS
	SÍSMICOS	<ul style="list-style-type: none"> • SISMOS • TSUNAMIS • LICUEFACCIÓN • FALLAMIENTOS
HIDROLÓGICOS	INUNDACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • FLUVIAL • COSTERA • LAGUNAR
	DESERTIFICACIÓN	
	SEQUÍA	
ATMOSFÉRICOS	SALINIZACIÓN	
	HELADAS	
	GRANIZADAS	
	HURACANES	
	TORMENTAS ELÉCTRICAS	
	RAYOS	
	TORNADOS	

5.2 AMENAZA NATURAL

Una amenaza es la probabilidad de que ocurra un determinado fenómeno natural destructor en un área y en un tiempo determinado (IUGS, 1997), esto se muestra en planos que indican la distribución espacial de los diversos tipos de peligros y para su zonificación se debe tener en cuenta:

- 1.- Inventario de peligros geológicos y procesos de inestabilidad.
- 2.- Conocimiento de los procesos y factores que lo originan
- 3.- Análisis de la susceptibilidad a la ocurrencia de esos fenómenos

La amenaza se ha dividido en el presente estudio en:

Muy Alta Amenaza:

Se clasifica así cuando una determinada zona experimenta fenómenos naturales que ocurren periódicamente o tienen reactivaciones periódicas, causando daños a la infraestructura existente de grado muy destructivo.

Alta Amenaza:

Cuando se considera que es inminente su ocurrencia, o se tiene el antecedente que se produce periódicamente con una posible intensidad de grado destructivo.

Moderada Amenaza:

Cuando el fenómeno detectado posee características poco significativas en terrenos donde las condiciones naturales y factores relacionados a ellas muestran estabilidad.

Baja Amenaza

Cuando el fenómeno detectado muestra los primeros indicios de evolución considerándose que una posible activación se producirá a muy largo plazo o en condiciones extraordinarias.

Los Peligros Geológicos, pueden estar asociados a procesos de geodinámica externa (deslizamientos antiguos reactivados, aludes, aluviones, flujos de barro, erosión de ribera, arenamientos, inundaciones, etc.) o estar asociados a procesos de geodinámica interna como sismicidad y vulcanismo (deslizamientos y derrumbes por sismos, lahares o flujos volcánicos originados por derretimiento de la capa de hielo en la cima de un volcán, licuación de suelos constituidos por arenas, erupciones volcánicas, etc.).

Los Peligros Geológicos sean externos o internos, se previenen y controlan según su magnitud. En la actualidad la predicción de los fenómenos volcanológicos y sísmicos todavía está en un proceso de investigación. En el caso de los volcanes, sólo se puede predecir su erupción más no el momento en que ocurrirá o en su defecto la magnitud que tendrá dicho evento; en el caso de los sismos todavía no se ha logrado predecir su ocurrencia.

5.3 SUSCEPTIBILIDAD

Es el grado de predisposición que posee un lugar a que en el se genere un determinado fenómeno natural.

5.4 FACTORES DETONANTES

Aquellos que provocan o disparan un evento.

5.5 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es el grado de exposición de la población, infraestructura o del hábitat a uno o varios peligros.

5.6 RIESGO

Es el Grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento en función del peligro y la vulnerabilidad.

5.6.1 Riesgo Geológico

Definido como una circunstancia o situación de peligro, pérdida o daño social y económico, debida a una condición geológica o a una posibilidad de ocurrencia de proceso geológico inducido o no. (Augusto Filho, et al. 1990).

5.6.2 Evento Geológico

Se refiere al acontecimiento, fenómeno o proceso geológico.

5.6.3 Previsión

Es la posibilidad de identificación de áreas de riesgo con la indicación de los lugares donde podrán producirse y condiciones para que ocurran eventos geológicos siendo necesario realizar un cartografiado de peligros y una zonificación que es el objetivo de ésta tesis.

5.6.4 Prevención

Es la posibilidad de adoptar medidas preventivas, teniendo por finalidad inhibir la ocurrencia de procesos geológicos o reducir sus magnitudes o atenuar sus impactos actuando directamente sobre poblaciones, obras civiles o mineras.

Todo esto nos lleva al análisis de riesgo que nos posibilitará localizar, diagnosticar, jerarquizar y plasmar en planos las situaciones de riesgo.

5.7 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM)

Los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM), comprenden todo una gama y complejidad de movimientos de material geológico debidos a la fuerza de gravedad pendiente abajo y en el presente trabajo se evaluó in situ la tipología de los fenómenos de remoción en masa de acuerdo a la clasificación adoptada de VARNES (1978), donde clasifica a los movimientos en masa en Caídas, Volcamientos, Deslizamientos, Flujos y Movimientos Complejos.

En nuestra evaluación de campo se tomó en cuenta las causas principales o desencadenantes que dan o dieron lugar al origen de los

fenómenos de remoción en masa, el peligro potencial futuro como también el impacto logrado por eventos anteriores catalogados como antiguos y/o actualmente estabilizados o reactivados, su intensidad y los daños causados; se tomaron en cuenta las características litológicas (tipos de rocas) y estructurales (fracturamiento, esquistosidad, buzamiento, etc.) y morfología del área puntual evaluada, así como los efectos antrópogénicos que aceleran un determinado proceso.

5.8 FACTORES PRINCIPALES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

En el análisis de la evaluación, así como de las medidas necesarias para evitar, corregir o mitigar los peligros geológicos existentes descritos en el acápite anterior, es necesario analizar los factores que condicionan la estabilidad de los taludes y aquellos que se consideran desencadenantes de los movimientos.

La susceptibilidad a que se produzcan en mayor o menor grado, estará condicionada por la estructura geológica, las características litológicas, condiciones hidrogeológicas y de la morfología del área estudiada; una variación de alguna de estas condiciones producida ya sea por causas naturales o factores antrópicos, produciría el desencadenamiento o inestabilidad de una masa de terreno.

5.8.1 FACTORES NATURALES

Se refiere a agentes que integran la meteorización, erosión, así como fenómenos de carácter tectónico que influyen en la corteza terrestre.

Algunos dependen de su ubicación geográfica, con el predominio de unos u otros factores, ya sea de carácter climatológico, sismicidad o vulcanismo.

A) EL AGUA

Es el agente natural de mayor incidencia como factor condicionante y desencadenante, presentándose en la naturaleza en forma de:

- Ríos

Según la intensidad de la corriente causan socavamiento en el pie de los taludes, disminuyendo o eliminando su soporte e incrementando a la vez el esfuerzo de corte en los materiales, la acción de los ríos se incrementa durante las máximas avenidas.

- Aguas subterráneas

Producen disolución y cambios físico-químicos en las rocas, afectando en la resistencia de las mismas, por ejemplo, en regiones kársticas se producen hundimiento de cavernas.

El agua de infiltración produce expansión y contracción de suelos, en períodos alternantes de lluvia (lluvias estacionales a excepcionales) y períodos largos de sequía, aumento de la

presión intersticial o de poros de suelos por cambios bruscos en el nivel freático.

- Lluvias

Aumentan las subpresiones del terreno al infiltrarse por discontinuidades y grietas y la sobrecarga debido a su propio peso; por ejemplo el fenómeno de absorción de agua por minerales arcillosos, en suelos cohesivos, producen hinchamiento de los mismos.

- Hielo y Nieve

Acción hielo-deshielo de terrenos saturados, los glaciares modelan valles con paredes rocosas escarpadas, disgregación mecánica por repetida y rápida fusión del hielo en agua contenida en las discontinuidades.

B) SISMICIDAD

La sismicidad es un factor desencadenante o detonante de fenómenos de remoción en masa por ejemplo con el sismo del 1 de mayo de 1970 se desprendió y cayó sobre una laguna un gran bloque de hielo del nevado Huascarán originando el aluvión de Yungay que sepultó a 18,000 pobladores.

Durante un sismo fuerte se pueden producir grandes deslizamientos, avalanchas, desprendimientos, flujos y movimientos complejos, además de deformaciones y

movimientos de los terrenos a lo largo de fallas o plegamientos y licuefacción de suelos (arenas saturadas sin drenaje y arcillas).

C) ACTIVIDAD BIOLÓGICA

No constituye factor determinante, pero si condiciona de forma notable la acción de otros factores; por ejemplo la presencia o ausencia de vegetación o cubierta vegetal para mantener la estabilidad de taludes, contribuye al drenaje absorbiendo parte del agua contenida en el suelo.

Una ladera con vegetación va a comportarse de manera diferente que una ladera desprovista de vegetación, en un determinado ambiente y clima; es por ello que en nuestra sierra las laderas con eucaliptos son más estables a procesos de erosión de laderas y movimientos de material como deslizamientos, flujos, etc., que una ladera desprovista de árboles donde se producirán de acuerdo a las condiciones climáticas del entorno, procesos de erosión y fenómenos de remoción en masa.

D) ACTIVIDAD ANTRÓPICA

Hay que mencionar algunas de las intervenciones antrópicas que pueden alterar el medio físico y determinar la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. La actividad antrópica que es en general, de menor magnitud que la mayoría de los fenómenos naturales, pueden causar grandes daños en términos económicos y sociales debido a su estrecha relación con centros urbanos.

Dentro de las actividades que modifican de manera importante e irreversible el medio, aumentando la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa (FRM) podemos citar, la construcción de caminos, gasoductos, represas para agua, la explotación de canteras y la instalación de sistemas de transferencia como torres de alta tensión y antenas en terrenos no aptos, un ejemplo de esto podría citar la expansión urbana en las afueras de Huamanga y en el Cerro La Picota donde el suelo es de mala calidad y susceptible a erosión debido a que cada vez que llueve el material que transportan las torrenteras obturan los canales de evacuación de aguas interrumpiendo las calles.

En muchos casos, si se evitara el uso de áreas inestables o propensas a sufrir algún tipo de peligro geológico, la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos disminuiría. Esto último sólo es posible si se dispone de la información geológica adecuada, a una escala determinada, del área o sectores que serán intervenidos para el desarrollo de obras de ingeniería.

CAPÍTULO VI

PELIGROS GEOLÓGICOS

6.1 CONCEPTO

Involucran a los fenómenos de remoción en masa, a los procesos de erosión, a los peligros volcánicos, peligros sísmicos y a los fenómenos hidrológicos (inundaciones). El término “Remoción en Masa” se refiere al movimiento descendente de un volumen de material constituido por roca, suelo o por ambos (Cruden,1991); el criterio más ampliamente utilizado para clasificar a los movimientos de masa es aquel propuesto por Varnes (1978), el cual se basa en el tipo de movimiento y en la naturaleza de material involucrado.

6.2 USO DE GEOINDICADORES AMBIENTALES

Se conoce como geoindicadores a las medidas de fenómenos y procesos geológicos que ocurren cerca de o en la superficie terrestre y que están sujetos a variaciones dentro del período de una vida humana, pueden variar en magnitud, dirección y extensión, son importantes por proporcionar información sobre el estado actual del entorno para determinar impactos ambientales en el medio ambiente, obteniéndose resultados cuando se monitorean anualmente en una misma época.

Se debe de tomar en cuenta que muchos geoindicadores se mantienen estables por largos períodos de tiempo y experimentan un cambio durante

eventos extremos poco frecuentes tales como el Fenómeno de El Niño. La evolución de las laderas empinadas en zonas de morfología escarpada ocasiona una rápida evolución de las mismas ante una incentivación natural tales como excesivas precipitaciones pluviales o sismos, iniciando de ésta manera movimientos de masas que modifican paisajes considerados como estables.

Durante los últimos años, principalmente como resultado de varios desastres naturales, la geología ha empezado a ser considerada fundamental en el diseño urbano, en la selección de sitios para ubicación de rellenos sanitarios, obras de infraestructura civil o minera y en todo lo que tiene que ver con peligros naturales.

6.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

En este acápite se describen las características particulares que posee cada peligro geológico así como algunos factores condicionantes para su ocurrencia:

6.3.1 DERRUMBES

Los derrumbes son los desprendimientos que ocurren en masas de rocas fuertemente fracturadas, o en detritos o depósitos inconsolidados superficiales que colapsan por gravedad.

En la ocurrencia de estos procesos de remoción en masa intervienen factores condicionantes como litología de consistencia, meteorización o alteración de las rocas, fracturamientos, saturación de suelos inconsolidados o medianamente consolidados por filtraciones de

aguas de lluvia o por riego indiscriminado en terrenos agrícolas, socavamiento fluvial de la base de laderas o acantilados marinos, ausencia de vegetación o deforestación, etc., (ver foto N°5).

Suelen ocurrir tanto en laderas de valles agrícolas con moderada a fuerte pendiente, zonas de terrazas aluviales, acantilados costeros, taludes de corte de carreteras y canales, y áreas pobladas (ver foto N°6).

6.3.2 DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos constituyen las formas de remoción en masa en las que volúmenes de suelo o rocas, se desprenden y deslizan pendiente abajo, como una sola unidad (o en forma escalonada), en forma progresiva o en forma súbita, a lo largo de una o varias superficies de deslizamiento.

Según sea la forma de la superficie por la cual se desliza la masa pueden ser rotacionales si la superficie de ruptura es de forma circular y cóncava (ver fotos N°7 y 8) o traslacionales si la superficie de ruptura es una superficie plana o suavemente ondulada controladas por estructuras de debilidad como fallas, diaclasas, planos de estratificación o por contacto entre substrato rocoso firme y depósitos suprayacentes superficiales.

Algunos otros se han originado por inestabilidades de laderas de valles, creadas al modificar los taludes naturales en diferentes tipos de substrato rocoso (volcánicos, sedimentarios) y de depósitos inconsolidados superficiales, al construir cortes de carreteras y/o también por mal uso de aguas de riego, reactivando algunos antiguos deslizamientos o creando nuevas zonas inestables (ver foto N°9).



Foto N° 5.- Derrumbe en carretera Huamanga-Huanta (Ayacucho), roca ignimbrita muy fracturada, talud vertical.



Foto N° 6.- Derrumbes sector Chacco, Provincia de Huamanga, carretera asfaltada Huamanga-Huanta, margen derecha río Occopa, el material del talud está constituido por areniscas y limolitas.

Los deslizamientos se clasifican en:

6.3.2.1 Rotacionales

Movimiento debido a fuerzas que causan un movimiento de inversión alrededor de un punto sobre el centro de gravedad de la superficie, siendo la superficie de ruptura de forma circular y cóncava hacia abajo.

La velocidad de estos movimientos varía de lenta a moderada, teniendo gran influencia la inclinación de la superficie de rotura en el pie del deslizamiento.

Pueden ser:

1. En roca (Rock slump); los que pueden ser extremadamente lentos a moderados y suceden en macizos rocosos muy fracturados.
2. En detritos: movimiento que va de muy lento a rápido
3. En suelo.

6.3.2.2 Traslacionales

Movimiento predominantemente a lo largo de superficies más o menos planas o suavemente onduladas, frecuentemente controladas o relacionadas estructuralmente por superficies de debilidad: fallas, diaclasas, planos de estratificación, variaciones



Foto N° 7.- Escarpa de deslizamiento en Rancho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, en el km 322 + 000 carretera Libertadores, es un deslizamiento activo donde en cada temporada de lluvias la carretera se asienta.



Foto N° 8.- Deslizamiento de Rancho en la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, en el km 322 + 300 carretera Libertadores, es un deslizamiento activo que daña la vía.

de resistencia al esfuerzo cortante o esfuerzos de cizalla entre capas o depósitos estratificados, o por contacto entre substrato rocoso firme y depósitos suprayacentes superficiales.

Pueden ser:

1. En roca (Rock slide or Rock block slide): extremadamente lento a moderado.
2. En detritos (Debris slide): Muy lento a rápido.
3. En suelo (Earth block slide)

6.3.3 TASA DE MOVIMIENTO

La tasa de movimiento está en el rango de extremadamente rápida cuando el movimiento es 5m/seg. a extremadamente lenta si el movimiento está en el rango de los 0.3 m en 5 años (Cruden y Varnes 1996.).

6.3.4 FLUJOS

En el análisis de los peligros por flujos se han tomado en cuenta de acuerdo a su ocurrencia en el área los siguientes tipos: flujos de lodo (Mud flows) y Huaycos (Debrice flow). En el área en estudio es común la ocurrencia de los huaycos.

6.3.4.1 FLUJOS DE LODO

La característica principal es que involucran en materiales con un promedio de 50% de fracción fina y con un contenido de



Foto N° 9.- Deslizamiento y derrumbe km 314 de la carretera asfaltada Libertadores, en la Provincia de Huamanga; el material del talud está constituido por areniscas, conglomerados, limolitas y yeso.



Foto N° 10.- Deslizamientos antiguos y activos en Sunchupucro, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, en cada temporada de lluvias estos se activan, el material está constituido por areniscas, conglomerados, limolitas y yeso.

agua suficiente que permite fluir al material. Su ocurrencia dentro del área no es frecuente y solo se ha encontrado áreas con presencia de flujos de lodo a modo de chorreras confinados a pequeñas quebradas con pendientes pronunciadas, que afectan el paso vehicular en período de lluvias.

6.3.4.2 HUAYCOS (DEBRIS FLOW)

A diferencia de los flujos de lodo, este fenómeno natural posee un elevado porcentaje de fragmentos gruesos, del tamaño de bloque hasta fragmentos del orden del centímetro, su ocurrencia es muy frecuente en nuestro territorio, siendo observados en quebradas confinadas a laderas de valles intramontanos, de moderada a fuerte pendiente que presentan lluvias estacionales a excepcionales, quebradas secas con pendientes moderadas a suaves que cortan pampas o superficies colinosas y que con lluvias excepcionales afectan áreas de cultivo, carreteras y asentamientos poblacionales.

Los huaycos periódicos son los que ocurren y repiten con mayor frecuencia y causan mayores daños, los huaycos ocasionales pueden o no generarse con lluvias estacionales y su frecuencia es menor, mientras que los excepcionales tienen un período de retorno mayor y están relacionados a variaciones climáticas importantes como el Fenómeno de El Niño, pudiendo o no afectar a la infraestructura. Su ocurrencia es independientemente de la altitud, presentándose tanto en la costa como el sector alto-andino (ver foto N°13).

6.3.5 MOVIMIENTOS COMPLEJOS

Se denomina así cuando el movimiento es producido por la combinación de uno o más fenómenos de remoción en masa, sean deslizamientos, derrumbes o flujos.

Muchos deslizamientos de tierra son complejos aunque un tipo de movimiento generalmente domina sobre los otros en ciertas áreas del deslizamiento en un instante particular (ver fotos N°s 14 y 15).

Algunos ejemplos descritos en los textos incluyen:

- 1.- Caída de rocas - flujos (rock-fall avalanche), extremadamente rápidos.
- 2.- Asentamiento y vuelco
- 3.- Deslizamiento de rocas – caída de rocas
- 4.- Asentamiento – flujo de tierra

6.4 OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS

6.4.1 EROSIÓN DE LADERAS

Se trata del desgaste y traslado de los materiales de la superficie sea suelo o roca, producido por las aguas de lluvia y la escorrentía superficial que tienden a degradar la superficie del terreno. Se presenta dentro del área tanto como procesos poco desarrollados (erosión laminar), erosión pronunciada (en surcos y en cárcavas), hasta áreas con casos extremos (tipo “bad lands” o tierras malas).



Foto N° 11.- San Pedro de Cachi, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho y vista de deslizamientos antiguos, derrumbes y erosión de laderas.



Foto N° 12.- Vista de una escarpa antigua en el Distrito de San Pedro de Cachi donde el material constituido por conglomerados, areniscas y limolitas rojizas se hacen susceptibles al clima produciéndose en la actualidad derrumbes y erosión de laderas con afloramientos de agua mediante oconales en cada temporada de lluvias.

Su ocurrencia está íntimamente relacionada a la litología de algunas formaciones rocosas, muy susceptibles a la erosión hídrica como suelos residuales y principalmente formaciones geológicas sedimentarias (conglomerados y areniscas), formaciones volcánicas piroclásticas (ignimbritas o tobas poco consolidadas) y depósitos lacustrinos; interviniendo otros factores como fuertes lluvias y la topografía del territorio donde el grado de inclinación de las laderas va a tener una considerable influencia en la susceptibilidad del terreno (ver fotos N° 16 y 17).

Los procesos avanzados de erosión en surcos y cárcavas causan problemas de pérdidas de áreas o suelos de cultivo y andenes, afectan localidades ubicadas en su entorno como por ejemplo en la ciudad de Huamanga donde existe problemas de obturamiento de alcantarillas (ver foto N° 18), erosión de terraplenes en trochas de carreteras, infraestructura minera, así como también aceleran la ocurrencia de otros fenómenos de remoción en masa como derrumbes, deslizamientos y flujos.

6.4.2 EROSIÓN DE FLUVIAL O DE RIBERAS

La erosión de riberas se considera un peligro geo-hidrológico, pues intervienen en su proceso tanto la morfología del valle fluvial, pendiente y ancho del cauce, naturaleza de los suelos o rocas en sus márgenes, etc., así como factores hidrológicos que afectan los regímenes de descargas o avenidas en un corto período, de los principales ríos del área.



Foto N° 13.- Huayco periódico interrumpe carretera en el km 96+800 Huamanga-Julcamarca, quebrada Ancaypaya, sector Cayarpachi, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.



Foto N° 14.- Movimiento Complejo en Uralla, Provincia de Angaraes, Departamento de Huancavelica donde fallecieron 22 personas en el 2000

Los daños ligados a la erosión fluvial ocurren generalmente en estructuras como puentes, terraplenes de carreteras y trochas, áreas de cultivo y áreas pobladas ubicadas en las márgenes de los ríos.

6.5 PELIGROS HIDROLÓGICOS

6.5.1 INUNDACIONES

Las inundaciones son eventos naturales y recurrentes para un río, y son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos y riachuelos, las inundaciones también suelen ocurrir en cuerpos de agua como lagunas y lagos que experimentan subitos aumentos del nivel de sus aguas e inundan áreas adyacentes.

En el área en estudio solo se ha identificado Inundaciones terrestres a causa de excesiva descarga y aumento del caudal de los ríos que originan avenidas, debido a fuertes lluvias ya sea estacionales o también excepcionales, asociados a eventos del Fenómeno de El Niño que rebasan la capacidad de los lechos o cauces, afectando terrenos agrícolas principalmente y áreas urbanas.

Un concepto que debe estar bien definido es el de "llanura de inundación", siendo esta el área o áreas de superficie adyacentes a ríos sujetas a una inundación recurrente; debido a su naturaleza cambiante o dinámica, las llanuras inundables geomorfológicamente son definidas como de topografía plana inmediata al río, y geológicamente de características variables, compuestas por sedimentos no consolidados en un tiempo, erosionándose rápidamente



Foto N° 15.- Movimiento Complejo en Cochapampa, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, afectó el pueblo en 1980 y posteriormente fué reubicado.



Foto N° 16.- Erosión de laderas en superficies colinosas del sector Cayarpachi Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho en la trocha afirmada Huamanga-Julcamarca donde a menudo suceden huaycos que interrumpen la trocha en varios tramos debido a que el material se hace muy deleznable y fácilmente acarreado por el agua de escorrentía.



Foto N° 17.-Vista de la ciudad de Huamanga (Ayacucho) ubicada en depósitos de flujos piroclásticos y secuencias de areniscas y conglomerados susceptibles a erosionarse con las lluvias.



Foto N° 18.- Zona que circunda la Ciudad de Huamanga (Ayacucho) y donde se observa la erosión de laderas en el Cerro La Picota, durante lluvias estacionales ocasiona serios daños a calles y avenidas, además obtura alcantarillas.

durante crecidas de agua, o depositándose nuevos estratos de lodo, arena o limos.

Las inundaciones suelen ser descritas en función de su frecuencia estadística en términos de probabilidad e intervalos de recurrencia; dependen principalmente del clima donde es necesario disponer de datos hidrológicos (aforos) y de precipitación.

Dentro del área en estudio las inundaciones son un peligro hidrológico común producto de las avenidas extraordinarias estacionales, la falta de cultura de prevención y la falta de terrenos para vivienda hace que en algunos lugares los pobladores invadan áreas susceptibles a inundarse por ejemplo en la localidad de Antaparco, en el departamento de Huancavelica. (ver foto N° 19).

6.6 PELIGRO SÍSMICO

6.6.1 SISMICIDAD

El territorio peruano está ubicado en una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra; por lo tanto, está expuesto a probables fenómenos sísmicos de gran magnitud, con la consecuencia de pérdidas de vidas humanas y materiales de consideración. Debido a esto es necesario efectuar estudios que nos permitan conocer el probable comportamiento de estos fenómenos, para así poder planificar y mitigar los grandes efectos que causan. Una de las formas, es mediante la evaluación del peligro sísmico en términos probabilísticos; es decir, predecir las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un lugar determinado.



Foto N° 19.- Área de Inundación en Antaparco, Provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica donde no existen defensas ribereñas y la población está invadiendo áreas de terrazas bajas susceptibles a inundarse.

El Perú, por su ubicación en el borde occidental de Sudamérica, se encuentra en el área de influencia del proceso de convergencia de las placas de Nasca y Sudamericana, caracterizada por su alta sismicidad y la ocurrencia eventual de sismos destructivos.

La sismicidad puede ser dividida en dos grupos : el primero y más importante, está relacionado con la sismicidad, asociada al proceso de subducción de la Placa de Nasca por debajo de la Placa Continental; esta actividad libera aproximadamente el 90% del total de la energía sísmica anual, siendo generalmente el más frecuente y de grandes magnitudes.

El segundo grupo, considera la sismicidad producida por deformaciones y está asociada a los fallamientos tectónicos activos existentes en el Perú; esta actividad sísmica es de menor frecuencia y de magnitudes moderadas.

6.6.2 INTENSIDAD

La intensidad mide los efectos que los sismos producen en la superficie en donde causan daños al hombre y a las construcciones. La primera escala de intensidad fue elaborada en 1883 por M. de Rossi y F. Forel y reagrupa los efectos del terremoto en 10 grados de intensidad. En 1902, G. Mercalli introduce una nueva escala con 10 grados de intensidad, siendo posteriormente incrementada a 12 por A. Cancani. En 1923 Sieberg publica una escala más detallada, pero basada en el trabajo de Mercalli-Cancani. En 1931, O. Wood y F. Newman proponen una nueva escala, modificando y condensando la escala de Mercalli-Cancani-Sieberg, surgiendo así la escala Mercalli Modificada (MM). Esta escala de 12 grados expresada en números romanos y fue

ampliamente utilizada en el mundo, finalmente se crea la escala MSK (1964), elaborada por tres sismólogos europeos: Medvedev, Sponhever y Karnik. Esta escala consta de 12 grados denotados de I a XII, la misma que ha sido adaptada para su aplicación en terremotos de Perú por Ocola (1979).

6.6.3 Historia Sísmica

Los sismos más importantes ocurridos en el Departamento de Ayacucho fueron los siguientes:

El 22 de junio de 1981 Santo Tomás de Pata y Vinchos fueron remecidos por un sismo de grado VII MM.

El 16 de febrero de 1981 un sismo de grado IV MM se sintió en las localidades de Santo Tomás de Pata y Ticllas.

El 11 de octubre de 1980 un sismo de grado VII MM afectó Antaparco y las localidades aledañas.

El 16 de agosto de 1980, se produjo un sismo de grado IV MM y los distritos de San José de Ticllas, San Pedro de Cachi, Vinchos y Santo Tomás de Pata sufrieron los efectos de éste sismo.

El 24 de diciembre de 1959 sismo destructor de grado VII MSK (correspondiente entre VII -VIII MM) que afectó Huamanga, Mayobamba, Pomabamba y otros pueblos del valle del río Pampas.

El 01 de noviembre de 1947 terremoto de grado V MSK (correspondiente al intervalo entre V -VI MM), en la zona central del Perú afectó Huamanga.

El 24 de agosto de 1942 terremoto de VIII MSK (correspondiente al intervalo entre VIII -IX MM), cuyo origen estuvo en Acari, afectó Coracora, Camaná, Cerro de Pasco, Cusco, Huancapi, Huancavelica y varias localidades de la provincia de Huamanga.

El 08 de febrero de 1916 sismo de grado VI MSK (correspondiente al intervalo entre VI -VII MM), afectó los pueblos de Huamanga, Huanta (Ayacucho) y Angaraes (Huancavelica).

El 17 de junio de 1719, sismo de grado VI MSK (correspondiente al intervalo entre VI -VII MM) afectó Huamanga

El 28 de enero de 1687, terremoto de magnitud VII MSK que afectó 9 localidades, entre ellas la más afectada fue Huancavelica y las provincias de Huanta y Angaraes.

CAPÍTULO VII

ÁREAS CRÍTICAS SUJETAS A PELIGROS GEOLÓGICOS

En nuestra área de estudio a parte del inventario de peligros geológicos, se ha identificado zonas catalogadas como críticas, debido a que existen sectores donde ocurren fenómenos de remoción en masa que causan en muchos casos daños a vías de comunicación, áreas pobladas o interrumpen las actividades que en ellas se realiza. Las principales zonas identificadas se han clasificado de acuerdo al tipo de peligro, obteniéndose de ésta manera: Áreas con deslizamientos y Movimientos Complejos, Áreas afectadas por derrumbes, erosión de laderas y flujos, finalmente Áreas afectadas por inundaciones y erosión fluvial.

7.1 Deslizamientos y Movimientos Complejos

La ocurrencia de éste tipo de eventos en la zona en estudio es preponderante, la geomorfología, el clima y la roca interactúan entre si haciendo que el terreno sea susceptible a que ocurra éste tipo de fenómeno; viendo el mapa de pendientes se puede observar que la topografía es escarpada y hay carencia de vegetación exuberante en las laderas de la unidad geomorfológica de Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental, las lluvias estacionales se filtran en el terreno y el material se encuentra saturado; es así que en marzo del 2000 en el área de Uralla en la provincia de Angaraes del departamento de Huancavelica ocurrió un fenómeno de éste tipo, se trató de un deslizamiento flujo que ocasionó la muerte de 22 personas, (Dávila B. Sadí, Noviembre 2000).

Se puede citar varios caseríos que se ubican en el mismo tipo de material, que a mi criterio son susceptibles a sufrir estos eventos y son los caseríos de Huanchuy y Antabamba, ubicados en la margen izquierda del río Cachi, donde la litología es la misma tratándose de materiales conglomerádicos, areniscosos y arcillosos rojizos con interdigitaciones de yeso. En 1980 un sismo ocasionó el deslizamiento-flujo que afectó el pueblo de Cochapampa, en el distrito de Ticllas, provincia de Huamanga el mismo que fue reubicado posteriormente.

Otra área sujeta a deslizamientos lo conforma el sector de Ranca, donde existen deslizamientos activos que comprometen la carretera asfaltada que conduce a Huamanga, se puede observar también que existen numerosas cicatrices de antiguos deslizamientos donde actualmente se han asentado numerosos caseríos, como por ejemplo Chocan y Huayrapata, evidencias de que en la zona ocurrieron y ocurren fenómenos de remoción en masa.

ÁREAS AFECTADAS POR DESLIZAMIENTOS

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS OCASIONADOS
POR LLUVIAS, FILTRACIONES DE AGUAS DE REGADÍO, SISMOS		
Ranca (Prov. Huamanga, departamento Ayacucho)	Deslizamiento activo rotacional en materiales volcánico-sedimentarios tales como tobas y areniscas rojas con yeso. Se observa un ojo de agua en el cuerpo del deslizamiento	Afecta la vía Libertadores en el Km. 322+300 en cada temporada de lluvias se producen asentamientos de la vía.
Patahuasi (Prov. Angaraes, departamento Huancavelica)	Deslizamiento antiguo que se está reactivando en la zona de combamiento, materiales sedimentarios rojizos constituidos por conglomerados, suelo arenoso arcilloso existen escarpas y	Puede arrasar un sector de la carretera afirmada Cahua-Julcamarca, además de terrenos de cultivo y podría

	agrietamientos que se originaron en el 2001	llegar a afectar algunas viviendas de la zona de Cahua si el suelo estaría totalmente saturado podría convertirse en un deslizamiento-flujo.
--	---	--

ÁREAS AFECTADAS POR MOVIMIENTOS COMPLEJOS

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS OCASIONADOS
DESGLIZAMIENTOS, FLUJOS Y DERRUMBES		
Carretera Libertadores Km. 317+900.(Prov. Huamanga, departamento de Ayacucho)	Escarpas de deslizamiento antiguo e intenso proceso de erosión en surcos y cárcavas en el cuerpo, Secuencias verticales de areniscas, conglomerados rojizos con capas de yeso.	En época de lluvias excepcionales puede afectar un tramo de 100 m. De la vía Los Libertadores en el Km. 317+900. Actualmente con lluvias estacionales la zona se vuelve inestable y forman chorreras que traen pequeños huaycos.
Cochapampa (Prov. Huamanga, departamento de Ayacucho)	Sismo originó un deslizamiento con flujo en la década del '80, actualmente está activo con saltos > 10 m. El flujo a nivel de ladera que llegó hasta la quebrada Pampa Corral involucrando rocas sedimentarias como areniscas y conglomerados rojizos, lutitas negras y capas de yeso de grosor variable dentro de la secuencia.	Afectó terrenos de cultivo, no se tiene datos sobre muertes, el poblado de Cochapampa fue reubicado.
Santo Domingo (Prov. Huamanga, departamento de Ayacucho)	Deslizamiento antiguo inactivo y erosión en cárcavas, materiales volcano clásticos: tobas y limolitas, al contacto con la lluvia forman cárcavas que originan huaycos.	Afecta la carretera Huamanga-Quinua en cada temporada de lluvias.
Uralla (Prov. Angaraes, departamento de Huancavelica)	Deslizamiento-flujo de gran magnitud en secuencias de conglomerados, areniscas, limoarcillitas rojizas, rocas volcánicas suelos arcillo-limosos,	El 16 de marzo del 2000 se produjo el fenómeno comprometiendo la seguridad física del centro poblado de Uralla y

	pendiente de las laderas 30°-50°, lluvias intensas durante la época de verano	terrenos de cultivo, trajo como consecuencia la muerte de 22 personas.
--	---	--

7.2 Derrumbes

Este fenómeno ocurre de manera natural detonado por sismos o lluvias estacionales, se les ha podido ubicar en zonas donde la topografía es accidentada y donde la actividad antrópica ha tenido notable incidencia, tenemos las zonas de trochas carrozables donde los taludes superiores se vuelven inestables debido al sobrefracuramiento de la roca por efecto de la voladura al abrir la carretera y al no darle un adecuado ángulo de talud.

Existen zonas donde la roca es muy deleznable con contenido de yeso y donde la pendiente natural es alta, tal es el caso de la trocha carrozable Antaparco-empalme carretero Santo Tomás de Pata-Julcamarca donde la excesiva pendiente y el tipo de material arenoso rojizo hace que dicha zona sea muy inestable ocurriendo a menudo derrumbes que desaparecen la trocha.

También es observable en el sector Chacco y en la carretera afirmada Huamanga-Julcamarca donde en época de lluvias suceden pequeños derrumbes que interrumpen la vía. A inmediaciones de Huamanga se observa en sectores localizados, como en las márgenes de las quebradas y muy escasamente en sectores donde la topografía es suave conformada por superficies plano onduladas.

ÁREAS AFECTADAS POR DERRUMBES

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS OCASIONADOS
Chacco	Taludes inestables > 70° de inclinación y 30 – 40 m. de alto, roca ignimbrita fracturada y materiales volcanoclásticos: tobas y limolitas pueden caer con lluvias o incentivadas por sismos.	Afecta un tramo carretero Huamanga-Huanta de aprox. 500 m.
Km. 113 Carretera Huamanga-Huanta		Afecta un tramo de 400 m. de la carretera Huamanga-Huanta en la margen derecha del río Occopa.
Pongora (Prov. Huamanga, departamento Ayacucho)		Afecta un tramo de 200 m en el Km 110+800 en la carretera Huamanga-Huanta.
Carretera Julcamarca-Huamanga Km. 93+100	Taludes > 70° de inclinación, las rocas se encuentran muy fracturadas, constituidas por areniscas, microconglomerados, limolitas rojizas, pendiente, sismos.	Afecta un tramo de 200 m de la carretera Julcamarca-Huamanga en el Km. 93+100.

7.3 Erosión de Laderas

El proceso de erosión de laderas se hace muy intenso en sectores donde las precipitaciones pluviales y el tipo de roca están muy relacionados. La litología está constituida en toda la región por rocas volcánico-sedimentarias y tufos, susceptibles a erosionarse en surcos y cárcavas; además de depósitos lagunares que forman suelos limoarcillosos los mismos que son fácilmente lavados por las lluvias.

En el área de estudio la erosión de laderas se puede observar en San Pedro de Cachi, Santiago de Pischa, Cayarpachi en la carretera a Julcamarca, en áreas colinosas al oeste de la ciudad de Huamanga y alrededor del casco urbano de la misma, inclusive existe un área colinosa ocupada por el

crecimiento poblacional denominada C° La Picota donde en cada temporada de lluvias se forman surcos que traen material arenoso y gravilloso que obturan las alcantarillas y malogran las calles, siendo un problema actual de la ciudad de Huamanga.

ÁREAS AFECTADAS POR EROSION DE LADERAS

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS OCASIONADOS
Carretera Chanchacochoa-Ollanta (Prov. Huamanga, departamento Ayacucho)	Lluvias estacionales forman cárcavas en areniscas rojizas y depósitos coluviales y volcánico-sedimentarios grises que alteran a suelo areno limoso y conglomerádicos. Roca deleznable tipo toba.	La erosión en surcos y cárcavas, afectan terrenos de cultivo y trocha carrozable, traen huaycos en cada temporada de lluvias.
Bellavista, carretera a Ticllas (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)	Materiales volcánico-sedimentarios rojizos tales como tobas, cenizas blancas, areniscas y limolitas fácilmente erosionables por aguas de lluvias estacionales y excepcionales; laderas de pendiente moderada.	Produce erosión en surcos y pequeños derrumbes que malogran la trocha a Ticllas interrumpiendo el tráfico vehicular.
Sinpapata (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)		Afecta la carretera afirmada Huamanga-Julcamarca en el Km. 106+800
Km. 104 carretera Huamanga-Julcamarca		En cada temporada de lluvias las cárcavas originan huaycos que afectan la carretera afirmada Huamanga-Julcamarca en el Km. 104.

<p>C° La Picota (Prov. Huamanga, departamento Ayacucho)</p>	<p>Ladera Este de cerro Picota afectada por erosión. Presencia de surcos y cárcavas poco profundos.</p>	<p>Afecta viviendas localizadas en la ladera Este en cada temporada de lluvias ocurren pequeños torrentes de material que obturan las alcantarillas.</p>
---	---	--

7.4 Huaycos

En el área de estudio se ha ubicado un solo flujo de lodo e innumerables huaycos que afectan las trochas carrozables y las carreteras afirmadas, según las observaciones de campo se puede inferir que el estado del material y la pendiente es determinante para la ocurrencia de estos fenómenos, además el factor detonante para su ocurrencia es el clima que se traduce en lluvias estacionales y excepcionales, otro factor que contribuye a la generación de flujos es la ausencia de vegetación arbórea en las partes altas ya que solo existen terrenos de cultivo de seco.

En la ciudad de Huamanga la carencia de vegetación en las zonas que la circundan contribuye a la inestabilidad del área por sectores, traduciéndose con en la ocurrencia de éste tipo de fenómenos en cada temporada de lluvias estacionales, además las alcantarillas y obras que se construyen para el paso de estos flujos son muy pequeñas, incrementando de ésta manera el peligro por desborde de material.

En la carretera Huamanga-Julcamarca entre los sectores Michca en el Km. 88 y Simpapata en el Km. 108 aproximadamente ocurren innumerables flujos, en muchas quebradas donde antes no sucedían y que hoy suceden debido a cambios en las condiciones climáticas; por ejemplo eventos tipo El Niño, el agua hace que los materiales que existen en el lugar conformados

mayormente por limoarcillitas y conglomerados sean susceptibles a ser lavados y canalizados mediante pequeñas torrenteras que afectan la carretera.

ÁREAS AFECTADAS POR HUAYCOS

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS OCASIONADOS
HUAYCOS PERIODICOS Y ESTACIONALES		
Santo Domingo (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)	Precipitaciones pluviales estacionales inciden sobre materiales porosos y deleznales: tobas, limolitas y conglomerados, pendiente > a 5°, se originan huaycos periódicos en ésta quebrada.	Afecta la carretera Huamanga-Quinua en el km 115+800, la alcantarilla se obstruye, formándose un pequeño represamiento donde el nivel de las aguas represadas llegan hasta el nivel de la vía rebasando y destruyendo la carretera en cada temporada de lluvias.
San Miguel de Huamanga		Afecta la carretera Huamanga-Huanta en cada temporada de lluvias el material se desborda por no encontrar pase debido a obturarse alcantarilla debido al excesivo aporte.
Trigopampa (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)	Precipitaciones pluviales intensas inciden sobre colinas de naturaleza volcánico-sedimentaria: tobas, cenizas, areniscas y limolitas que son susceptibles a erosionarse fácilmente por la lluvia.	Huayco pasó por la losa deportiva y afectó algunas viviendas y terrenos de cultivo en marzo del 2002.

<p>Santa Catalina (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)</p>	<p>En su cuenca de recepción existe un intenso proceso de erosión de laderas que forman cárcavas cuya confluencia aguas abajo causa huaycos periódicos.</p>	<p>Afecta la carretera afirmada Huamanga-Julcamarca en el Km. 99 + 200 e invade terrenos de cultivo.</p>
<p>Cayarpachi (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)</p>	<p>Colinas de materiales sedimentarios como areniscas y microconglomerados rojizos con materiales volcánicos: tobas en contacto con el agua forman torrenteras que traen material fragmentario y bloques de roca.</p>	<p>La quebrada Ancaypayo, origina huayco que Interrumpe la carretera a Julcamarca en cada temporada de lluvias estacionales</p>
<p>Carretera Huamanga-Julcamarca Km. 92</p>		<p>Quebrada 10-20 m. ancho denominada Pajayhuayco afecta terrenos de cultivo e interrumpe el tránsito vehicular en el Km. 92.</p>

7.5 Inundaciones y Erosión fluvial

Las inundaciones y erosiones fluviales o de ribera ocurren en menor escala donde existen poblaciones y en mayor escala donde no las hay, mayormente afectan terrenos de cultivo ubicados a inmediaciones de los ríos, a lo largo del río Cachi se observan grandes terrenos inundables hacia la margen izquierda, también es observable en San Juan de Viñaca a ambos márgenes del río Pongora y en Trigopampa donde sólo afecta terrenos de cultivo, hacia las partes altas en Antaparco el río Cachi inundaba una parte del pueblo, sin embargo se han construido defensas ribereñas. La erosión de riberas se manifiesta a 1 Km. del sector Lagunilla en la carretera a Julcamarca donde el talud inferior de la carretera está siendo erosionado por las aguas del río Ocopa.

ÁREAS AFECTADAS POR INUNDACIONES

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS OCASIONADOS
CUENCA DEL RIO MANTARO		
Pongora Km. 110+800 carretera Huamanga- Compañía	Excesivas precipitaciones pluviales aumentan caudal y carga del río Ocopa desbordándose por su margen izquierda	Afecta un área amplia de terrenos de cultivo en cada temporada de lluvia.
Compañía (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)	Las precipitaciones pluviales en época de lluvias aumentan caudal y carga del río Pongora desbordándose por su margen derecha	
Antaparco (Prov. Angaraes. Departamento Huancavelica)	Lluvias estacionales aumentan caudal del río Cachi que se desborda por la margen izquierda, algunas viviendas se ubican en una terraza inundable	Puede afectar viviendas ubicadas en la zona de inundación

ÁREAS AFECTADAS POR EROSIÓN FLUVIAL

SECTOR	CARACTERÍSTICAS	DAÑOS OCASIONADOS
CUENCA DEL RIO MANTARO		
Carretera Huamanga- Huanta Km. 112	Dinámica del río Ocopa, morfología de la zona, rocas muy deleznable fácilmente erosionables (tobas), precipitaciones pluviales, pendiente del cauce 5°	Daños por la margen izquierda a terrenos de cultivo y viviendas

Anyana (Prov. Huamanga. Departamento Ayacucho)	Dinámica del río Cachi, morfología de la zona, sedimentos rojizos, fácilmente erosionables, precipitaciones pluviales, pendiente del cauce 5°	Afecta al caserío de Anyana
--	--	--------------------------------

CAPÍTULO VIII

HERRAMIENTAS DE SOPORTE GEOAMBIENTAL

El autor ha denominado con éste término a la aplicación de las metodologías de análisis que hoy existen y que son capaces de manipular datos y generar información para ser usados en el proceso de planificación de una determinada región; partiendo de la premisa que el hombre y el desarrollo de los pueblos no se encuentran separados de los elementos naturales (agua, aire y suelo) por estar integrados dentro de éste sistema natural global.

El uso de las herramientas computacionales facilitan y propician la identificación de las características dinámicas de una región de interés, en nuestro caso los fenómenos de remoción en masa y su incidencia en la actividad humana, el medio donde se desarrolla y el uso que se le da al territorio.

8.1 UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA

Se conoce con éste nombre al proceso de grabar información por medio de sensores ubicados en satélites. Esta técnica es aplicable en el manejo de riesgos naturales ya que los mismos dejan huellas de los episodios anteriores, permitiendo identificar áreas que pueden ser expuestas a eventos naturales, para lo cual se utilizó una plataforma computacional conformada por máquinas computadoras del tipo Workstations SUN bajo entorno SOLARIS, con alta capacidad gráfica para leer y procesar espacialmente las imágenes satelitales y el software ENVI-RT 3.5 para el procesamiento de las mismas.

8.2 TIPOS DE IMÁGENES

Las imágenes utilizadas en el presente trabajo fueron Landsat 5 TM y Landsat 7 TM en combinación de bandas 7,4,2 (RGB), 4,5,7(RGB), 5,4,2 (RGB), 4,3,2 (RGB) la misma que permitió discriminar los tipos de rocas y ayudar en la interpretación geomorfológica en base a la textura de la imagen, además de discriminar características estructurales de las unidades litológicas presentes; así como identificar áreas donde existió actividad volcánica explosiva. Adicionalmente se utilizaron imágenes de radar (RADARSAT, JERS-1) que penetran la nubosidad y parcialmente la cobertura vegetal; por ello sirvieron de apoyo en la interpretación sobre peligros geológicos y zonas de intensa erosión de laderas y delimitación de pendientes en las laderas que contribuyen a la inestabilidad.

8.3 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM)

En nuestro estudio se ha utilizado el modelo de elevación digital (DEM) que es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la elevación de la superficie del terreno. La unidad básica de información de un DEM es un valor de elevación z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y. Este modelo ha resultado de sobreponer la base cartográfica digitalizada con las imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 7 TM, en combinación de bandas 7,4,2 (RGB), 4,5,7 (RGB) para visualizar los tipos de terreno y zonas con vegetación, la banda 4 que nos permite observar en gris las áreas más reflectivas por la ausencia de vegetación y la combinación 7,3,1 para detectar anomalías de color que ofrecen los minerales no metálicos.

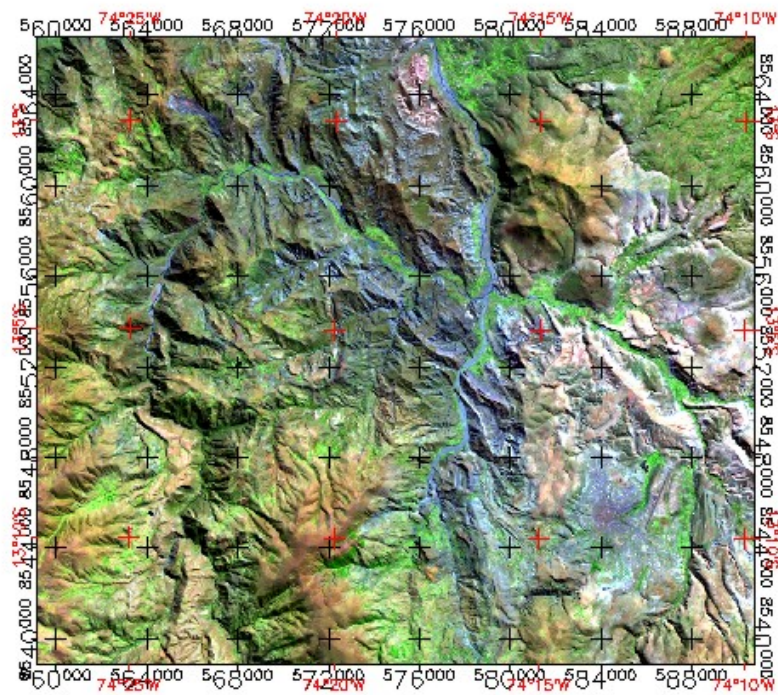


Imagen Landsat TM en combinación de bandas 5,4,2 (RGB)

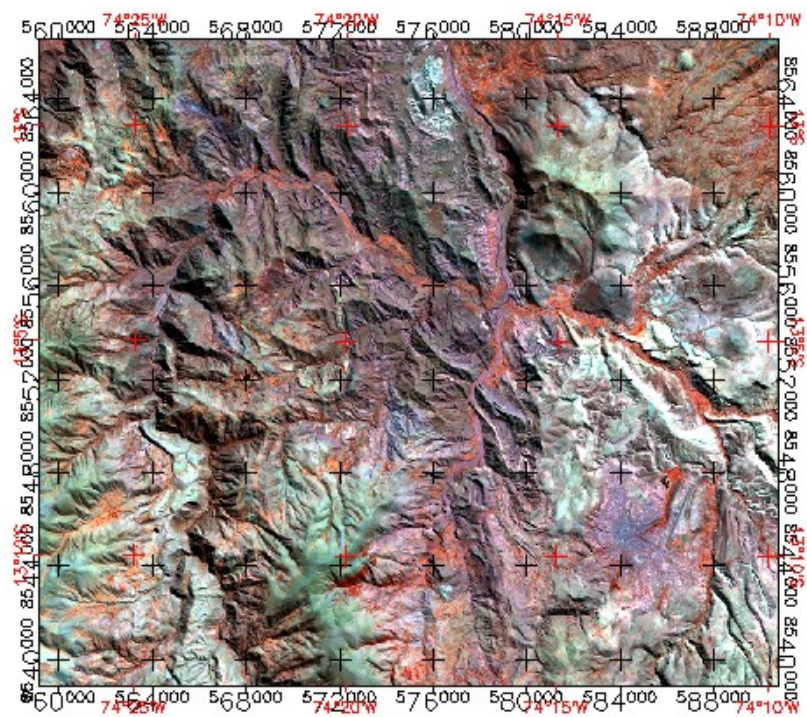


Imagen Landsat TM en combinación de bandas 4,5,7 (RGB)

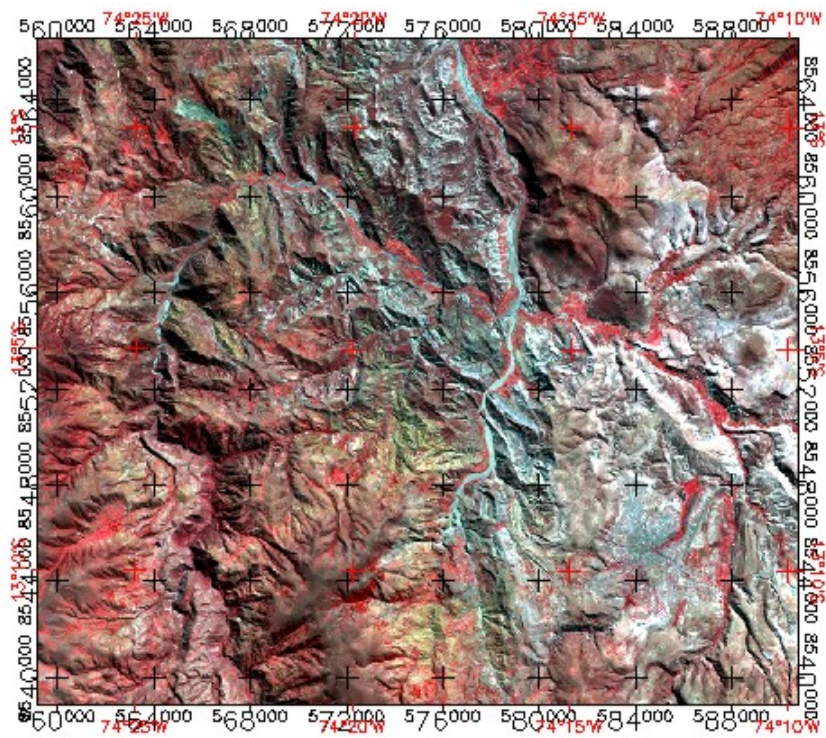


Imagen Landsat TM en combinación de bandas 4,3,2 (RGB)

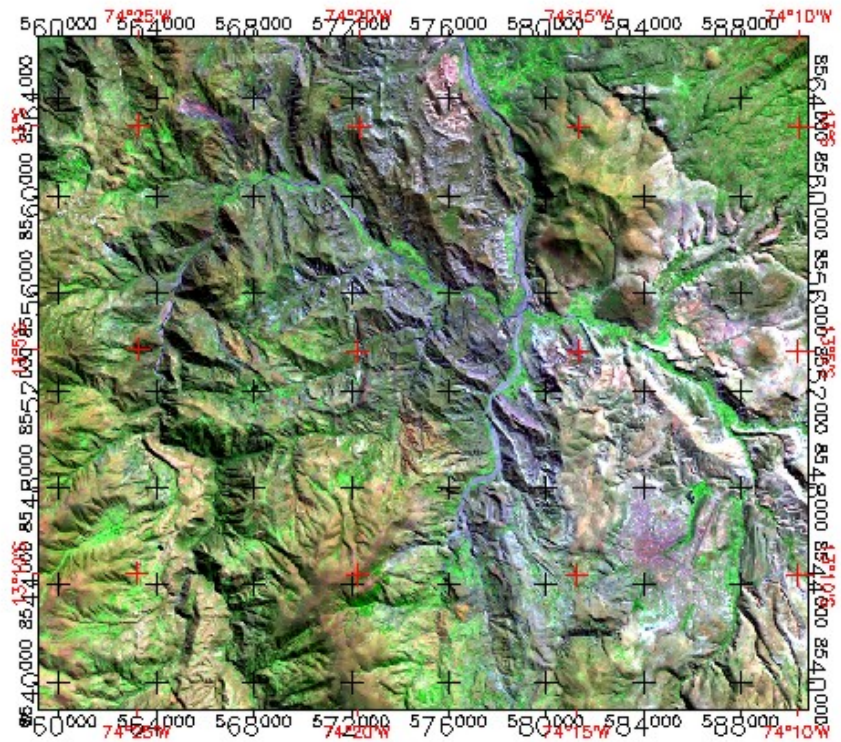
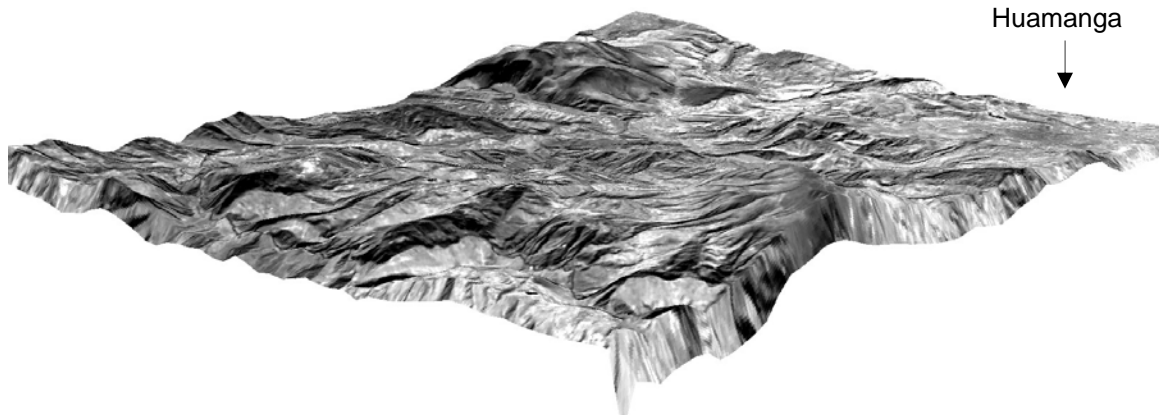
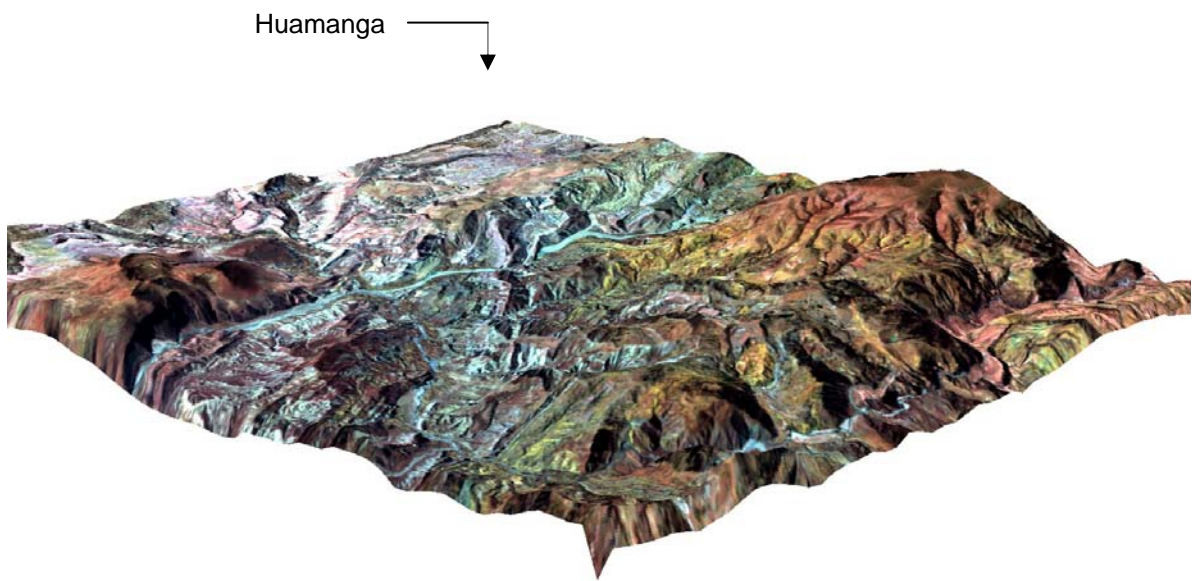


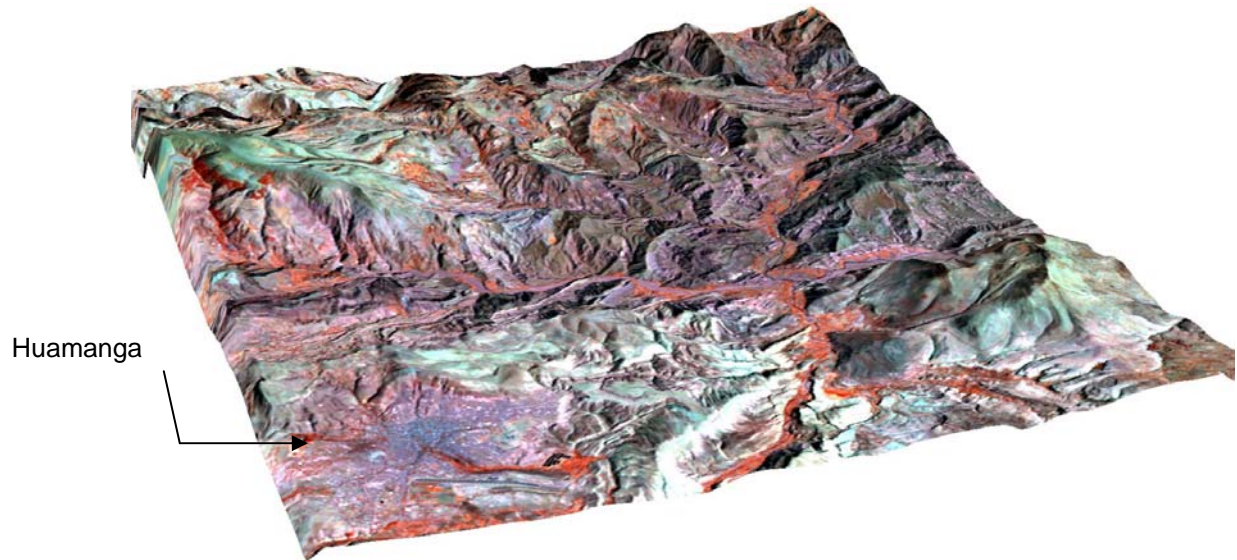
Imagen Landsat TM en combinación de bandas 7,4,2 (RGB)



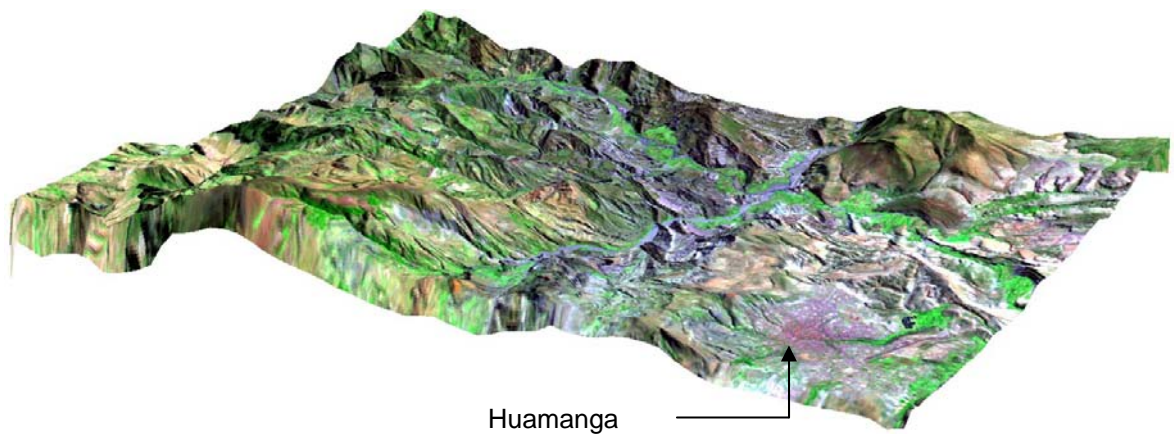
Modelo de Elevación Digital en banda 4. Vista desde la dirección oeste-este



Modelo de Elevación Digital en Combinación de bandas 7,3,1 (RGB)
Vista desde la dirección noroste-sureste



Modelo de Elevación Digital en combinación de bandas 4,5,7 (RGB).
Vista desde la dirección sureste-noroeste



Modelo de Elevación Digital en combinación de bandas 7,4,2 (RGB).
Vista desde la dirección sur-norte

El DEM muestra desde diferentes ángulos de visualización la configuración del terreno, su rugosidad y pendientes, permitiéndonos analizar zonas donde no existe vías de acceso detectando procesos geomorfológicos como los movimientos de masas, finalmente la ventaja de éste modelo nos ayudará en la toma de decisiones.

8.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG O GIS)

El término S.I.G. (Sistema de Información Geográfica) o en su acepción anglosajona G.I.S. (Geographic Information System), es un método o técnica de tratamiento de la información geográfica que permite capturar, analizar, transformar y presentar información territorial; por ejemplo, cuando se tiene datos sobre tipos de suelo, vegetación, caminos, datos climáticos, estos pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en la confección de mapas o coberturas temáticas que permitan la visualización y análisis de forma integrada de los datos originales y no como entidades individuales (ver AYALA, F.J., 2003).

Las ventajas de la utilización de los SIG es que los datos son mantenidos en formato digital de forma que éstos están en una forma físicamente más compacta que la de los mapas de papel, tablas y otras formas convencionales. Para el presente trabajo se ha hecho uso del software ARC/INFO v. 3.5 para plataforma de Pc Windows 98 que es un Sistema de Información Geográfica (SIG) usado para digitalizar, manipular, analizar y exhibir datos gráficos en formato digital, está caracterizado para almacenar y manejar datos en forma vectorial con atributos inherentes a la cobertura; por ejemplo si tenemos un mapa con curvas de nivel, en la cobertura de topografía se le agrega el campo cota, y si a este campo le damos el valor 1000, esto nos permitirá visualizar todas las cotas 1000 que existen en el mapa.

8.5 USOS DE UN SIG A DIFERENTES ESCALAS

De acuerdo al tipo de trabajo que se realiza el SIG puede usarse a diferentes escalas:

8.5.1 Usos a Nivel Nacional

Se utiliza para categorizar el terreno de acuerdo con las amenazas naturales y determinar hasta qué punto estos fenómenos naturales imponen un peligro significativo.

- 1.-Áreas que no presentan amenazas, aptas para actividades de desarrollo.
- 2.-Áreas propensas a eventos naturales severos, en las cuales deben evitarse las actividades de desarrollo.
- 3.- Áreas peligrosas ya desarrolladas que necesitan medidas para reducir la vulnerabilidad.
- 4.- Áreas que requieren más evaluación sobre amenazas.

8.5.2 Usos a Nivel Regional

Se utiliza cuando el estudio es más detallado de áreas específicas en lo que se refiere a su potencial de desarrollo y sus limitantes relacionadas con amenazas.

- 1.-Evaluaciones sobre amenazas utilizando información obtenida con técnicas de sensoramiento remoto.

2.-Mapas indicando los límites de zonas de influencia de peligros.

3.-Suelos, topografía, usos de la tierra, recursos hidráulicos, infraestructuras civiles y mineras.

Con este tipo de información es posible hacer un análisis más profundo que relacione las amenazas naturales con las actividades de desarrollo ya existentes o planeadas.

8.5.3 Usos a Nivel Local

Se usa el SIG a nivel local para formular proyectos en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, y para ubicar los elementos vulnerables de las infraestructuras vitales que son los elementos más críticos de un área a fin de poner en práctica actividades de preparación y respuesta a emergencias. La presencia de una amenaza debería afectar la selección del lugar, el diseño de ingeniería y la factibilidad económica de los proyectos de inversión.

8.6 USO DE MAPAS TEMÁTICOS

El uso de mapas temáticos es muy importante para sintetizar datos sobre amenazas naturales y para combinarlos con otros tipos de datos (uso de suelo, pendientes de las laderas, litología o también datos socioeconómicos), facilita el análisis y mejora la comunicación entre los especialistas en geología ambiental, los planificadores y el personal directivo. La técnica utilizada es la superposición de mapas, donde dos o más coberturas temáticas (por ejemplo tipo de peligro, suelo, red de drenaje o carreteras) son combinadas, resultando una nueva cobertura temática (o mapa) compuesta.

La finalidad de emplear ésta técnica es para hallar la susceptibilidad de los terrenos a los peligros geológicos. Para nuestro estudio se han preparado mapas con diversa información, tal es así que se tiene mapas de inventario de peligros geológicos en general, donde se ubican todos los procesos de geodinámica externa que ocurren en la zona, el producto final es un mapa donde figuran deslizamientos y movimientos complejos, derrumbes y erosión de laderas, inundaciones y huaycos. Para realizar éste inventario se utilizó un posicionador geográfico satelital (GPS) y altímetro que permitieron dar la ubicación y la altura respectivamente del fenómeno ubicado dando la latitud y longitud en coordenadas UTM, para luego almacenarlos en una base de datos.

Esta metodología, permite presentar gráficamente cada peligro con un símbolo particular de acuerdo al tipo de peligro (triángulos para huaycos, rectángulos para inundaciones, semicírculos para deslizamientos y rombos para erosión de laderas); la densidad de puntos en el mapa nos indicará las zonas que son más o menos susceptibles a experimentar determinados tipos de fenómenos de remoción en masa y los factores que los desencadenan, sean naturales o antrópicos y nos provee los elementos necesarios para identificar las medidas de mitigación estructurales (obras de prevención) y no estructurales (revegetación de laderas) que sean necesarias aplicar en un futuro cercano y que puedan ser incorporadas en proyectos de desarrollo sectorial integrado o en una estrategia nacional para reducir la vulnerabilidad.

Dentro de los mapas confeccionados está el mapa geomorfológico y de pendientes donde se relacionan las diversas unidades geomorfológicas con las inclinaciones de las laderas y los eventos naturales que en ellas ocurren, limitando áreas homogéneas.

Se pueden utilizar escalas pequeñas y medianas para el trazado de mapas de zonas peligrosas y estudios de mitigación de riesgos, la información

utilizada originalmente en una escala para un propósito determinado, puede usarse en el futuro en otra escala con diferente propósito.

8.6.1 Mapa de Inventario de Peligros Geológicos (MPG)

Para confeccionar éste tipo de mapa se necesita realizar visitas al campo, mediante la observación directa o indirecta a través de fotografías aéreas e imágenes satélite para detectar eventos naturales pasados y actuales; de tal manera que se hace un inventario general de todos los tipos de fenómenos de remoción en masa que ocurren o ocurrieron en el área, además de otros tipos de peligros geológicos e hidrológicos como la erosión de laderas y erosión fluvial e inundación.

Este tipo de mapa puede combinarse con otros para obtener un mapa compuesto que nos delimite áreas homólogas y susceptibles a determinados tipos de fenómenos, además del geoindicador porcentaje, frecuencia y área de influencia de todas los peligros geológicos que constituyen o pueden constituir amenaza para la vida o infraestructura.

El mapa de peligros geológicos llamado también de multipeligro, compuesto, de síntesis o de superposición de peligros es una herramienta excelente para analizar la susceptibilidad de los terrenos, especialmente cuando está combinado con el mapa de pendientes, litológicos y geomorfológicos combinado con los factores detonantes como las precipitaciones pluviales y los sismos.

Los beneficios que este tipo de mapa otorga, son los siguientes:

- 1.- Nos da a conocer las características de los fenómenos naturales y sus posibles impactos.

2.-Puede recomendarse técnicas de mitigación comunes para una misma porción del área de estudio.

3.-Identifica áreas que requieran más información, evaluación o técnicas específicas de reducción de amenazas

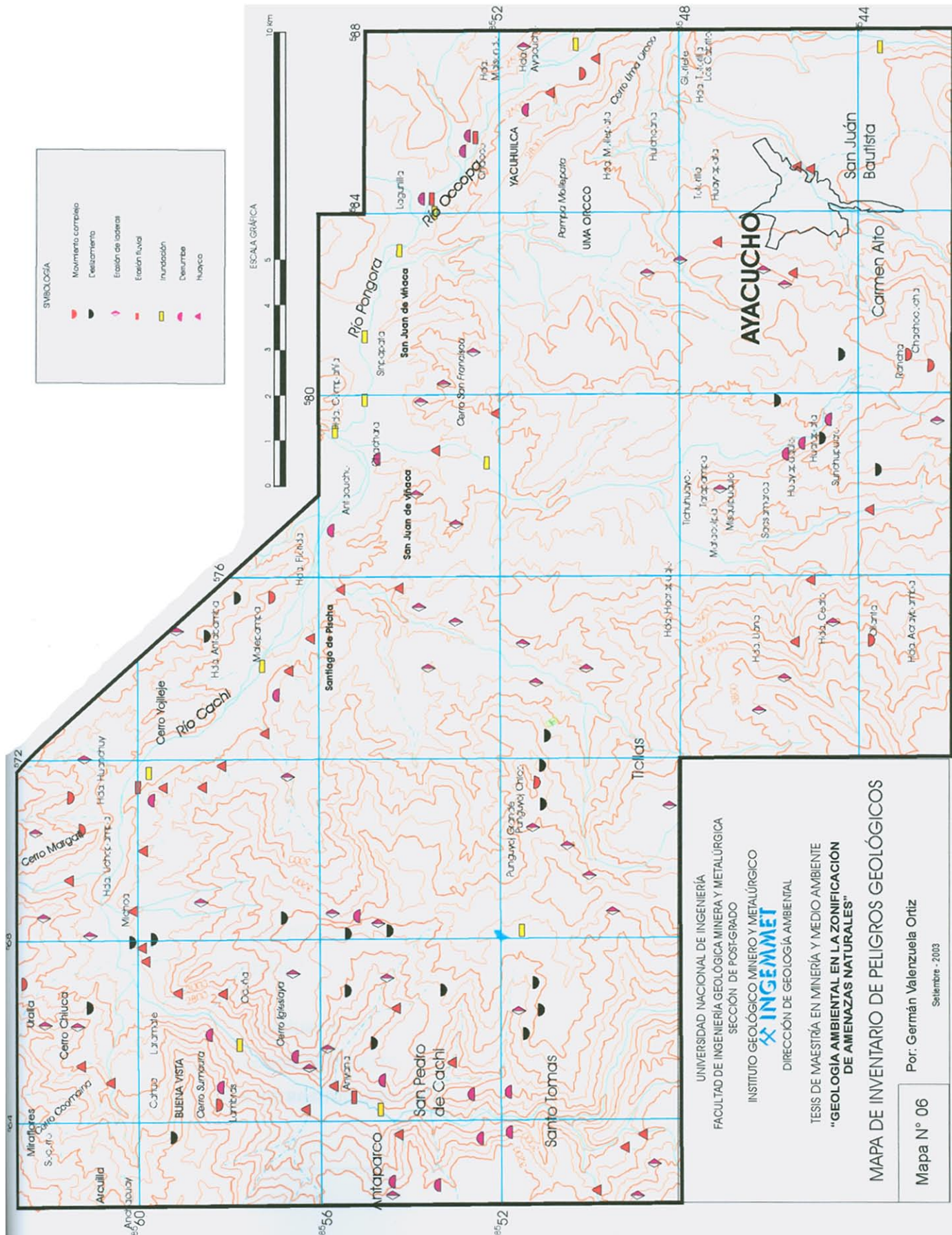
4.- Nos ayuda a tomar decisiones sobre el uso de la tierra en todas las consideraciones de amenazas simultáneamente.

En nuestra área en estudio se han identificado un total de 152 eventos naturales (ver Mapa N°6) que ocurrieron en un pasado no tan lejano, muchos de ellos desencadenados con los sismos ocurridos en las décadas pasadas, durante eventos de El Niño con lluvias periódicas o por actividad antrópica, cuyas cicatrices se observan hasta la actualidad.

Para el estudio de estos eventos, se ha hecho necesario el uso de fichas sobre peligros geológicos, esto nos ha permitido confeccionar una base de datos y posteriormente éste tipo de mapa, el mismo que nos ayudará a determinar zonas donde los fenómenos geodinámicos inciden con más frecuencia.

8.6.2 Mapa de Instalaciones Críticas (MIC)

El término "instalaciones críticas" significa todas las estructuras u otros adelantos hechos por el hombre que debido a su función, tamaño, área de servicio o singularidad pueden causar serios daños al ser humano o a las propiedades, o pueden trastornar las actividades socioeconómicas vitales si se destruyen o sufren daños, o si sus servicios son interrumpidos en repetidas ocasiones.



Simbología

	Movimiento campo
	Deslizamiento
	Erosión de laderas
	Erosión fluvial
	Inundación
	Denudación
	Huayco



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
 SECCION DE POST-GRADO

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRIA EN MINERIA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGIA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACION DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE INVENTARIO DE PELIGROS GEOLOGICOS

Por: Germán Valenzuela Ortiz
 Setiembre - 2003

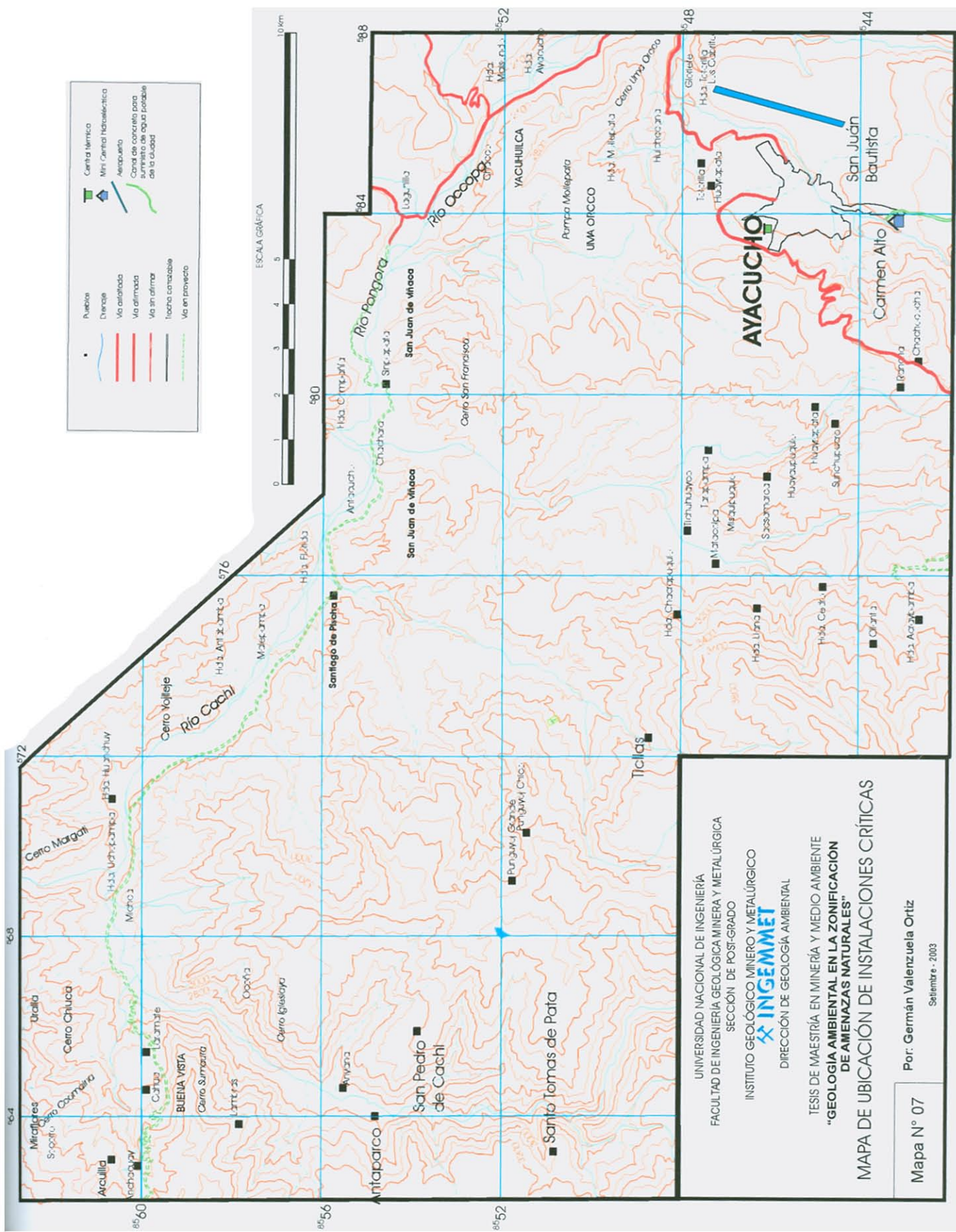
Mapa N° 06

En nuestra área en estudio se encuentran una central térmica, una minicentral hidroeléctrica denominada Campanayocc de 15 M.W de potencia, un canal de concreto de suministro de agua potable, un aeropuerto y una carretera asfaltada en buen estado para el acceso a la ciudad de Huamanga denominada Los Libertadores Huari; se cuenta además con carreteras afirmadas para acceder a las localidades.

Existe también infraestructura del Gasoducto Camisea, importante obra energética para nuestro país (ver Foto N°2), del cual uno de sus ramales que parte a inmediaciones de Ninabamba transita cerca de la ciudad de Huamanga hasta Vinchos y con ello se proveerá de gas natural a la población; además de ésta obra de infraestructura se encuentra la Presa de Cuchuquesera (ver Foto N°1), la misma que cae fuera de nuestra área de estudio, sin embargo es de sumo interés nombrarla ya que junto al gas son las principales obras de la región (ver Mapa N° 7).

El principal propósito de un mapa de instalaciones críticas (MIC) es brindarle información, clara y precisa a los planificadores y directivos sobre la ubicación, capacidad y área de servicio de las instalaciones. Pueden presentarse un gran número de instalaciones al mismo tiempo; además, cuando se combina con un MPG puede mostrar cuales son las áreas sobre las que se requiere más información, diferentes técnicas para reducir la amenaza o atención inmediata cuando ocurre un evento peligroso. Algunos de los beneficios de los MIC son:

- 1.- Identificar las instalaciones que es necesario mejorar o ampliar;
- 2.- Evaluar el área antes de implementar un proyecto, es decir, predecir el impacto que pueda tener el desarrollo potencial en las infraestructuras existentes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
 "GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN
 DE AMENAZAS NATURALES"
 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES CRÍTICAS

Por: Germán Valenzuela Ortiz
 Selente - 2003

Mapa N° 07

8.6.3 Mapa de Ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa

En base al inventario de peligros geológicos en el campo, se confeccionó un mapa donde se determina en forma gráfica el grado de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por sectores. Para mostrar esto, en primer lugar, se hizo necesario utilizar el gráfico del Círculo de Orden, que consta de cuatro cuadrantes A, B, C y D que en sentido horario representan el orden de importancia.

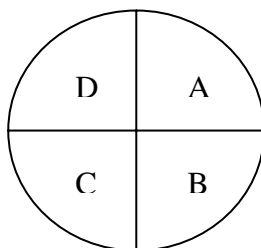
En segundo lugar, se le da al fenómeno de remoción en masa un número de identificación determinado que será colocado en el cuadrante respectivo según su grado de ocurrencia; es decir, si se dan deslizamientos en mayor cantidad que huaycos y derrumbes en una zona específica, el número 1 correspondiente al fenómeno deslizamiento se colocará en el primer cuadrante (Cuadrante A) y el número 3 correspondiente al huayco se colocará en el segundo cuadrante (Cuadrante B), finalmente el derrumbe designado con el número 2 será colocado en el tercer cuadrante (Cuadrante C), visualizando de ésta forma las áreas de ocurrencia de los Fenómenos de Remoción en Masa (ver Mapa N° 8).

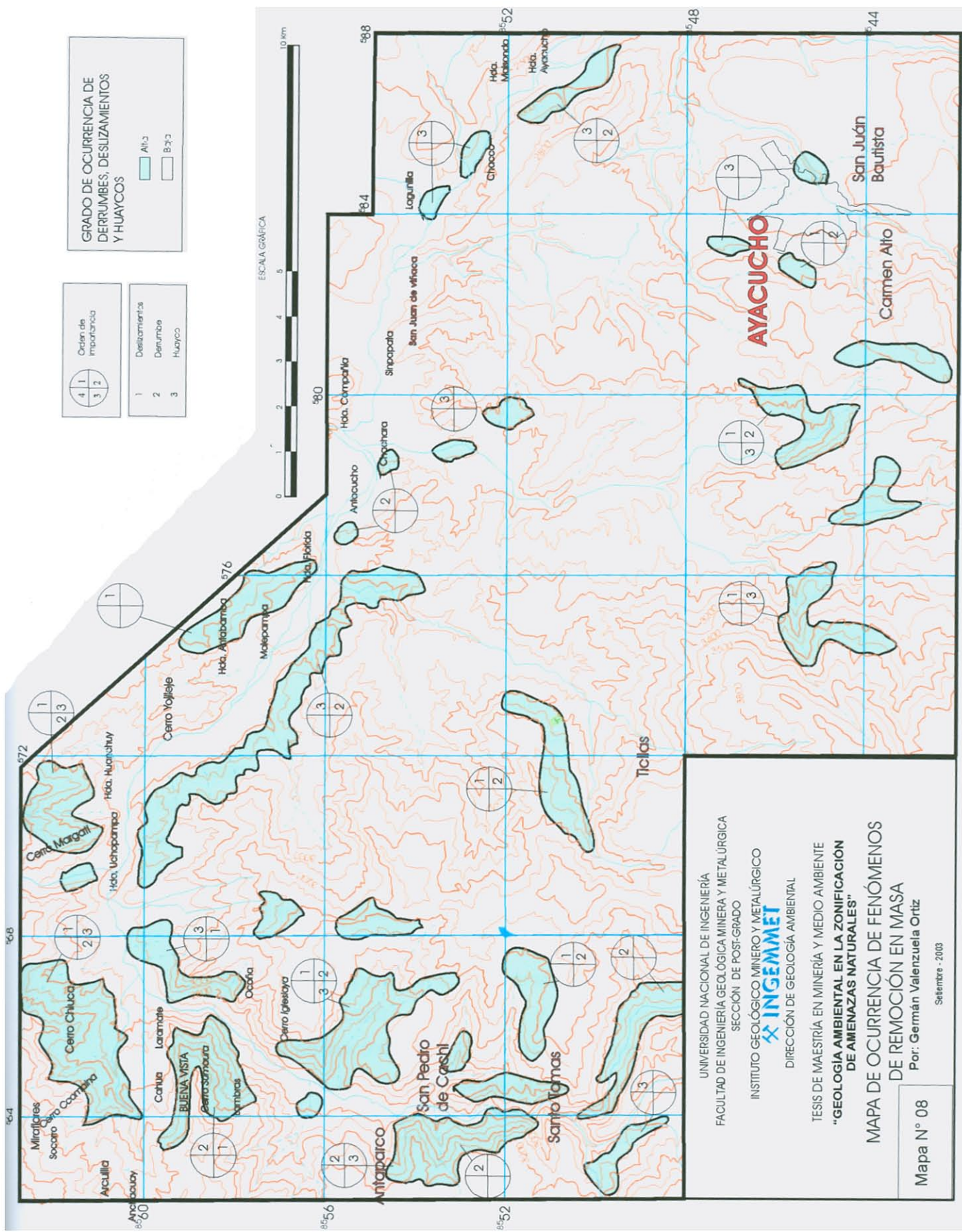
Fenómeno de Remoción en Masa

- 1: Deslizamiento
- 2: Derrumbe
- 3: Huayco

Cuadrantes

- A: Primer Orden
- B: Segundo Orden
- C: Tercer Orden
- D: Cuarto Orden





GRADO DE OCURRENCIA DE DERRUMBES, DESLIZAMIENTOS Y HUAYCOS

1	Alto
2	Bajo

Orden de Importancia

4	1
3	2
2	3
1	4

Disturbios

1	Deslizamiento
2	Derrumbe
3	Huayco

ESCALA GRÁFICA

0 1 2 3 4 5 10 km

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE OCURRENCIA DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
 Por: Germán Valenzuela Ortiz

Mapa N° 08

Setiembre - 2003

8.6.4 Mapa de Procesos de Erosión de Laderas

Para la elaboración de este mapa se hizo necesario contar con la ayuda de los sensores remotos, fotografías aéreas y el inventario de Peligros Geológicos; el conocimiento de la litología y geomorfología es muy importante para definir áreas donde la intensidad de este proceso (surcos y cárcavas) es Alta o Baja y donde el clima va a incidir notablemente sobre los materiales. Es así que se han determinado zonas constituidas por superficies colinosas y plano-onduladas donde existe la probabilidad de generarse fenómenos de inestabilidad, llegando a tal afirmación en base al análisis retrospectivo de eventos antiguos identificados en campo y a la interpretación geomorfológica del área (ver Mapa N° 9)

8.6.5 Combinación de Mapa de Instalaciones Críticas con Mapa de Peligros Geológicos

Las ventajas de explicar este mapa radica en que en nuestro país gran cantidad de obras civiles, mineras, hidroenergéticas, etc., se encuentran emplazadas en zonas de morfología agreste, donde suceden fenómenos naturales de remoción en masa que muchas veces causan problemas a las instalaciones; por lo tanto, se debe tener en cuenta la confección de éste mapa en la etapa preliminar de todo proyecto ya que contribuirá a la toma de decisiones y selección de terrenos aptos para emplazar obras.

Como se ha dicho en el acápite anterior, en nuestra área en estudio se cuenta con infraestructura vial, agrícola y energética; si bien es cierto, que estas obras se encuentran ya emplazadas en el terreno se debe tener especial cuidado con ellas para mantenerlas en buen estado ya que pueden ser

vulnerables a la ocurrencia de determinados fenómenos naturales; por lo tanto, se debe contar con un mapa donde muestre el grado de susceptibilidad del terreno a los fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos a la que se encuentran expuestas para llevar un adecuado control de ellas. A continuación, a manera de ejemplo y experiencia en otras áreas citaré algunas zonas donde se encuentran instalaciones críticas que poseen problemas geodinámicos y otras donde ya sucedieron fenómenos geodinámicos con consecuencias desastrosas:

En la cuenca del río Paucartambo en el departamento de Pasco, se ubican las instalaciones de la Presa Yuncán, dada las pendientes de las laderas del valle mayores a 30° y a la alteración del macizo rocoso se producen deslizamientos y derrumbes que afectan dichas instalaciones; como un hecho histórico se tiene información que en la década del '80 hubo un deslizamiento en el sector de Tingo Hualca que represó el río y afectó la bocatoma y desarenador; actualmente el lugar donde se ubica la presa de Yuncán posee una inestabilidad por huaycos y deslizamiento inminente que puede afectarla en un futuro.

El 27 de febrero de 1997, el colapso de una morrena desencadenó un huayco que represó el río Vilcanota en Cusco, formando una laguna y afectando la C.H. de Machupicchu; en el 2001 ocurrió un derrumbe de nieve en la Mina La Rinconada en Puno, sector Ritipata donde se ubican plantas de tratamiento, bodegas y molinos, el uso indiscriminado de explosivos fragmentan roca y hielo, la vibración causa derrumbes de nieve, y se podría desencadenar un aluvión debido a que parte de la nieve del nevado Ananea caería a la laguna Lunar de Oro arrasando parte del pueblo del mismo nombre; aparte de causar la contaminación del entorno que se origina por el vertimiento de residuos líquidos contaminados al drenaje natural.

Otro ejemplo que se puede citar es el de la mina Toquepala donde la Planta y la Chancadora se encuentran en una microcuenca, la misma que durante épocas de lluvias todas las aguas convergen en las instalaciones inundándolas y causando daños a la infraestructura. En el tajo abierto Toquepala también existe un problema grave y es el de un posible e inminente derrumbe en roca con grandes agrietamientos en el sector este y que traería como consecuencia la muerte de trabajadores y sepultamiento de equipos si es que se llegara a producir, actualmente se tiene información que la empresa está trabajando sobre el tema.

En base a lo anteriormente descrito, la confección de éste tipo de mapas es de suma importancia, analizándose las condiciones de exposición de equipos y personal a fin de evaluar su vulnerabilidad pudiendo evitarse o disminuirse. Puede lograrse que las nuevas instalaciones sean menos vulnerables, evitando las áreas peligrosas o construyéndolas de manera que sean resistentes a desastres o exponiéndolas lo menos posible a ellos. Los beneficios que se obtienen al combinar un MIC y un MPG incluyen:

- 1.- Poner al tanto a planificadores y directivos sobre las amenazas que enfrentan las instalaciones críticas existentes o propuestas antes de implementar un proyecto.
- 2.- Poder determinar hasta qué punto podría verse afectado el desarrollo por la falla o interrupción de las instalaciones críticas como consecuencia de un evento natural.
- 3.- Poder calcular la relación costo-beneficio de forma más realista para nuevas actividades de desarrollo.
- 4.- Poder identificar las áreas que requieren diferentes evaluaciones, métodos de preparación para emergencias,

recuperación inmediata o técnicas de reducción de vulnerabilidad específicas.

8.6.6 Combinación con otros tipos de mapas

Existen varias combinaciones de mapas, los mismos que darán con base en ellos las recomendaciones del uso más apropiado que se le puede dar a una zona.

En el capítulo siguiente se explicarán los diversos tipos de mapas que surgen combinando los mapas litológicos, usos del suelo, actividad de los procesos erosivos y estabilidad de los terrenos con la finalidad de hallar la susceptibilidad de cada mapa frente a los peligros geológicos.

CAPÍTULO IX

ZONIFICACIÓN GEOAMBIENTAL

9.1 PREGUNTAS DEL CASO

Las zonificaciones territoriales pueden concebirse como una clasificación temporal de un entorno físico finito, debemos respondernos las siguientes preguntas:

POR QUÉ ZONIFICAR?

Debemos zonificar porque los desastres naturales conviven con el hombre y su medio ambiente.

PARA QUÉ ZONIFICAR?

Se zonifica para el ordenamiento del uso del territorio, para riesgos naturales y aptitud para uso urbano.

DÓNDE DEBEMOS ZONIFICAR?

La magnitud y complejidad topográfica de nuestro territorio nos indica que existen áreas prioritarias donde debemos zonificar y deben ser las áreas donde exista población y obras de infraestructura.

CÓMO ZONIFICAR?

Esta interrogante es la que se tratará a continuación, tomando los criterios necesarios para una correcta metodología de trabajo.

9.2 CRITERIOS DE ZONIFICACIÓN

Se sabe que el riesgo existe donde una población determinada, sus bienes y sus actividades están expuestos a un peligro natural (geológico e hidrológico). La evaluación del riesgo debe tener en cuenta cada uno de estos elementos (físicos, sociales, económicos, etc.) y las relaciones existentes entre ellos.

Las zonificaciones geoambientales constituyen una herramienta valiosa y necesaria para los fines de planificación territorial y mitigación de los desastres naturales. El objetivo principal de una zonificación de peligros es indicar las zonas con igual probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con efectos desastrosos.

Los propósitos de la zonificación deben relacionarse con elementos básicos de información que se requiere para este fin y el nivel de detalle que a su vez debe corresponder con una escala de trabajo. En este estudio se propone utilizar un cuadro de relaciones proporcionando la manera de interconectar los elementos básicos imprescindibles como son la topografía, geología, geomorfología y clima. La escala del trabajo se ha escogido en 1:100, 000; todos estos datos son ploteados en una matriz y ésta a su vez podrá materializarse en mapas.

El método a emplear en la zonificación es el método implícito donde la zonificación del área en estudio se realiza a partir de la observación subjetiva, para establecer las características de algunos de los elementos básicos enunciados y proceder a la zonificación.

Las actividades metodológicas que se realizaron para nuestro trabajo fueron en primer lugar en la búsqueda de información luego se obtuvo la base cartográfica para llevar a cabo un correcto mapeo geodinámico, geológico y de

procesos erosivos y con ésta información, se pudo definir preliminarmente zonas de comportamiento homogéneo.

MATRIZ DE CORRELACIONES PARA ZONIFICACIÓN

	GENERAL									
	Escala	Elementos Básicos								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fenómenos de Remoción en Masa	1:100,000	a				f				

SIMBOLOGÍA

GRADO DE IMPORTANCIA

- Imprescindible
- Necesario
- Recomendable
- No se requiere

ELEMENTOS BÁSICOS

1. Topografía
2. Geología
 - a. Litología
 - b. Litología y estructuras
 - c. Litología, estructuras e hidrogeología
3. Geomorfología
 - d. Morfología
 - e. Morfodinámica
4. Suelos
5. Clima
 - f. Lluvias
 - g. temperatura
 - h. Evapotranspiración
 - i. Vientos
6. Cobertura
7. Sismos
8. Antrópicos
9. Propiedades Geomecánicas

Mediante la matriz anterior se deduce que para estudiar fenómenos de remoción en masa a un nivel general, los suelos, la cobertura y los fenómenos antrópicos son datos recomendables, siendo un dato necesario la ocurrencia de sismos y para ésta escala los datos sobre geomecánica no se requieren; a su vez, dentro de la geología un dato imprescindible es la litología y dentro del clima el dato que se requiere es la precipitación, debido a que la roca en áreas de diferente clima tiene un comportamiento diferente.

9.3 USO DEL TERRITORIO

Con lo expuesto anteriormente, se puede decir que los eventos naturales son muy frecuentes en éste tipo de territorio, por lo tanto es necesario plasmar estos datos mediante mapas donde se facilite la identificación y la clasificación de los componentes geoambientales que integran físicamente la zona de estudio, esto permitirá establecer relaciones concretas entre el territorio, recursos que posee, zonas de riesgo a eventos naturales y las actividades de la población que se ubica en ellos. Como es de saber, gran parte del área de estudio es netamente rural y muchos pueblos y caseríos se ubican en zonas de alto riesgo, por lo tanto, se hace necesario una zonificación de componentes, especialmente para producir información básica para los usuarios de las mismas que deben tomar decisiones inteligentes respecto a sus actividades, en ésta forma la geología combinada con otras disciplinas, contribuye a orientar el desarrollo racional y sostenible del medio y las actividades que en ella se realizan en equilibrio con las condiciones naturales del territorio.

9.4 VARIABLES GEOAMBIENTALES QUE INTERVIENEN PARA CARACTERIZAR LA AMENAZA

En el presente trabajo se ha considerado cuatro variables que intervienen en la amenaza traducidas en mapas temáticos y son la litología, pendientes, geomorfología y usos del suelo.

9.4.1 Litología

La información geológica de campo y gabinete de las unidades aflorantes en el área se le divide en unidades de tipo de roca; así se obtiene el mapa de litología, diferenciándose cinco tipos:

Unidad I : Rocas volcánicas

Esta unidad esta conformada por secuencias litológicas de la Formación Huari que en los alrededores de la ciudad de Huamanga aflora como derrames de lavas oscuras formando conos de tufos y escorias con depósitos de lapilli y piroclásticos en ambiente lagunar; la Formación Molinoyoc también se encuentra en este grupo y esta constituida principalmente por lavas oscuras.

Unidad II: Rocas Volcánico-sedimentarias

Esta unidad está constituida por secuencias litológicas de la Formación Ayacucho y los miembros medio y superior de la Formación Huanta conformados por tobas lapillíticas o ignimbritas en alternancia con limolitas, limoarcillitas y diatomitas, conglomerados, cenizas y areniscas.

Unidad III: Rocas sedimentarias

Esta unidad la constituyen las Formaciones Socos y la secuencia del miembro inferior de la Formación Huanta constituidos por conglomerados, areniscas y capas de lutitas, areniscas arcóscas, microconglomerado y capas de yeso.

Unidad IV: Rocas Intrusivas:

En este grupo se encuentran la Microdiorita Buena Vista de color gris verdoso, el Subvolcánico Rontuylla conformado por una riolita y finalmente se encuentra el Microgranito Antaparco de color blanco rosado, el cual en el área en estudio se encuentra muy alterado por el clima a arena.

Unidad V: Depósitos Superficiales

Conformados por depósitos de gravas y bloques, subangulosos a subredondeados englobados en un cemento de grava fina y limoarenoso, se les encuentran formando terrazas aluviales y fluviales en las proximidades de los ríos y depósitos coluviales en áreas colinosas.

9.4.2 Geomorfología y pendientes

Mediante la geomorfología se determinan las formas del relieve y las pendientes de las laderas pues ellas nos darán una idea de la estabilidad del terreno y comportamiento del mismo frente a procesos erosivos.

Las pendientes mayores se ubican en la unidad Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental con valores mayores a 30°, el resto de la zona presenta un relieve suave a moderado con pendientes que fluctúan entre 7° a 20°.

9.4.3 Usos del Suelo

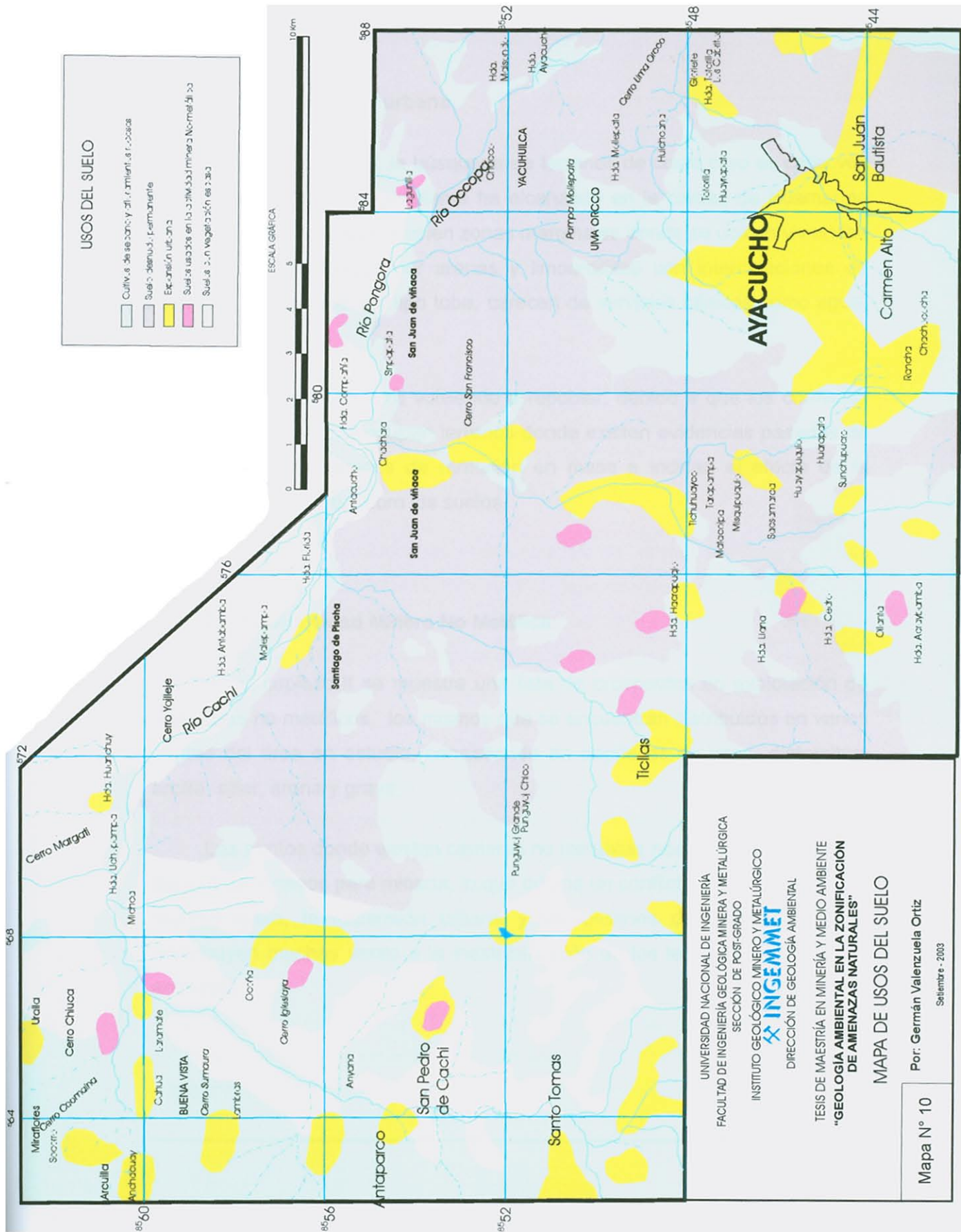
Se han identificado 5 tipos de uso del suelo, (ver Mapa N° 10), que son:

9.4.3.1 Cultivos de seco:

Los cultivos de seco incluyen todos los terrenos donde los pobladores de los diversos caseríos y comunidades existentes en el área en estudio utilizan para sus faenas agrícolas, no existe sistemas de riego y todo se hace por las precipitaciones pluviales que ocurren en el área; sin embargo, no todo es suelo, también existen áreas con afloramientos rocosos alterados por el clima. Esto se ha podido hacer mediante fotointerpretación y comprobaciones de campo.

9.4.3.2 Suelo Desnudo Permanente

En ésta parte se trata de aquellos terrenos donde el suelo se encuentra desprovisto de vegetación o existe escasos arbustos y sembríos de tunas, mayormente se observa colinas donde la actividad de los procesos erosivos es intensa debido a los suelos de éste sector: limoarcillitas, cenizas y arenas.



USOS DEL SUELO

- Cultivos de secano y rirri, rianchil y las huacacas
- Suelo desnudo permanente
- Erosión utana
- Suelos usados en la agricultura minera No-metálica
- Suelos con vegetación esbasa

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
INGEMMET
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
 "GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN
 DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE USOS DEL SUELO

Por: Germán Valenzuela Ortiz
 Setiembre - 2003

Mapa N° 10

9.4.3.3 Expansión urbana

En la zona urbana, la búsqueda de terrenos de costo cero es cada vez mayor, hoy en día éste problema ha alcanzado en la ciudad de Huamanga notoriedad debido a que existen zonas marginales donde se ubican viviendas en terrenos constituidos por arenas y limoarcillitas con intercalaciones de materiales volcánicos del tipo toba, carecen de servicios básicos como agua, desagüe y luz.

La zona rural se está volviendo a repoblar, debido a que los conflictos sociales han cesado y ocupan terrenos donde existen evidencias pasadas de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa e indican el efecto de la actividad del hombre sobre los suelos.

9.4.3.4 Actividad Minera No Metálica

En el capítulo II se muestra una lista de prospectos en explotación de materiales no metálicos, los mismos que se encuentran distribuidos en varios puntos del área en estudio, consistiendo en depósitos de yeso, diatomitas, arcilla, sillar, arena y grava.

Los puntos donde existen canteras no metálicas nos puede dar una idea del uso de terrenos para minería, lo que origina un conflicto en la utilización de recurso suelo, la expansión urbana y los destinos de uso de la tierra contribuyen muchas veces a la inestabilización de los terrenos por actividad antrópica.

9.4.3.5 Suelos con vegetación escasa

En el mapa de usos del suelo se puede observar terrenos donde existe vegetación escasa mayormente consistente en molle y arbustos de raíces cortas que se ubican en el valle del río Cachi.

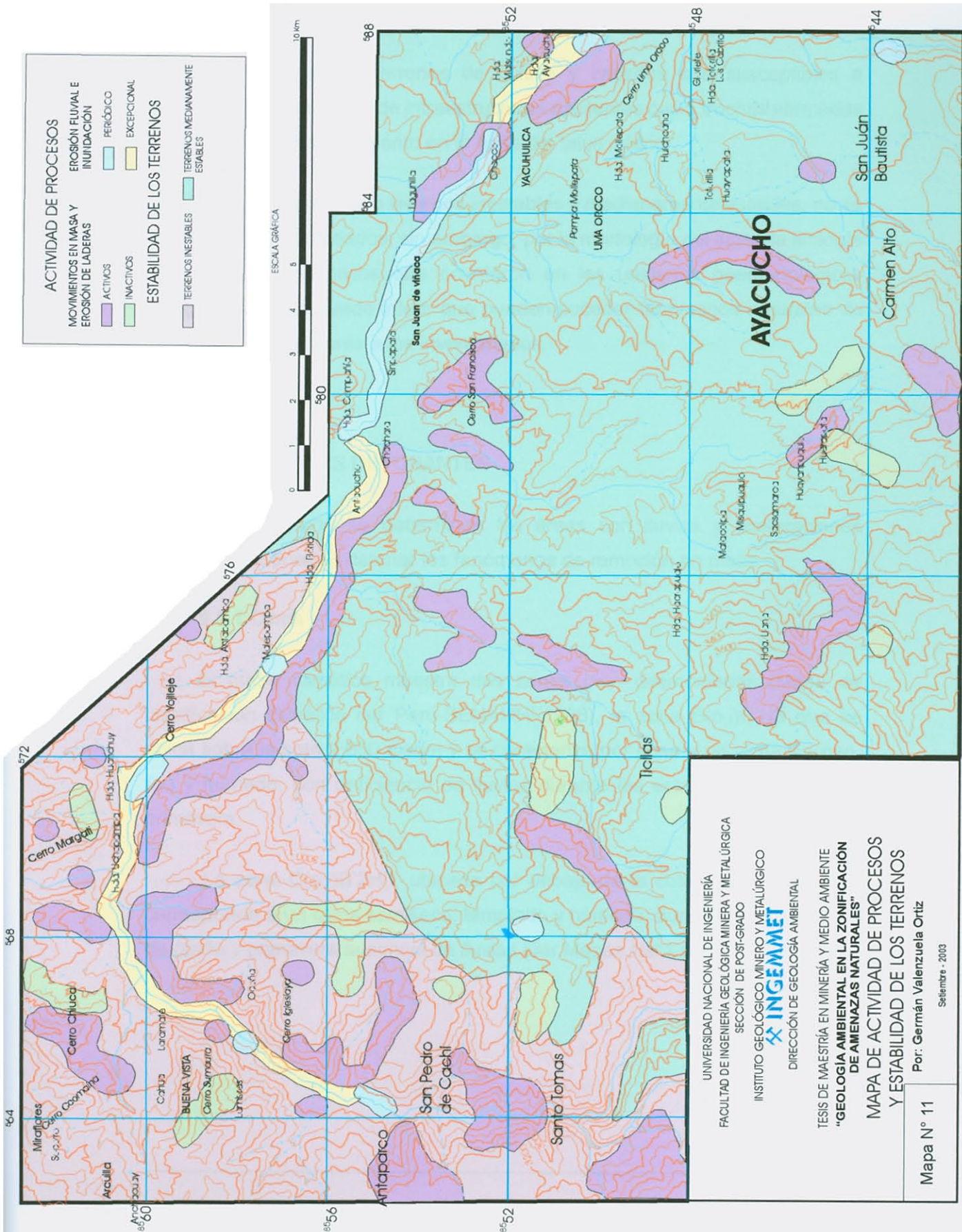
9.4.5 Actividad de los Procesos Erosivos y Estabilidad de los Terrenos.

La actividad de los procesos erosivos y la estabilidad de los terrenos son datos importantes para el análisis posterior de la susceptibilidad y se ha podido discriminar que en el área en estudio los procesos erosivos inciden mucho en la morfodinámica del lugar (ver Mapa N° 11).

Observando el mapa se distinguen zonas donde los procesos se encuentran activos, en la unidad geomorfológica de Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental, haciéndose más incisivos en la unidad geomorfológica de relieve estructural plegado debido a que los materiales que predominan son arenas y limoarcillitas con secuencias de yeso lo que le hace susceptible a las lluvias.

Las zonas donde los procesos erosivos se encuentran inactivos son debido a que los fenómenos de remoción en masa inventariados sucedieron en determinados periodos de tiempo y en la actualidad quedan cicatrices de movimientos en masa, no descartándose que los mismos puedan ser reactivados si las condiciones climatológicas son favorables para desencadenarlos.

Los procesos de erosión fluvial e inundación están sujetos a la dinámica del río y a los cambios en el clima; es así que durante las lluvias estacionales y excepcionales tipo Fenómeno de El Niño las zonas aledañas al cauce de los



ACTIVIDAD DE PROCESOS

MOVIMIENTOS EN MASA Y EROSIÓN FLUVIAL E INUNDACIÓN

ACTIVOS (Purple)

INACTIVOS (Green)

EROSIÓN DE LADERAS

PERIÓDICO (Yellow)

EXCEPCIONAL (Light Green)

ESTABILIDAD DE LOS TERRENOS

TERRENOS INESTABLES (Pink)

TERRENOS MEDIANAMENTE ESTABLES (Light Blue)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGIA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE ACTIVIDAD DE PROCESOS Y ESTABILIDAD DE LOS TERRENOS

Por: Germán Valenzuela Ortiz

Mapa N° 11

Setiembre - 2003

ríos donde se ubican terrenos de cultivo y caseríos son susceptibles a inundaciones y las obras de infraestructuras existentes como trochas afirmadas colapsadas por socavamiento en la base del talud inferior.

Se han diferenciado terrenos inestables y medianamente estables, no se tienen datos inventariados; sin embargo, por la morfología del lugar, la litología y los eventos históricos que ocurrieron en las unidades geomorfológicas cartografiadas se puede inferir que pueden suceder fenómenos naturales de características similares a los inventariados.

9.5 FACTORES DETONANTES

En ésta parte se determinan las áreas con lluvias y aceleraciones sísmicas que pueden detonar los fenómenos de remoción en masa.

9.5.1 Clima

El mapa climático muestra dos zonas bien diferenciadas (Mapa de clasificación climática del Perú-SENAMHI-1988), la zona B(o,i)C'H3 que se ubica sobre la cota 2,800 msnm y se caracteriza por poseer un clima lluvioso, frío y húmedo, con deficiencia de lluvias durante las estaciones de otoño y primavera.

La zona C(o,i)B'2H3, ubicada por debajo de la cota 2,800 msnm que corresponde a un clima semiseco, templado y húmedo, durante las estaciones de otoño y primavera ausencia de lluvias (ver Mapas Ns°1 y 2).

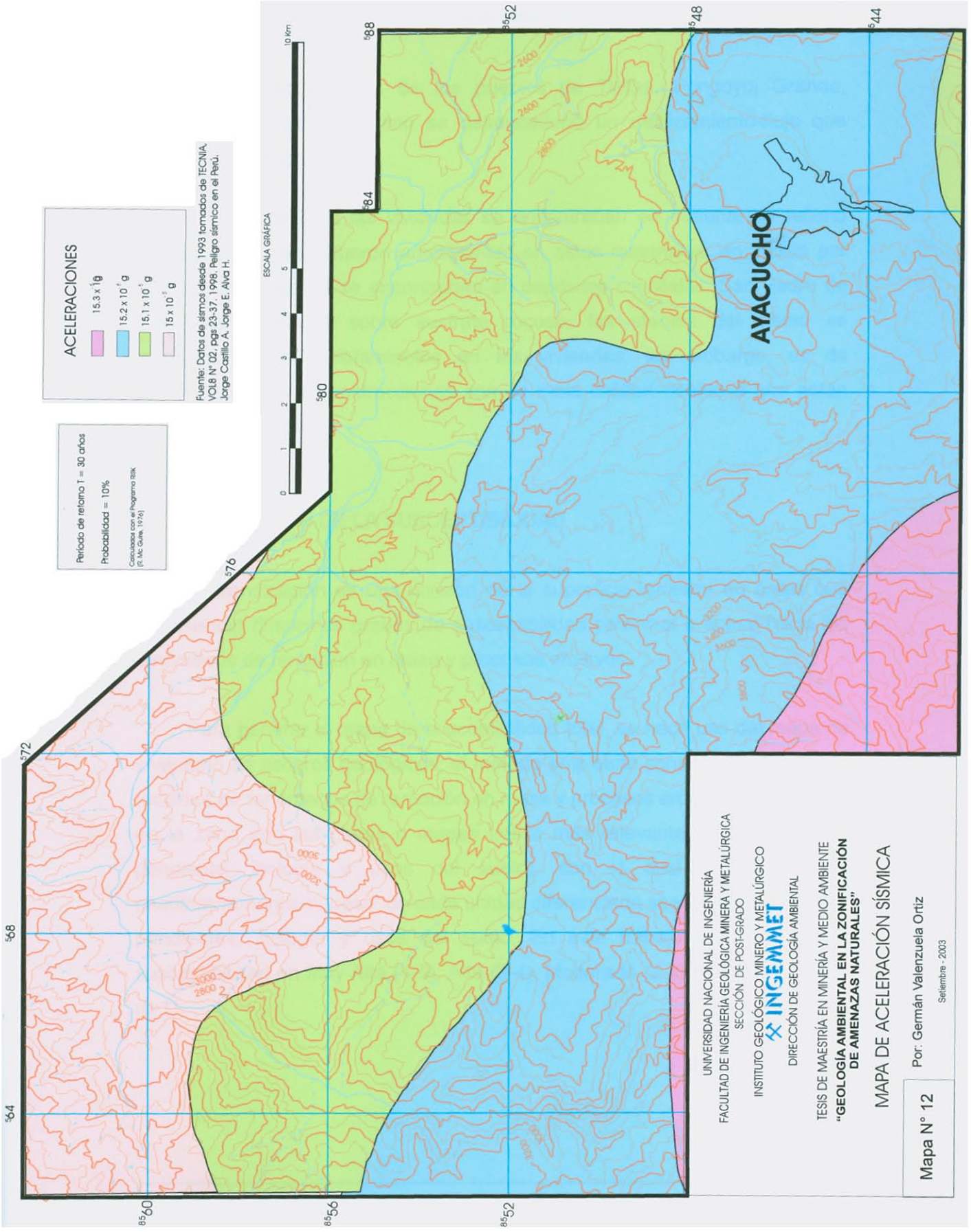
9.5.2 Sismicidad

El área en estudio en forma regional según el mapa de distribución de intensidades máximas de Alva y Meneses (1955-1974), se encuentra en la zona que puede experimentar un sismo de grado VI MM a VII MM y para ello se ha confeccionado un mapa de aceleraciones sísmicas en g (aceleración de la gravedad) cuya explicación puede darnos una idea de la energía propagada por el medio geológico traducida en el desplazamiento de las partículas del suelo describiéndonos el efecto del sismo en el lugar (ver Mapa N°12).

Los sismos fuertes pueden llegar a 0.3 g que es equivalente a 300,000 miligal, el parámetro aceleración depende del tipo de suelo; es así que en terrenos no consolidados van a actuar como amplificadores en el rango de frecuencia que destruye edificaciones de un determinado tipo constructivo, no siendo así en terrenos consolidados o en roca, donde las ondas se atenuarán. Para el caso de nuestra área de estudio el mapa confeccionado se ha hecho para un periodo de recurrencia de 30 años con una probabilidad del 10%; es decir, la probabilidad de la ocurrencia que un evento sísmico exceda los niveles de aceleración calculados para el área.

Es así que observando el mapa de aceleraciones sísmicas tenemos valores entre 14.7×10^{-5} a 15.1×10^{-5} g; el valor menor se encuentra al norte del área, donde existen materiales constituidos por conglomerados, areniscas, cenizas volcánicas y depósitos fluviales recientes; los valores intermedios entre estos dos límites caen en materiales constituidos por limoarcillitas, areniscas, cenizas y conglomerados con algunos sectores donde existen lavas y tobas; finalmente el mayor valor corresponde a zonas donde afloran rocas intrusivas como microdioritas y lavas.

Del mapa podemos inferir entonces que la zona más susceptible a experimentar daño es en la parte norte, teniendo en cuenta que los sismos ocurridos en nuestro país y que afectaron el área ocasionaron daños



ACELERACIONES

- $15.3 \times 10^{-3} g$
- $15.2 \times 10^{-3} g$
- $15.1 \times 10^{-3} g$
- $15 \times 10^{-3} g$

Periodo de retorno $T = 30$ años
 Probabilidad = 10%
 Calculado con el Programa ISKA
 (S. AC. Guila, 1976)

Fuente: Datos de sismos desde 1993 tomados de TECNIA, VOL.8 N° 02, pgs 23-37, 1998. Peligro sísmico en el Perú, Jorge Castillo A., Jorge E. Alva H.

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE ACELERACIÓN SÍSMICA

Por: Germán Valenzuela Ortiz

Septiembre - 2003

Mapa N° 12

consistentes en viviendas de los pueblos de Ticllas. Pongoyoj Grande, Cochapampa, en éste último se desencadenó un deslizamiento-flujo que muestra la fotografía N° 15.

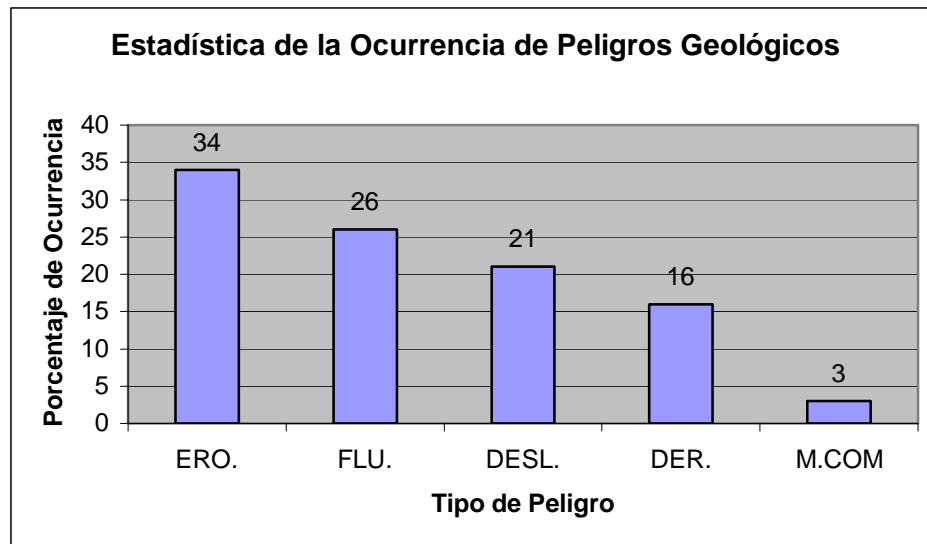
En varios casos las viviendas se encontraban en material de relleno artificial y las ondas fueron amplificadas en estos materiales, en Ticllas por ejemplo las viviendas se encontraban en depósitos coluviales; San Pedro de Cachi se encuentra sobre sustrato rocoso, los efectos del sismo se manifestaron en agrietamientos en las viviendas, sin embargo, es de considerar que las construcciones son de mala calidad debido a que están hechas de adobe.

9.6 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD

La zonificación es una división de la superficie terrestre en áreas que representan diferentes grados de susceptibilidad potencial o actual hacia los fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos.

Para generar el mapa de susceptibilidad total, se hace uso del mapa de inventario de peligros geológicos; el método empleado consiste en mezclar la totalidad de fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos que ocurren en la zona con las capas o mapas índice más relevantes (geomorfología, pendiente, litología y usos del suelo), con lo cual se determinará cuantitativamente el “peso” de cada unidad diferenciada sea en geomorfología, pendientes, litología y usos del suelo. En éste trabajo se ha dividido la susceptibilidad en Muy Alta (4-5), Alta (3-4), Moderada (2-3), Baja (1-2) y nula (0-1).

**ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS
GEOLÓGICOS POR MEDIO DEL PESO**



Tipos de Peligros

ERO.- Erosión de Laderas
DER.- Derrumbes
DESL.-Deslizamientos
M.COM.-Movimientos Complejos
FLU.-Flujos

Mapas	Deslizamientos	Derrumbes	Mov. Complejos	Flujos	Erosión	Peso	Peso ponderado	
Geomorf.	FAOR	5	5	4	2	1	17	A
	REP	3	3	2	5	5	18	A
	SFP	1	1	1	5	5	13	M
	V	1	0	0	3	0	4	N
	COV	0	1	0	1	0	2	N
Pendientes	<5°	0	0	0	0	2	2	N
	5-10°	2	2	2	3	2	11	M
	10-15°	2	2	2	2	5	13	M
	15-30°	5	4	5	3	3	20	MA
	>30°	5	5	5	4	4	23	MA
Litología	sup	5	5	5	5	5	25	MA
	v-s	4	4	4	4	4	20	MA
	v	2	5	3	2	4	16	A
	s	4	4	4	5	5	22	MA
	i	2	5	2	2	2	13	M
U. Suelo	s-a	2	2	2	1	2	9	B
	sdp	5	5	5	4	5	24	MA
	Eu	3	3	3	2	3	14	M
	am	5	5	5	2	5	22	MA
	sve	5	5	5	5	5	25	MA

9.6.1 Geomorfología vs. Mapa de Peligros Geológicos

Este mapa es el resultante de la mezcla del mapa de inventario de peligros geológicos mezclando los fenómenos de remoción en masa y los procesos de erosión de laderas presentes en la zona con la geomorfología, muestra la relación entre las unidades geomorfológicas diferenciadas en interacción con los deslizamientos, derrumbes, huaycos y procesos erosivos. El método empleado va de acuerdo a la experiencia en la observación de campo; es así que se asignó valores o pesos (1-5) a cada unidad geomorfológica donde se ubicaban determinados tipos de peligros.

El análisis se hizo independientemente tomando cada unidad geomorfológica para cada proceso y evento; por ejemplo, los procesos de erosión de ladera según nuestro inventario ocupan el 34% del total de fenómenos que afectan la zona otorgándosele a las unidades geomorfológicas de Relieve Estructural Plegado (REP) y Superficie de flujos Piroclásticos (Spf)

el valor más alto (5) debido a que los procesos de erosión de laderas ocurren en estas unidades; no siendo así para la unidad de Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental (FAOR) que se le asignó un valor menor (1) que significa que ésta unidad es menos susceptible a la erosión; igualmente se hizo para los flujos que ocupan el 26% de ocurrencia; dándole a las unidades de REP y Sfp el valor 5 y el valor más bajo (2) a la unidad de FAOR.

Se procedió luego a analizar a los deslizamientos, movimientos complejos y derrumbes para cada unidad geomorfológica cayendo el valor más alto en la unidad de FAOR, debido a que la mayor intensidad de deslizamientos y derrumbes suceden en ésta unidad, por lo tanto ésta unidad es más susceptible a experimentar estos fenómenos, otorgándole el valor 5 Muy Alto, mientras que los derrumbes por actividad antrópica son más comunes en la unidad de REP en el corte de carretera donde se le dio el valor 3 debido a que la litología y pendiente juegan un rol muy importante y la forma del relieve la hacen menos susceptibles a experimentar caídas; a la Superficie de flujos piroclásticos (Sfp) se le dio el valor 1 debido a que ésta unidad es más susceptibles a experimentar flujos y erosión de laderas en surcos y cárcavas.

En la unidad de Superficies de flujos piroclásticos (Sfp) también suceden deslizamientos y derrumbes en la misma proporción, manifestándose en los cortes de carreteras y trochas carrozables por actividad antrópica del hombre al construirlas utilizando explosivos y no dando un adecuado ángulo de talud; ésta unidad tendrá un grado de susceptibilidad menor a los fenómenos de remoción en masa; sin embargo, tendrá una susceptibilidad alta a los procesos erosivos como se explicó líneas arriba.

9.6.2 Pendiente vs. Mapa de Peligros Geológicos

La pendiente juega un rol muy importante y a la vez se encuentra íntimamente relacionada a la geomorfología, al superponer el mapa de pendientes con el mapa de peligros geológicos se observa que los deslizamientos, derrumbes y huaycos suceden con más frecuencia en terrenos donde las laderas están entre 20° a más de 30° , en la unidad del Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental (FAOR) suceden muy a menudo estos fenómenos; por lo tanto, se puede decir que ésta zona es de susceptibilidad Muy alta (5); no siendo así en terrenos de suave pendiente digamos $< 5^\circ$ donde la susceptibilidad será baja (1) o nula (0); por ejemplo en los alrededores de la ciudad de Huamanga donde las pendientes fluctúan entre 5° - 10° han sucedido y vienen sucediendo movimientos de masa del tipo deslizamientos y derrumbes por acción antrópica por el corte de la carretera asfaltada que ha desencadenado estos fenómenos y también la acción erosiva de las aguas que bajan por las quebradas han originado colapsos en los taludes naturales; sin embargo, ésta zona es de susceptibilidad baja (2) a experimentar fenómenos de remoción en masa naturales debido a que la zona es de un relieve muy suave.

Se puede comentar también que la mayor concentración de los procesos de erosión de laderas se encuentran en terrenos cuyas inclinaciones fluctúan entre los 5° - 10° , por ejemplo la unidad de Superficie de Flujos Piroclásticos (Sfp) y la escorrentía superficial se encarga de modelarlos observándose surcos y cárcavas en áreas de lomadas y distribuidos homogéneamente. La unidad de Relieve Estructural Plegado (REP) cuyas pendientes fluctúan entre 10° - 30° posee también una susceptibilidad a la erosión alta otorgándole el valor 5 según lo observado en el campo para el área de pendiente 10° - 15° y 3 al área cuyas pendientes se encuentran en el rango de 15° - 30° .

9.6.3 Litología vs. Mapa de Peligros Geológicos

En las diferentes rocas que han sido clasificadas se observa que las rocas volcánicas y volcánicas-sedimentarias tienen un comportamiento similar debido a que el factor precipitación pluvial es preponderante en éste sector y altera las rocas constituidas por granitos que se altera a suelos arenosos muy porosos y rocas del tipo conglomerados con intercalaciones de yeso y carbón lo que hace que el macizo rocoso se vuelva inestable; por lo tanto la susceptibilidad de la litología a experimentar fenómenos de remoción en masa será Alta a Muy Alta (4-5) en ésta región. La erosión de laderas se hace evidente en materiales del tipo limoarcillitas y tufos en la unidad de Superficie de Flujos Piroclásticos, mayormente distribuidos en los alrededores de la ciudad de Huamanga y en la carretera Huamanga-Julcamarca, la susceptibilidad será Alta (4) a la erosión por el tipo de roca y Muy alta en los depósitos superficiales (5).

Hacia el noroeste de Huamanga, en la margen izquierda del río Cachi, cerca a Laramate, en la unidad del Relieve Estructural Plegado (REP) la litología consta de rocas sedimentarias mezcladas con rocas volcánicas, las mismas que al contacto con el clima se vuelven inestables siendo la susceptibilidad Alta (4). Esta misma unidad es también susceptible a experimentar flujos por lo tanto se le puede asignar el valor de 4 para flujos.

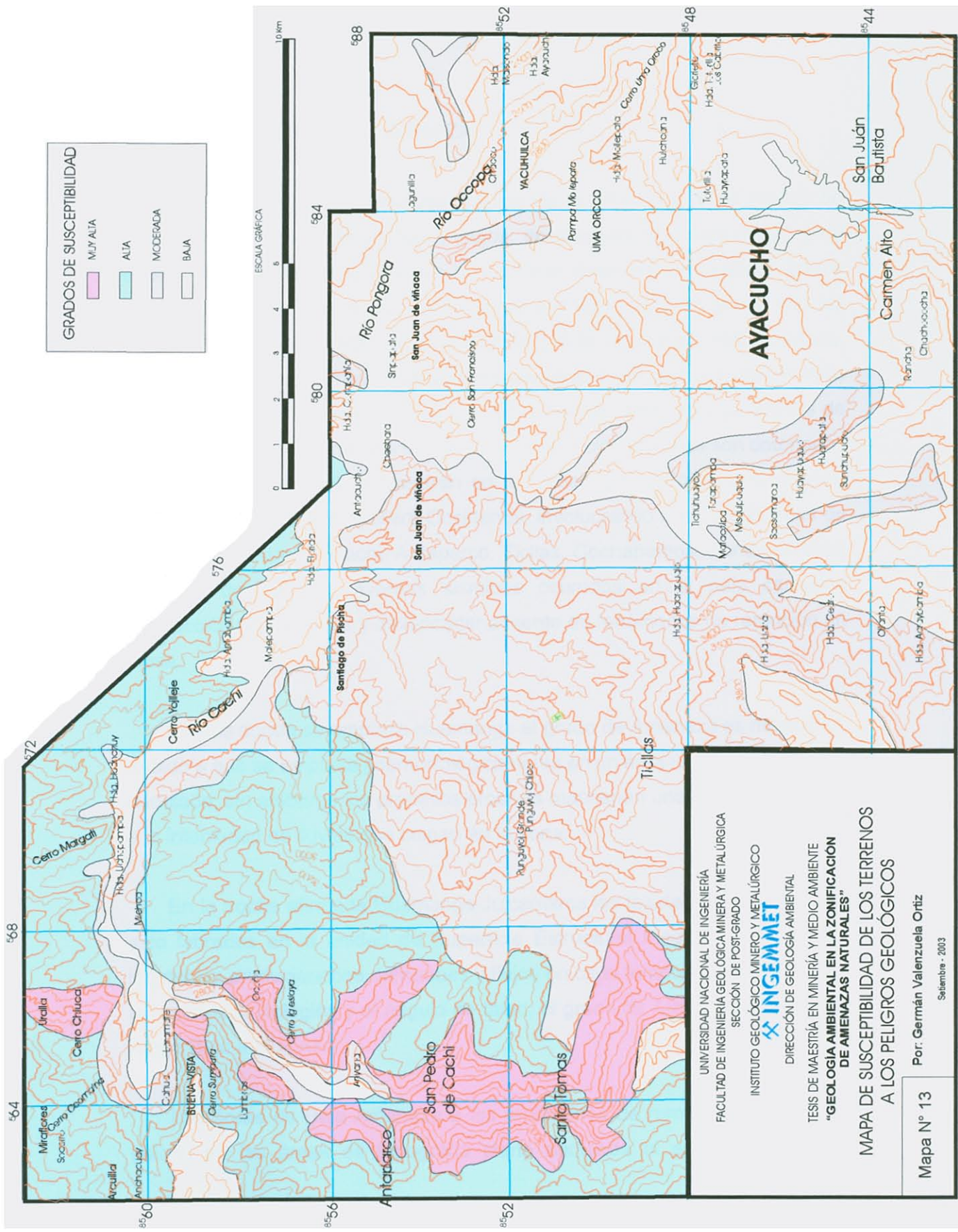
9.6.4 Usos del suelo vs. Mapa de Peligros Geológicos

Este mapa indica en gran medida el efecto de la actividad antrópica sobre los suelos, para la confección de éste mapa, al igual que los anteriores se hace el cruce del mapa de usos del suelo con el mapa de inventario de peligros geológicos. Se observa que los fenómenos de remoción en masa van íntimamente ligados a los usos del suelo; existen en el área de estudio zonas

donde la vegetación es escasa y los cultivos se dan por la agricultura de secano, estas zonas son susceptibles a erosión antrópica otorgándole el máximo valor (5) en nuestra escala de susceptibilidad y por otro lado tenemos zonas donde existen afloramientos rocosos la susceptibilidad será baja (2) y zonas donde la actividad minera no metálica está en actividad, invadiendo terrenos de cultivo para la extracción de yeso, contribuyendo a la inestabilización de laderas por el uso de barretas y explosivos la susceptibilidad tendrá también un valor alto a Muy alto (4-5). Existen también los suelos desnudos permanentemente donde los procesos de erosión son intensos, por lo tanto la susceptibilidad es Muy Alta (5) en éste tipo de terreno.

Adicionalmente se ha hecho una sumatoria de pesos en ésta matriz de correlaciones, teniendo en cuenta la geomorfología, la pendiente, la litología, uso del suelo y la observación de campo que es en base a ella que se elabora la matriz, se ha podido discriminar áreas que son más propensas o susceptibles a experimentar determinados fenómenos de remoción en masa como deslizamientos y movimientos complejos, derrumbes y áreas donde la erosión de laderas y flujos son más comunes de suceder.

Finalmente con la sobreposición y los pesos dados a las diferentes unidades temáticas se obtiene el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa y a los procesos erosivos; los pesos se vuelven a recalcular haciéndose una división entre el peso inicial entre 5 para así utilizar nuestra escala de valores inicial, el mapa de susceptibilidad muestra valores en cada unidad de terreno (ejemplo unidad geomorfológica, unidad de pendiente alta, unidad de rocas sedimentarias, etc.) y estas son descritas mediante colores, donde cada color significa el grado de susceptibilidad del área (ver Mapa N°13).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
 SECCION DE POST-GRADO

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
 DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRIA EN MINERIA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGIA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACION DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE LOS TERRENOS A LOS PELIGROS GEOLOGICOS

Por: Germán Valenzuela Ortiz
 Septiembre - 2003

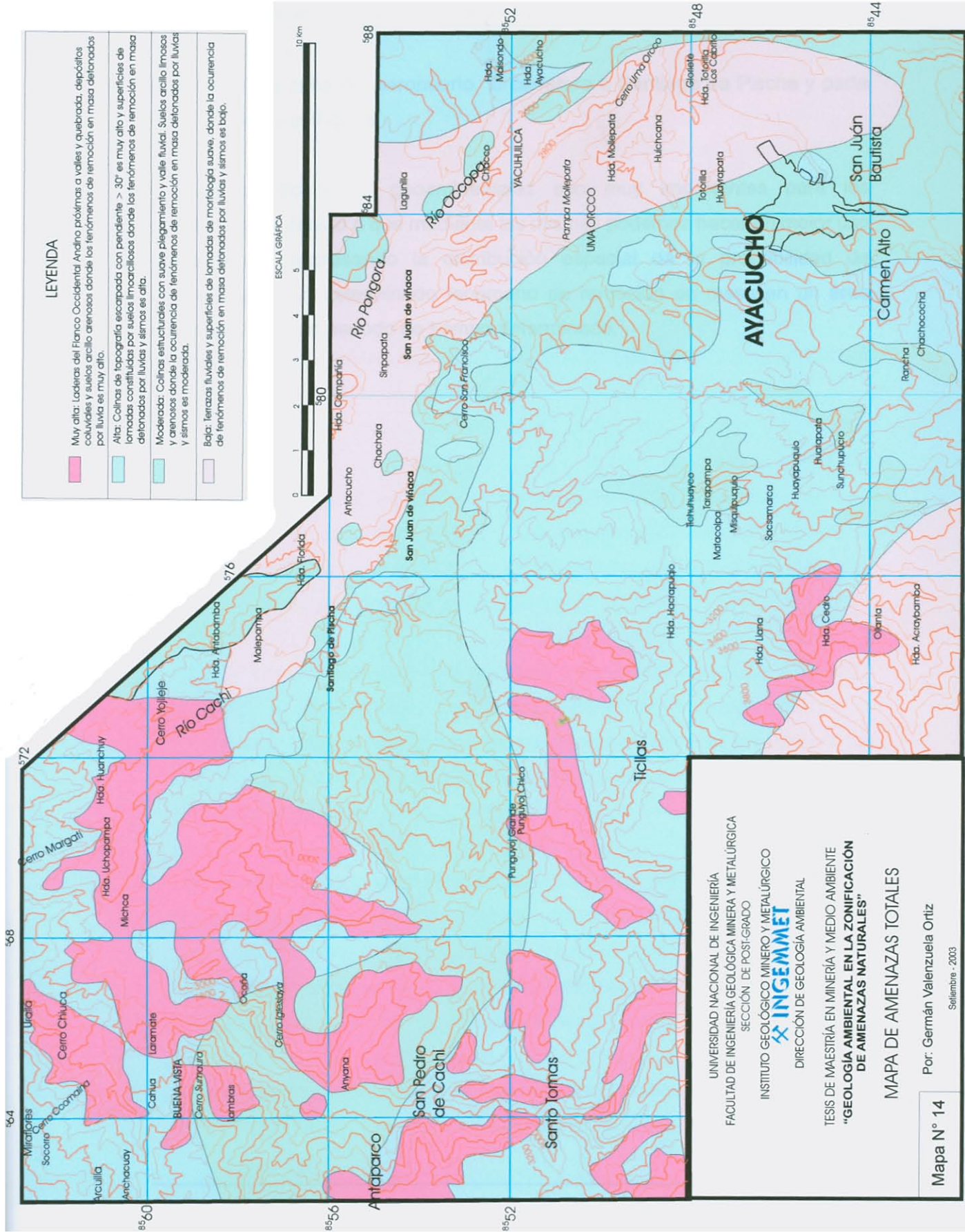
9.7 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

Para obtener el mapa de zonificación de la amenaza, a los mapas de fenómenos de remoción en masa (flujos, deslizamientos y derrumbes) y de erosión de laderas, se le integran los factores detonantes mostrados en los mapas de precipitación y de aceleraciones sísmicas; encontrándose que las áreas se pueden clasificar en áreas de Muy Alta Amenaza, Alta Amenaza, Moderada Amenaza y baja Amenaza representadas por un color determinado (ver Mapa N° 14), de éste análisis se infiere que las áreas más peligrosas de Muy Alta Amenaza, donde los fenómenos de remoción en masa son detonados por lluvias y sismos se encuentran en la unidad geomorfológica de Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental, involucrando a las localidades de Uralla, San Pedro de Cachi, Antaparco, Ticllas, Cochapampa, donde se tiene registros de que los eventos sísmicos ocurridos en el país causaron destrucción de viviendas y desencadenamiento de fenómenos de remoción en masa.

El área donde se emplaza Huamanga el grado de Amenaza es moderada, debido a que se emplaza geomorfológicamente en un área relativamente plano ondulada; sin embargo los procesos erosivos mantienen una estrecha relación a la intensidad de lluvias que caigan en la zona.

En la trocha afirmada Huamanga-Julcamarca los taludes de carretera han sido labrados en la unidad de Superficie Estructural Plegada y se vuelven inestables produciéndose derrumbes y flujos en cada temporada de lluvias por la naturaleza litológica y el ángulo de talud, el grado de Amenaza pasa de un rango Bajo a Muy Alto.

Las áreas de Baja Amenaza a los fenómenos de remoción en masa se ubican en las áreas de topografía plano ondulada al este de ciudad de



LEYENDA

- Muy alta: Laderas del Flanco Occidental Andino próximas a valles y quebrada, depósitos coluviales y suelos arcillo arenosos donde los fenómenos de remoción en masa detonados por lluvia es muy alto.
- Alta: Celdas de topografía escarpada con pendiente > 30° es muy alto y superficies de lomas constituidas por suelos limarcillosos donde los fenómenos de remoción en masa detonados por lluvias y sismos es alto.
- Moderada: Colinas estructuras con suave plegamiento y valle fluvial. Suelos arcillo limosos y arenosos donde la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa detonados por lluvias y sismos es moderada.
- Baja: Terrazas fluviales y superficies de lomas de morfología suave, donde la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa detonados por lluvias y sismos es bajo.

ESCALA GRÁFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA
 SECCIÓN DE POST-GRADO
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA EN MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
"GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES"

MAPA DE AMENAZAS TOTALES

Por: Germán Valenzuela Ortiz

Mapa N° 14

Septiembre - 2003

Huamanga, la zona del aeropuerto, la carretera a Santiago de Pischa y parte de la carretera a Huanta.

Las zonificaciones geoambientales son muy importantes para los planificadores debido a que mediante las mismas podemos hacer un mejor uso del territorio, expresando la distribución espacial de la probabilidad de ocurrencia de un determinado fenómeno de remoción en masa en un área dada dentro de un periodo de tiempo determinado.

CAPÍTULO X

MEDIDAS DE PREVENCIÓN FRENTE A PELIGROS GEOLÓGICOS

10.1 CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS AMENAZADAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS.

1. Apoyo en el estudio de sensores remotos (fotografías aéreas, imágenes de satélite y radar), cartas topográficas o fotogramétricas para el inventario de los peligros naturales que han afectado o afectan a un área y su posterior verificación en el campo.
2. En obras civiles y mineras mediante controles de ingeniería, evaluando las situaciones de emergencia, identificando zonas críticas o susceptibles, realizando monitoreos periódicos para ver el estado de las obras y las medidas a tratar en caso estas se vean vulnerables a algún peligro geológico.
3. En el campo mediante el estudio de la geografía del lugar y con el apoyo de los profesores de geografía, autoridades y la comunidad se pueden delimitar las zonas bajas inundables adyacentes a cursos de agua, quebradas secas o con bajo volumen de agua expuestos a que súbitamente puedan bajar flujos hídricos.
4. Mediante el estudio de la historia de la localidad o la tradición oral, indagando en los ancianos del pueblo, se puede determinar si en el

pasado han ocurrido peligros geológicos (inundaciones, flujos rápidos, sismos, etc.) y cuales son los sectores afectados, determinándose las partes altas o alejadas de la población para escoger los lugares seguros para establecer refugios para que la población no corra peligro.

10.2 ACTIVIDAD MINERA

Todas las actividades mineras que se desarrollan en el país están normadas por la Ley General de Minería, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 014 – 92 - EM del 2 de junio de 1992, y sus respectivos reglamentos, entre los que se destacan el de Seguridad e Higiene Minera.

En el desarrollo de las actividades mineras, muchas situaciones de riesgo se extienden más allá de los límites del área donde se encuentran ubicadas. Las comunidades, tierras agrícolas, cuerpos de agua, caminos y otros, comprendidos dentro de un determinado radio de acción o área de influencia, son considerados susceptibles a los fenómenos de remoción en masa y por fenómenos antrópicos como son las actividades mineras.

La presencia de estos fenómenos naturales podrían desestabilizar las instalaciones de la unidad minera como por ejemplo los botaderos de desmonte, las presas de relaves, así como las plantas de fundición y de refinación, que son consideradas como las instalaciones más vulnerables, siendo necesario que se disponga de un adecuado sistema de alerta que permita detectar a tiempo variaciones en las condiciones geodinámicas de las rocas, glaciares, lagunas, etc., para informar a la empresa como a la población de los peligros potenciales que podrían presentarse, y así proceder a la respectiva evacuación.

Un aspecto importante a tener en consideración en el desarrollo de las actividades mineras, dado que la mayor parte de ellas se encuentran ubicadas en la cordillera andina, es el tratamiento de los glaciares, en los últimos años estamos experimentando un cambio climático por lo que los glaciares en la actualidad se encuentran en franco retroceso y continuamente se produce el desprendimiento de masas de hielo, que puede hacer colapsar los drenes naturales de las lagunas, lo que provocaría la destrucción de toda la infraestructura existente así como graves daños a la población y al medio ambiente.

Otro aspecto crítico para el desarrollo de las actividades mineras son las condiciones de seguridad, que la hace más vulnerable frente a la presencia de fenómenos naturales, la falta o poca disponibilidad de información referente a mapas de riesgo o de peligros potenciales del entorno, tales como zonificaciones geoambientales. La identificación de las instalaciones críticas, infraestructuras y poblaciones en áreas de alto peligro, constituye el primer paso en una evaluación de vulnerabilidad para la preparación y respuesta a desastres.

10.3 INSTALACIÓN DE EQUIPO DE EMERGENCIA

Las Unidades Mineras de Producción que empleen regularmente más de cien 100 servidores, deberán constituir, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, un Comité de Seguridad, que estará integrado por:

El Gerente o Superintendente

El Jefe de Seguridad

El Médico

Los Jefes de División

Un representante de los trabajadores, con experiencia en Seguridad o entrenamiento recibido en ella, designado por los trabajadores por el plazo de un año.

Es responsabilidad de este Comité de Seguridad, actuar de inmediato ante el peligro natural que se presente y que comprometa la seguridad física y medio ambiente como rebose en las pozas de proceso, derrame de productos, desestabilización de suelos, desborde en las presas de relaves, etc. y dar aviso inmediato a todos los trabajadores y población aledaña alertando de los peligros potenciales que podrían presentarse, activando los respectivos sistemas de alarma y protección.

10.4 CRITERIOS DE EVACUACIÓN

9.4.1 En Pueblos y Áreas Urbanas

- ◆ Se debe entrenar a los vecinos para que identifiquen las señales que puedan servir de alarma indicadora de que el fenómeno esta por producirse, la evacuación debe efectuarse con los vecinos lideres.
- ◆ Debe capacitarse constantemente a la población mediante el apoyo de personal especializado o mediante los profesores de geografía o maestros con la participación inicial de los alumnos y posteriormente de la población.
- ◆ Efectuar simulacros preventivos con la participación de las autoridades y la población

10.4.2 En Operaciones Mineras y Obras Civiles

- ◆ El ingeniero de Seguridad e Higiene Minera o Industrial de acuerdo a la gravedad de la emergencia convocará la instalación del comando de emergencias, quien planificará y dirigirá las acciones para controlar la emergencia.
- ◆ Se diseñará un sistema de alarma temprana, el cual se activará cuando detecte cambios repentinos en las amenazas, por ejemplo, se puede instalar estaciones meteorológicas conectadas a sistemas satelitales de forma tal que permita dar avisos cuando se incrementen las escorrentías o caudales de agua.
- ◆ Identificación y señalización de áreas de refugio para evacuación y deben ser de fácil acceso y ubicados cerca al área de trabajo, el subsuelo debe ser roca, estar libres de líneas de alta tensión, cables eléctricos o tuberías elevadas y ser lo suficientemente amplias como para recibir un buen número de personal.

10.5 MEDIDAS CORRECTIVAS

Basándome en la bibliografía consultada en especial el trabajo de Carlos López Jimeno, " Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes", a continuación se muestran parte de los diferentes tipos de solución empleado en la corrección y tratamiento de taludes que podría funcionar para nuestra área de estudio.

El empleo de técnicas para estabilización de laderas o para amenguar los efectos de cualquier fenómeno natural que ponga en peligro una

determinada población y sus actividades, debe estar de acuerdo a la región y necesariamente debe hacerse una evaluación preliminar para ver la viabilidad de la obra u obras que se ejecuten; por ejemplo, en zonas rurales donde existen vías importantes de penetración que comunican pueblos importantes se deben realizar obras que vayan con la realidad de esas comunidades, se ha visto en muchos casos que existen obras cuyo costo ha sido excesivo y no justifica que se encuentren en la zona debido a varias razones entre las que podemos citar el tipo de actividad económica que se realiza, la cantidad de pobladores que se verían favorecidos con dicha obra y si la misma condice con la realidad del entorno.

10.5.1 Uso de la Vegetación

La vegetación es muy importante para tratar taludes cuando estos son susceptibles a la erosión; la existencia de una cubierta vegetal tiene dos ventajas:

- 1.- incrementa la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y su tasa de infiltración, produciéndose una reducción del volumen y velocidad de la escorrentía reduciendo la intensidad de los procesos erosivos.
- 2.- Aumenta la resistencia y la estabilidad del suelo en el que se desarrolla y protege la superficie ante la acción antrópica del hombre cuando transita por las laderas con sus animales .

Para nuestra área de estudio podría decirse que la cantidad de obras que se ejecuten en un futuro se clasifiquen en obras para zonas rurales y obras para zonas urbanas; tal es así que la técnica para la estabilización de laderas mediante el uso de la vegetación que existe en el lugar es una de las

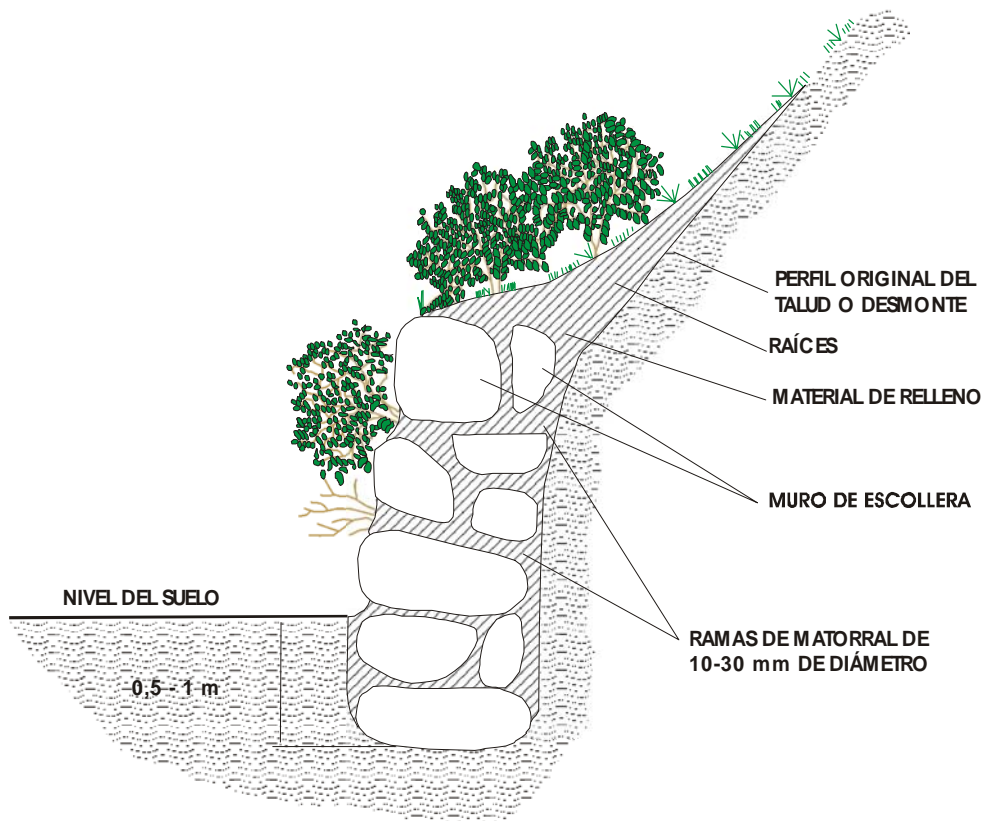
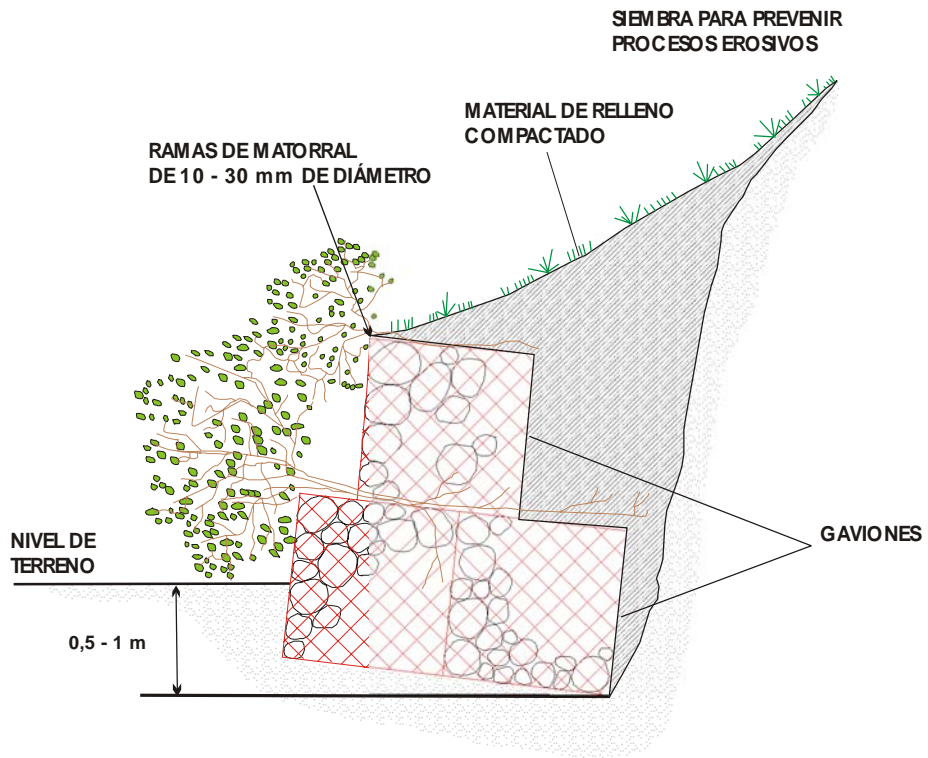


FIG ° 2

técnicas más económicas y apropiadas para la región rural de Ayacucho (ver Fig N°2).

10.5.2 Muros

Los muros son elementos pasivos y se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes y en ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie. Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes; en primer lugar la construcción del muro exige una cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado; por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos, por encima o por debajo del mismo (ver Fig. N°3).

10.5.2.1 Muros de Gravedad

Son muros donde el peso propio es la acción estabilizadora fundamental, se construyen de hormigón en masa, existiendo de ladrillo o mampostería. La relación altura (H) a Base (B) suele estar comprendida entre 1.5 a 2. No es frecuente emplear muros de este tipo con alturas mayores de 10 m.; sin embargo, se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeñas dimensiones, sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.

10.5.2.2 Muros en L

Son aquellos muros en donde la pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarresta el momento volcador del empuje del terreno principalmente por el momento estabilizador de las tierras situadas sobre el talón.

La relación H/B esta comprendida generalmente entre 1.5 y 2 y la longitud de zarpa B suele ser 1/3 de B. La presión sobre el cimiento es menor que en los muros de gravedad, por lo que son adecuados para cimentaciones malas.

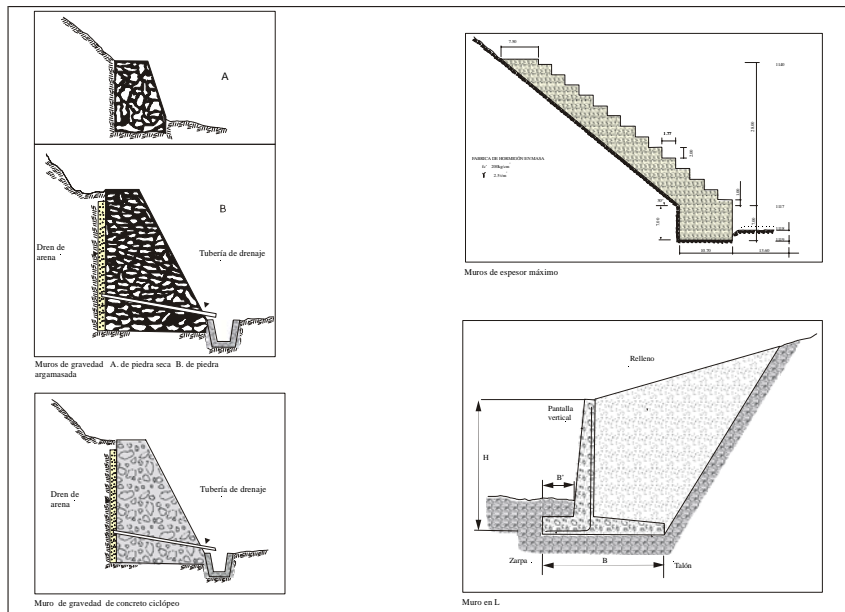


Fig N° 3

CAPÍTULO XI

IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE

La contaminación del medio ambiente y la pobreza son dos grandes problemas que tiene el área de estudio y se presentan sobre todo en el contexto rural. El mal uso de los recursos naturales causada por el crecimiento poblacional y el uso de técnicas inapropiadas inciden en su deterioro.

En relación a los impactos en el medio ambiente que se ha podido observar en el área de Huamanga y que afectan la zona en estudio han sido y continúan siendo producto de fenómenos de tipo natural y antrópico.

11.1 IMPACTOS DE ORIGEN NATURAL

El impacto de origen natural que afecta la zona de estudio es debido a sus características geomorfológicas y geodinámicas durante los meses de lluvia cuando se activan las quebradas y ocurren con más frecuencia los fenómenos de remoción en masa, los mismos que afectan a los pueblos, desapareciéndolos, o aislándolos por varios días, perjudicando de ésta manera al transporte de alimentos de artículos de pan llevar.

11.1.1 Impactos del fenómeno “El Niño” 1982-1983

Lluvias desde diciembre de 1982 hasta junio de 1983 provocaron derrumbes y deslizamientos, la reactivación de numerosas quebradas

provocaron huaycos que afectaron las vías de acceso, se declaró en emergencia 16 departamentos.

11.1.2 Impactos del Fenómeno “El Niño”1997-1998

Las cifras de los daños ocasionados por este fenómeno fueron superiores a los del evento 1982/83, en esa época se declaró en emergencia 23 departamentos.

Estos daños condujeron a un estancamiento en la actividad productiva en algunos lugares, deterioro del nivel de ingreso, pérdida de calidad de vida de la población, desabastecimiento de productos alimenticios, de bienes y de insumos básicos, pérdida de empleos, entre otros.

11.2 IMPACTOS DE ORIGEN ANTRÓPICO

11.2.1 Impacto visual sobre el paisaje

Alteraciones no deseadas en el paisaje son la causa de percepciones negativas de parte de individuos o grupos sociales debido a la explotación minera artesanal de minerales no metálicos, cuya alteración de las formas de relieve es fuente de impacto visual, áreas de disposición de desechos como basurales a las afueras de Huamanga causa una intrusión visual que se percibe como negativa.

El contraste entre el color y brillo de estas formas geométricas y el los matices verdes del entorno natural, son causas importantes de esa percepción negativa, cuya magnitud dependerá de los volúmenes de desechos orgánicos y suelo movidos y la importancia de éste impacto dependerá de la visibilidad de esos materiales.



Foto N° 20.- Impacto visual sobre el paisaje, construcción de lagunas de oxidación cerca al área urbana de Huamanga, en áreas donde antes existían terrenos de cultivo.



Foto N° 21.- Trocha afirmada a Julcamarca donde se observa zonas colinosas donde se explota actualmente yeso en forma artesanal y contigua a esas canteras se ubican terrenos de cultivo.

Durante los últimos años o décadas es notorio un deterioro ambiental por la intervención del hombre y sus animales. El aumento progresivo de la población, origina la necesidad de mas tierras de cultivo, para resolver este problema han deforestado los bosques ubicados en las laderas de las colinas por el requerimiento de mas leña y madera para usos domésticos.

11.2.2 Impactos Sociales

Migración por Violencia política

Ayacucho fue el departamento más golpeado por la violencia política de los últimos 15 años; fue donde se dieron las mayores acciones en los primeros años de violencia. Se estima que de los 25000 muertos que cobró la violencia a nivel nacional, el 40% provinieron de Ayacucho. Adicionalmente se cree que fueron 36,000 las familias desplazadas.

No obstante estas amenazas, lo más relevante de las comunidades campesinas en general, es su supervivencia en el tiempo, su gran flexibilidad para adecuar sus organizaciones funcionales y su voluntad para transitar hacia el futuro. Constituyen una reserva importante de capital social, por su organización y participación democrática, el trabajo comunal basado en la reciprocidad y la ayuda mutua; constituyen un espacio de coordinación para el manejo de los recursos naturales.

Otro de los problemas es el crecimiento desmesurado de la ciudad de Huamanga donde los pobladores invaden y ocupan colinas de material volcánico susceptibles a erosión pluvial, laderas inestables construidas en las margenes de quebradas cuyos desechos sólidos los vierten contaminando de ésta manera las aguas, el alto grado de precariedad de estas viviendas en el que se nota la escasez de servicios básicos de agua y desagüe contribuye a que sean focos infecciosos de enfermedades.



Foto N° 22.- Impacto en la calidad del suelo debido a la explotación artesanal de yeso, afectando terrenos de cultivo en la trocha afirmada Huamanga-Julcamarca sector Compañía.



Foto N° 23.- Impacto social debido a la expansión urbana en áreas donde se produce intensa erosión en cárcavas .

11.2.3 Impactos Culturales

Si bien en las últimas décadas el proceso de alfabetización ha avanzado en forma constante, pero heterogénea y diferenciada, aún existe una fuerte incidencia de analfabetismo que afecta sobre todo a las mujeres en el medio rural, más de la mitad de las mujeres en el campo no saben leer, hecho que constituye un elemento más que influye en su marginación inmediata y alimentan sus riesgos de exclusión de las oportunidades de futuro, sustentadas en gran medida en el valor de la educación.

El analfabetismo se constituye en una de las principales barreras hacia el desarrollo. Prácticamente, toda la zona está marcada por las siguientes características: niveles de analfabetismo sumamente altos respecto al resto del país, una fuerte brecha en esta variable entre la zona rural y urbana, y fuerte disparidad entre varones y mujeres. Las limitaciones de este territorio son las heladas, granizadas, sequía y enfermedades típicas de la zona (bronquiales, diarreicas y endémicas).

Entre las causas del analfabetismo se puede señalar la pobreza crítica, que obliga a cientos de campesinos integrarse a la producción a muy temprana edad. En los últimos años se viene impulsando campañas de alfabetización que requieren ser permanentes y más adecuados a su realidad y sobre todo a sus necesidades prácticas.

11.2.4 Impactos en la Calidad del Suelo

Existen muchos terrenos de cultivo que se encuentran en áreas donde se explota yeso, los suelos son fértiles debido a encontrarse en capas rojas de materiales ricos en limos; sin embargo la agricultura se ve afectada por la extracción de yeso en forma artesanal utilizando barrenos y picos, la



Foto N° 24.- Impacto social debido a la extrema pobreza existente.



Foto N° 25.- Impacto en la calidad del aire debido a la construcción de trochas carrozables en materiales volcánicos que al estado seco levantan partículas muy finas que dañan la mucosa, trocha carrozable Huamanga-Quinua.

construcción de accesos para los camiones y maquinaria que pasan por encima de áreas agrícolas.

También se ha observado en Huamanga que el área de disposición de desechos urbanos ocupan terrenos de cultivo y en las zonas rurales considerable erosión de suelos, con la consecuente pérdida de áreas de cultivos debido a la deficiente infraestructura de riego, además del sobrepastoreo de campos que origina una compactación del suelo no permitiendo la infiltración y originando que el agua discurra incrementando la erosión.

11.2.5 Impactos en la calidad del Aire

La contaminación por polvo se produce en la carretera Huamanga-Quinua, la misma que está construida en materiales volcánicos porosos y permeables cuyas partículas finas se levantan como polvo al paso de los vehículos; otra zona de características similares se observa en la carretera asfaltada que lleva a Huanta, la que se encuentra muy deteriorada por las lluvias y caídas de material proveniente de derrumbes, levantándose partículas de polvo al paso de los vehículos. En la trocha carrozable que lleva a Julcamarca también existe éste problema debido a la falta de mantenimiento de la vía.

11.2.6 Impactos en la Calidad de Agua

La contaminación en éste sector viene del crecimiento poblacional, se ha observado que en el casco urbano de Huamanga, el cauce del río Alameda se ve continuamente cubierto por material de desmonte y en la quebrada Tarahuaycco se observa que en el sistema de desagüe de las viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada constituidos por tubos de PVC se



Foto N° 26.- Impacto en la calidad del agua por vertimiento de residuos orgánicos al cauce de la quebrada Tarahuaicco la misma que en época de lluvias se encarga de recolectar los residuos sólidos que son esparcidos aguas abajo en la ciudad de Huamanga.



Foto N° 27.- Impacto en la calidad de agua debido al vertimiento de desmonte en el lecho de la quebrada Jirón Arequipa en la ciudad de Huamanga.

vierten residuos líquidos y sólidos al cauce, contaminándolo, además de la basura que existe en el sector lo que al tiempo que suceden las lluvias son lavados por las aguas, contaminando con residuos fecales los terrenos de cultivo donde se siembra tomate, lechuga y tuna ubicados aguas abajo.



Foto N° 28.- Impacto visual sobre el paisaje y contaminación de suelos debido a la disposición de basurales que ocupan áreas agrícolas en las afueras de Huamanga.



Foto N° 29.- Impacto visual en el paisaje debido a la construcción de torres de alta tensión en terrenos susceptibles a erosión de laderas.

CONCLUSIONES

1. El Inventario de los Peligros Geológicos del área de estudio, ha permitido catalogar y cartografiar 152 peligros, diferenciándose 7 tipos, los que en orden de ocurrencia son: erosión de laderas, huaycos, deslizamientos, derrumbes, inundaciones, erosión de ribera y movimientos complejos.
2. Entre los movimientos complejos, deslizamientos y derrumbes cuya evolución continúa hasta la fecha se encuentran: Uralla y Cochapampa ocurridos en marzo del 2000 y en 1980. Los derrumbes del sector Chacco y en el Km. 113 de la carretera Huamanga-Huanta donde los taludes tienen más de 70° de inclinación y la roca se encuentra muy fracturada.
3. El estudio de la sismicidad histórica indica que el área ha sido afectada por sismos producidos con intensidades de V hasta VII inclusive en la escala modificada de Mercalli. Estos sismos ocasionaron que las viviendas de material rústico de los sectores de Ticllas, Cochapampa y Pongoyoj Grande sufrieran sus efectos manifestándose en agrietamientos, sin llegar a colapsar pero sí haciéndose muchas de ellas inhabitables.
4. La aceleración máxima para un período de 30 años para el área de estudio incluyendo la ciudad de Huamanga es de 15.1×10^{-5} g, y les corresponde una intensidad de II a V MM con una probabilidad de ocurrencia del 10%; en esta área los efectos del sismo no han sido destructivos debido a encontrarse la roca casi aflorando en muchos sectores.

5. Los peligros geológicos de caídas, lo que incluye deslizamientos y movimientos complejos se localizan principalmente en los flancos, con laderas de fuerte pendiente y en los cortes de carretera, donde las condiciones litológicas, precipitaciones pluviales, presencia de agua y pendientes les son favorables.

6. Los huaycos, por lo general, están circunscritos a la reactivación periódica o excepcional de quebradas, debido a fuertes precipitaciones. En el área en estudio las zonas críticas sujetas a estos eventos se localizan principalmente en la carretera afirmada Huamanga-Julcamarca Km. 92, Santa Catalina Km. 99+200, Santo Domingo en la carretera Huamanga-Quinua Km. 115+800, en el sector de Trigopampa y Santa Catalina donde los pueblos son afectados en cada temporada de lluvias, en la ciudad de Huamanga en el C° La Picota donde debido a su morfología y litología, se originan diversas torrenceras que afectan las viviendas y la carretera asfaltada.

7. Las áreas sujetas a erosión de laderas están localizadas en materiales del tipo limoarcillitas y tobas que cubren gran parte del área en la ciudad de Huamanga y al noreste de la misma donde la morfología muestra un relieve estructural plegado con suelo desnudo permanente y susceptibles a erosión natural y antrópica.

8. La trocha carrozable Huamanga-Julcamarca en los kilómetros 96-105 se vuelve crítica durante la época de lluvias estacionales debido al corte de carretera realizado en materiales arenosos y limoarcillosos con yeso que son susceptibles a las lluvias.

9. Las áreas sujetas a inundaciones están localizadas en las riberas del río Cachi afectando terrenos de cultivo ubicados en sus terrazas bajas y caseríos como Anyana en la margen derecha y Antaparco en la margen

izquierda donde el río divaga inundando zonas donde los pobladores han expandido sus terrenos para vivienda.

10. Según los mapas geoambientales obtenidos se podría decir que las zonas de mayor susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa se ubican en la unidad geomorfológica de Flanco Andino Oriental de la Cordillera Occidental y donde ocurren procesos de erosión es en el relieve estructural plegado.
11. Los mapas litológico, geomorfológico, pendientes, usos del suelo y actividad de procesos son básicos para el análisis de la susceptibilidad apoyados en los mapas de sismicidad y precipitación pluvial, con base en ellos será posible recomendar el uso más apropiado que se le puede dar a la zona.
12. El uso de los Sistemas de Información Geográfica y de las técnicas de percepción remota utilizando el modelo de elevación digital nos sirven como herramientas de apoyo para los análisis de vulnerabilidad y escenarios de riesgo y es útil, además, para el planeamiento futuro de obras de infraestructura y toma de decisiones.
13. El método empleado para identificar, categorizar y zonificar los fenómenos de remoción en masa es de suma utilidad y aplicabilidad en el proceso de planificación y en los diversos proyectos de inversión que se ejecutan y ejecutarán en un futuro cercano.
14. Los impactos se pueden clasificar por su origen en naturales y antrópicos; siendo los primeros originados por el Fenómeno de El Niño 1982-1983 y 1997-1998 que ocasionaron lluvias fuertes y con ello el lavado de suelo y fenómenos de remoción en masa.

15. En la zona no se ha desarrollado mucho la minería metálica; sin embargo, como resultado de la actividad minera no metálica se generan impactos visuales en el paisaje, debido al material removido y ubicación de canteras además del deterioro de suelos.

16. Los impactos en la calidad del suelo se deben a la acción del hombre al destinar terrenos de cultivo para acumulación de desmonte; además de explotación minera no metálica y del sobrepastoreo que ocasiona compactación de suelos.

17. Uno de los factores que ha llevado al subdesarrollo y empobrecimiento del área ha sido la violencia política y el asistencialismo, produciendo debilitamiento del sistema de organización comunal, eliminación de líderes, retraining de las prácticas de reciprocidad, deficiente manejo de los suelos, escasa asistencia técnica y capacitación y poco apoyo crediticio. No debemos olvidar que el desarrollo y prosperidad de una región se basa en su grupo humano con adecuada educación, unión y trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Arias A., F. (1995)
Estudio Ingeniero-Geológico del Área de Ubicación de la Represa de Cuchuquesera
Chuschi-Cangallo-Ayacucho
Tesis de Grado
Lima-Perú
83 h.

ATLAS DEPARTAMENTAL DEL PERU (2003)
Imagen geográfica, estadística, histórica y cultural
Tomo 8 : Ayacucho-Huancavelica
Ediciones PEISA S.A.C.
Lima-Perú
200 p.

Ayala, F.J. (2003)
Mapas de Susceptibilidad a los Movimientos de ladera con Técnicas SIG
Instituto Geológico, Minero de España
Serie Medio Ambiente N°4. Pág. 21-33 y 169-179
Madrid-España
191 p.

Butler Joseph H., (1996)
Geografía Económica. Aspectos espaciales y ecológicos de la actividad económica, Limusa.
México D.F.
Pág. 151

Castro M. E., Ojeda M.J.(2001)
Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa
INGEOMINAS
Colombia
101 p.

Castillo A. J., Alva H.J.(1998)
Peligro Sísmico en el Perú. TECNIA, Vol 8 N°02.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Lima-Perú
Págs. 23-37

- Centeno, J. (1994)
Geomorfología Práctica
Ejercicios de fotointerpretación y planificación geoambiental
Editorial Rueda S.L
Madrid-España
66 p.
- Cruden D.M and Varnes, D.J. (1996)
Landslide Types and Processes
Págs 36-75.
- Charles Davison (1924)
Manual of Seismology
Pág 45.
- Ministerio de Agricultura (2001)
Boletín Estadístico Mensual del Sector Agrario
Lima-Perú
- Ministerio de Energía y Minas (2002)
Plan Sectorial de Contingencia para el Fenómeno de “El Niño” 2002-2003.
Lima-Perú
- Dávila B. S (2000)
Peligro por Deslizamiento en el Área de Uralla (informe interno)
INGEMMET-DIRECCION DE GEOTECNIA
Lima-Perú
21 p.
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (1981)
Dirección General de Geología
Estudio de la Seguridad Física de los Centros Poblados afectados por los
sismos en el área de Ayacucho-Huancavelica.Vol-I
Lima-Perú
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2003)
Dirección de Geología Ambiental
Estudio de Riesgos Geológicos Del Perú. Franja N°3
Lima-Perú
373 p.

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2002)

Dirección de Geología Ambiental

Estudio de Riesgos Geológicos Del Perú. Franja N°2

Lima-Perú

368 p.

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERU (2002)

Compendio de Trabajos de Investigación Vol.3

Lima-Perú

Págs. 47-58

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (1989)

Atlas del Perú

Lima-Perú

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI-2001)

Perú: Compendio Estadístico 2001

Sistema Nacional de Estadística

Lima-Perú

863 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI -1995).

Compendio Estadístico 1994-95

Departamentos de Cusco, Apurímac, Huancavelica, Ayacucho, Ica y Lima:

Resultados Definitivos - Perfil Socio-Demográfico. Análisis Censal 1993, Vol. 7

Lima-Perú

IUGS (1997)

Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment.

Quantitative risk assessment for slopes and landslides

Honolulu, Hawaii, USA.

Págs. 3-12

López J. C. (1999)

Manual de estabilización y revegetación de taludes

Madrid-España

703 p.

OEA/DDRMA (1991)

Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños.

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente

Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales

Organización de los Estados Americanos

Washington, D.C-USA

Repetto, F. (2000)

II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental
Campinas, SP-Brasil
345 p.

SENAMHI (1988)

Mapa de Clasificación Climática del Perú
Lima-Perú

Silgado F., E. (1978)

Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1979). Instituto de Geología y Minería, Bol. N° 13, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, 3.
Lima, Perú.
130 p.

Suárez D., J. (1998)

Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.
Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos
Bucaramanga-Colombia. Pág. 362
541 p.

Varnes, D.J. (1978)

Slope movements and types and proceses. En Landslides: Analysis and control, Spec. Rep. 176 (Transportation Res., Board Nat. Acad. Sci., Washington), II-33.
Washington D.C- USA