

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería
Geológica - Geotecnia**

**“ESTUDIO DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA
QUEBRADA CHUCUMAYO - MATUCANA-
HUAROCHIRI - LIMA”**

TESIS

Presentado por:

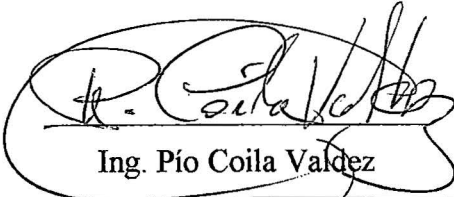
Bach. GLORIA MARINA CHOQUE MACHACA

Para optar el Título de:


INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO

**TACNA - PERÚ
2009**

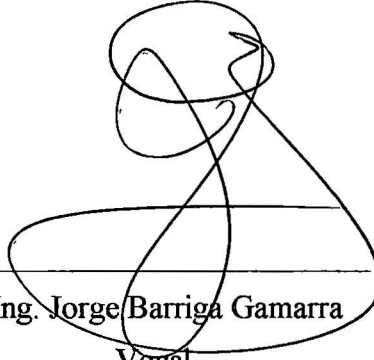
MIEMBROS DEL JURADO



Ing. Pío Coila Valdez
Presidente



MSc. Edwin Pino Vargas
Secretario



Ing. Jorge Barriga Gamarra
Vocal

AGRADECIMIENTOS

Me es grato agradecer a todas las personas que colaboraron conmigo en la elaboración del presente trabajo, quisiera dar gracias en especial:

Al Ing. Lionel Fidel, director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, por su paciencia en la enseñanza sobre movimientos en masa y análisis de la susceptibilidad del terreno a estos eventos.

Al Ing. Lucio Medina, por compartir sus conocimientos sobre movimientos en masa y por la enseñanza del uso del programa Arcgis 9.1.

A la Ing. Sandra Villacorta por su ayuda en la elaboración del Mapa de Susceptibilidad por medio del programa Arcgis 9.1.

Al Ing. Conrado Bedoya en su calidad de asesor del presente trabajo, por sus observaciones y recomendaciones.

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto del GA-11 de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico: “Geología, geomorfología, peligros geológicos y características ingeniero geológicas del área de Lima”.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	
1.1.-INTRODUCCIÓN	3
1.2.-UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
1.3.-ACCESIBILIDAD	5
1.4.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.5.-JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.6.-OBJETIVOS	7
1.7.-HIPÓTESIS	8
1.8.-METODOLOGÍA DEL TRABAJO	8
1.8.1.-ETAPA DE GABINETE I	8
1.8.2.-ETAPA DE CAMPO	8
1.8.3.-ETAPA DE GABINETE II	9
1.9.-TRABAJOS ANTERIORES	10
1.10.-HISTORIA DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA	11
CAPÍTULO II: MARCO GEOLÓGICO	
2.1.- GENERALIDADES	13
2.2.- GEOLOGÍA	13
2.2.1.-GEOLOGÍA REGIONAL	13
2.2.1.1.-TERCIARIO INFERIOR: GRUPO RÍMAC	13
2.2.1.2.-TERCIARIO SUPERIOR: VOLCÁNICO PACOCOCHA	15
2.2.2.-GEOLOGÍA LOCAL	15
2.2.2.1.-SUBSTRATO ROCOSO	16
2.2.2.2.-DEPÓSITOS SUPERFICIALES	18
2.3.-GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	20
2.4.-GEOMORFOLOGÍA	21
2.4.1.-GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	21
2.4.2.-GEOMORFOLOGÍA LOCAL	23

CAPÍTULO III: ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

3.1.-CONDICIONES CLIMÁTICAS	28
3.1.1.-HUMEDAD RELATIVA	29
3.2.-PLUVIOMETRÍA	29
3.2.1.-MAPA DE ISOYETAS	31
3.2.2.-ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	31
3.3.-USO DEL SUELO	32

CAPÍTULO IV: SISMICIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.-GENERALIDADES	36
4.2.-HISTORIA DE LA SISMICIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO	36
4.3.-ZONIFICACIÓN SÍSMICA	39

CAPÍTULO V: MOVIMIENTOS EN MASA

5.1.-GENERALIDADES	42
5.2.-CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA	43
5.3.-FACTORES QUE CAUSAN MOVIMIENTOS EN MASA	44
5.3.1.-FACTORES DETERMINANTES	45
5.3.2.-FACTORES DESENCADENANTES	46
5.4.-INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA	47
5.5.-DESCRIPCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA	48
5.5.1.-DESLIZAMIENTOS	50
5.5.2.-CAÍDAS	53
5.5.3.-FLUJOS DE DETRITOS (HUAYCOS)	58
5.5.4.-MOVIMIENTOS COMPLEJOS	61
5.5.5.-EROSIÓN EN CÁRCAVAS	62

CAPÍTULO VI: SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

6.1.-GENERALIDADES	65
6.2.-MÉTODO ESTADÍSTICO BIVARIADO	66
6.3.-FACTORES DETERMINANTES	71
6.3.1.-LITOLOGÍA	72
6.3.2.-ACTIVIDAD DE MOVIMIENTO	75
6.3.3.-PENDIENTES	76
6.3.4.-USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL	78

6.4.-ASIGNACIÓN DEL PESO A LOS FACTORES & VALORACIÓN DE SUS UNIDADES	79
6.5.-RESULTADOS OBTENIDOS	82
6.5.1.- CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD EN EL ÁREA	83
6.5.2.-SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	84
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1.-CONCLUSIONES	87
7.2.-RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	

RESUMEN

El presente trabajo aborda el estudio de movimientos en masa en la quebrada Chucumayo, cuyo resultado final es la obtención del mapa de susceptibilidad del terreno a estos procesos, mediante un Sistema de Información Geográfica.

La zona de estudio está constituida básicamente por rocas volcánico-sedimentarias como: andesitas, tobas de composición andesítica y riolítica, y limolitas.

El área afectada por los movimientos en masa representa el 24.71% del área total de la zona de estudio. Los movimientos predominantes son los deslizamientos, flujos de detritos y caídas, y en menor proporción los procesos de erosión en cárcavas y movimientos complejos. El 5% del área de estudio presenta movimientos activos, el 20% movimientos inactivos y el 75% no presenta evidencias de áreas afectadas por movimientos en masa.

Se analizan los factores determinantes más importantes en la generación de movimientos, para la obtención del mapa de susceptibilidad, por medio del método estadístico bivariado, cuya base es el cálculo de densidad de movimientos en masa para cada mapa-factor mediante el cruce de éstos con el mapa de inventario de movimientos en masa.

El Mapa de susceptibilidad zonifica el área de estudio en cinco grados de peligrosidad: muy baja (18.33%), baja (27.45%), moderada (48.03%), alta (4%) y muy alta (1.89%).

CAPÍTULO I : ASPECTOS GENERALES

1.1.-INTRODUCCIÓN

La ciudad de Matucana se encuentra ubicada en el curso medio de la cuenca del río Rímac, está constituida por flujos de detritos (huaycos), desbordamientos e inundaciones del río Rímac y las de sus quebradas tributarias Paihua y Chucumayo en las inmediaciones de esta ciudad.

En la Quebrada Chucumayo, se han reconocido peligros geológicos por movimientos en masa: deslizamientos, caídas de rocas, flujos de detritos (huaycos) y erosión en cárcavas, que afectan terrenos de cultivo y aportan gran cantidad de material detrítico a la quebrada, condicionando de esta manera la ocurrencia de huaycos o flujos de detritos de gran magnitud, que podrían incidir sobre el sector de la parte baja de la Quebrada Chucumayo, así como represar total o parcialmente el río Rímac.

Una de las principales medidas para la prevención y mitigación de las pérdidas producidas por estos procesos geológicos es la elaboración de mapas de susceptibilidad del terreno a estos procesos. La metodología para la elaboración de mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa en Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha desarrollado (Chacón et al., 1992, 1994, 1996) obteniéndose valiosos resultados en cuanto a la influencia de los factores

que determinan las condiciones de inestabilidad (Irigaray, 1995, Irigaray et al.,2000) y los factores activadores (Lamas et al., 1997)

Para la aplicación de estos principios se necesita una correcta identificación de las áreas inestables (inventario de movimientos en masa) y un conocimiento de los factores que afectan la estabilidad del terreno (factores condicionantes o determinantes).

1.2.- UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Quebrada Chucumayo se encuentra ubicada en el distrito de Matucana, provincia de Huarochirí, región Lima, al Este de la capital de la República (**ver Mapa N° 1**). Se encuentra dentro de las coordenadas:

UTM:

8692000 N	348000 E
8692000 N	358000 E
8684000 N	348000 E
8684000 N	358000 E

Coordenadas Geográficas:

Latitud	Longitud
-11.846748	-76.378868
-11.844247	-76.341430
-11.860888	-76.311457
-11.883936	-76.372402

Se ubica en la margen izquierda del valle del río Rímac, hacia aguas abajo de la ciudad de Matucana. Tiene un área de 35.1 km² y una longitud de cauce de 9.2 Km, sus nacientes alcanzan altitudes por encima de los 5020 m.s.n.m alcanza un desnivel topográfico de 2660 m entre su nacimiento y su nivel de desembocadura al río Rímac a una cota de 2360 m.s.n.m, en promedio tiene una gradiente de 21°

1.3.- ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona de estudio se realiza por:

- **Vía Terrestre**

Carretera asfaltada que une la capital con el centro del país, y que recorre longitudinalmente la cuenca del Río Rímac, (Km. 74.5 de la Carretera Central), el tiempo de recorrido desde la capital hasta la zona de estudio es 1.5 horas aproximadamente.

- **Vía Ferroviaria**

Esta vía es paralela al río Rímac y a la carretera Central, el viaje por esta vía dura aproximadamente 3 horas. Actualmente está restringido sólo al servicio de la minería.

1.4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los flujos de detritos son peligros geológicos por movimientos en masa que afectan diversas áreas en nuestro país, ocasionando numerosas pérdidas económicas y sociales, esto debido básicamente a dos factores fundamentales:

1) Localización; nuestro país se encuentra en una zona de intensa actividad

geodinámica (límite de placas y períodos de fuerte precipitación pluvial como el Fenómeno del Niño);

2) Política de desarrollo social; es frecuente encontrar zonas donde no existan o no se apliquen las normas de ordenación territorial que tengan en cuenta los peligros geológicos como: flujo de detritos (huaycos) e inundaciones, etc.

En la cuenca de la quebrada Chucumayo se observa la presencia de movimientos en masa antiguos y activos como: caídas, deslizamientos, flujo de detritos y procesos de erosión en cárcava, que evidencian la actividad geodinámica del lugar. La zona de estudio posee un registro de eventos geodinámicos producidos durante los años 1941, 1958, 1959, 1969, 1983 y 1998 cuando flujos de detritos originados en las zonas medias y altas de la quebrada, debido a una fuerte precipitación pluvial, se desplazaron a lo largo del cauce principal, provocando daños en viviendas e infraestructura pública, debido a su gran movilidad y volumen.

Estos eventos exponen a un alto riesgo a un sector de la población de la ciudad de Matucana, infraestructura pública y privada, vía ferroviaria y carretera Central que se encuentran asentadas en el cono de deyección de la quebrada Chucumayo.

1.5.-JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la problemática existente en la cuenca de la quebrada Chucumayo es necesario estudios para la seguridad física de la población asentada en su cono de deyección. Uno de éstos es el estudio de Movimientos en Masa que permitirá

conocer los factores que condicionan la generación de los procesos geológicos, además de la obtención de mapas temáticos mediante los cuales se puede elaborar el mapa de Susceptibilidad del terreno a Movimientos en Masa, que zonifique el área de estudio según el grado de peligrosidad al que está expuesta.

Los resultados obtenidos en la presente tesis servirán como herramientas básicas para el ordenamiento territorial en la zona, además permitirán tomar medidas que ayuden a mitigar el riesgo al que exponen estos eventos a parte de la población de Matucana que se encuentra asentada en el cono de deyección de la quebrada Chucumayo, carretera Central y C.E Julio C. Tello y para el desarrollo sostenible en la zona de estudio.

1.6.-OBJETIVOS

Los objetivos principales son:

- ✓ Estudiar los movimientos en masa de la cuenca de la quebrada Chucumayo.
- ✓ Elaborar el mapa de susceptibilidad de los terrenos a estos eventos, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica.
- ✓ Contribuir a la planificación, ordenamiento territorial y desarrollo socioeconómico de la zona.
- ✓ Presentar los resultados del presente estudio para obtener el título profesional en Ingeniería Geológica-Geotecnia.

1.7.-HIPÓTESIS

En la quebrada Chucumayo se producen fenómenos de movimientos en masa de naturaleza e intensidad variable que ocasionan pérdidas económicas y sociales.

1.8.-METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La metodología para llevar a cabo los objetivos trazados ha comprendido las siguientes fases:

- **ETAPA DE GABINETE I:**

- ✓ Recopilación, evaluación, selección y búsqueda de la información bibliográfica, cartográfica, geológica, geodinámica e hidrológica.
- ✓ Fotointerpretación de la litología, eventos de movimientos en masa, uso de suelos y cobertura vegetal, unidades geomorfológicas mediante fotografías aéreas de los vuelos WAST9 11577, 11578, 11579, 9709, 9708 y 970 a escala 1:25 000, imágenes Quick Bird del año 2004 e imagen satelital de Google Earth.
- ✓ Selección y preparación de la información básica. Planeamiento del trabajo de campo.

- **TRABAJOS DE CAMPO:**

Apoyado en el estudio fotogeológico, el trabajo de campo fue realizado usando instrumentos como: GPS, brújula, picota, cámara digital, escalímetro y otros. Esta etapa consistió en las siguientes actividades:

- ✓ Inventariado de lugares afectados por movimientos en masa mediante el uso de fichas de campo (anexo N° 2).
- ✓ Cartografiado de movimientos en masa (activos e inactivos) a escala 1:10 000, verificación de áreas afectadas por estos eventos.
- ✓ Cartografiado litológico y geomorfológico a escala 1:10 000.
- ✓ Toma sistemática de muestras de los materiales involucrados (macizos rocosos y/o formaciones superficiales), para la determinación de su naturaleza.
- ETAPA DE GABINETE II:
 - ✓ Preparación de datos espaciales con la información obtenida en las fases anteriores, para ello se han digitalizado mapas y organizado la información espacial. Este proceso ha generado los mapas temáticos: Movimientos en masa, Litológico, Actividad de movimientos, Geomorfológico, Uso del suelo y cobertura vegetal, Pendientes.
 - ✓ Análisis de los mapas temáticos.
 - ✓ Elaboración del Mapa de Susceptibilidad, utilizando el análisis estadístico bivariado, mediante el programa ArcGIS versión 9.1.
 - ✓ Interpretación del mapa de susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa.
 - ✓ Redacción del presente trabajo.

1.9.-TRABAJOS ANTERIORES

Los trabajos realizados en el área de estudio son de carácter regional, a continuación se presenta un breve resumen:

- ✓ Salazar H. (1983), Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí. Boletín N° 36, Serie A. Carta Geológica Nacional. Escala 1:100,000 INGEMMET. Este trabajo proporciona la información geológica y estructural básica de la zona de estudio.
- ✓ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), proporciona información hidrometeorológica (precipitaciones diarias) desde el año 1964 hasta el 2004.
- ✓ Centro de estudios y Prevención de desastres. PREDES (2000), Estudio de evaluación de riesgos del distrito de Matucana, provincia de Huarochirí, Lima. En este trabajo se identificaron los peligros geológicos que afectan a la ciudad de Matucana, además se generaron mapas de peligros geológicos, de zonas seguridad y rutas de escape en caso de huaycos e inundaciones.
- ✓ Estudio Geodinámico de la cuenca del río Rímac (1988) Escala 1:100, 000. INGEMMET. El estudio concluye que las condiciones geológicas, geomorfológicas y climatológicas propias de la cuenca del río Rímac la convierten en una de las cuencas con mayores problemas geodinámicos, incrementados por la acción de la mano del hombre (corte de taludes, deforestación, etc.). El área más afectada se encuentra localizada entre

Chosica y Matucana donde los fenómenos más frecuentes son los huaycos, además de desbordamientos y erosión de riberas.

- ✓ Estudio de Riesgos Geológicos de Perú Franja N°4 (2006) escala 1:500000. Boletín N° 29 Serie C .Geodinámica e Ingeniería Geológica. INGEMMET. Estudio de carácter regional que comprende parte del departamento de Lima, la franja es constantemente amenazada por peligros naturales como movimientos en masa (caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos y movimientos complejos, inundaciones, hundimientos, erosión de laderas, erosión fluvial y arenamientos. Las áreas de alta y muy alta susceptibilidad se localizan principalmente en el flanco Andino Occidental de la Cordillera Occidental, Cordillera Oriental y en algunos sectores de montaña de la Faja Subandina.
- ✓ INDECI (2005). Plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Matucana. Este trabajo presenta mapas de peligros geológicos, vulnerabilidad y Plan de uso de suelos para Matucana.

1.10.- HISTORIA DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN MATUCANA

La zona de estudio posee un registro de eventos geodinámicos producidos desde el año 1941 (ver tabla N° 1.1), cuando flujos de detritos originados en las quebradas Paihua y Chucumayo, debido a una fuerte precipitación pluvial, se desplazaron a lo largo de sus cauces principales hasta provocar daños en

viviendas e infraestructura pública, debido a su gran movilidad y volumen. Los eventos más catastróficos ocurridos en el área de estudio ocurrieron en los años 1958 y 1959, en época de lluvias, estos causaron gran daño en la población de Matucana. Sucesivamente hasta la actualidad se han venido produciendo procesos de movimientos en masa sin efectos graves, pero que han sido constantes en el tiempo.

Año	Evento	Lugar	Daños
1941	Huayco	Matucana (Paihua)	Arrasó con terrenos de cultivo.
1958	Huayco (10-03)	Q. Chucumayo, Matucana.	Destruyó viviendas, garita de control de la Guardia Civil, un grifo en Puerto Nuevo.
1959	Huayco (14-02), Inundación (8-02).	Matucana quebradas Paihua y Chucumayo.	Destruyó el 90% de la ciudad de Matucana, causando además pérdidas humanas. Arrasó con terrenos de cultivo. Represó el río Rímac.
1969	Huayco (17-03) Chucumayo	Puerto Nuevo, Monterrico, Ministerio de Transporte.	Pérdidas materiales, vías de comunicación y terrenos agrícolas.
1970	Huayco(02)	Chucumayo y Paihua.	Daños menores.
1979	Huayco (Chilco)	Huaripachi	Inundación leve de las viviendas construídas en el cauce del huayco, afectó el CEI.
1980	Huayco (Antahuaca)	Monterrico y San Juan de Patihuayco.	Inundación y destrucción de viviendas y cultivos, destruyó puente San Juan.
1981	Huayco (11-02) Chucumayo	AAHH Puerto Nuevo.	Arrasamiento de un auto viajero (transeúnte), destrucción de dos puentes ferroviario y carretero, vía de comunicación interrumpida.
1983	Huayco (4-03)	Paihua y Chucumayo	Represamiento parcial del río Rímac, inundación de las calles de Matucana. Afectó Carretera Central y vía férrea
1988	Huayco Chucumayo	Puerto Nuevo	Inundación de viviendas, destrucción de carretera y terrenos de cultivo.
1998	Huayco(3-04)	Chucumayo, Llincan, Tambo de viso	Afectó puente de ferrocarril y peatonales, canales de riego, terrenos del cultivo. Viviendas destruidas, túnel, 11 desaparecidos. Destruyó todo Tambo de Viso, desaparecieron casas, animales y puente.
2000	Embalse	Cacachaqui	Viviendas destruidas y casas húmedas.

Tabla °1.1: Historia de los peligros geológicos alrededores de la ciudad de Matucana

Fuente: Martínez, A., Medina, J. (Dic. 2000)

CAPÍTULO II : MARCO GEOLÓGICO

2.1.- GENERALIDADES

En la zona de estudio afloran rocas volcánicas, sedimentarias y depósitos superficiales, cuyas edades están comprendidas entre el Terciario inferior al Cuaternario reciente.

Regionalmente se distinguen dos grandes unidades geomorfológicas: Flanco Occidental de los Andes y el Valle del río Rímac.

2.2.- GEOLOGÍA

2.2.1.-GEOLOGÍA REGIONAL

Según los estudios realizados por la Dirección de Geología Regional (Geología del cuadrángulo de Matucana y Huarochiri) del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, las unidades geológicas que afloran dentro del área de estudio y alrededores pertenecen al Grupo Rímac y a la unidad geológica denominada Volcánico Pacococha.

2.2.1.1.-TERCIARIO INFERIOR: Grupo Rímac

Está determinado por un conjunto de unidades de rocas volcánicas y sedimentarias constituidas por andesitas, flujo de brecha, andesitas tufáceas o tufos andesíticos, con ocasionales intercalaciones de areniscas tufáceas. Esta formación se encuentra intensamente meteorizada. Literalmente Salazar (1983) describe de abajo hacia arriba, las siguientes secuencias:

a) Serie Volcánico-Sedimentaria

Esta secuencia está constituida por lavas y brechas andesíticas de color gris azulado a verdoso, con bastante oxidación, por el contenido de pirita tobas andesíticas y algunas intercalaciones de areniscas.

b) Serie Sedimentaria-Tobácea

Se le encuentra en la parte intermedia Grupo Rímac, está constituida por unidades predominantemente sedimentarias con contenido volcánico, así como por areniscas limolíticas, gris verdosas y rojizas y tobas redepositadas de color gris violáceo.

c) Serie Tobácea

Aquí se incluye unidades de tobas pardo grisáceas blanquecinas de composición riolítica y dacítica.

d) Serie Volcánico-Sedimentaria

Se encuentra en la parte superior del Grupo Rímac, se muestra estratificado compuesto de limolitas gris verdosas, coloraciones rojizas y anaranjadas; areniscas feldespáticas con cuarzo y matriz tobácea en estratificación delgada y sobre ellos una secuencia de volcánicos tobáceos porfiroides de color violáceo, con plagioclasas, ortosas y volcánicos oscuros igualmente porfiroides, bien alterado.

En general el Grupo Rímac está constituido de rocas volcánicas y sedimentarias pero con predominio de la facie tobácea y un alto porcentaje de minerales

ferromagnesianos que por alteración dan el color de las rocas a rojizo violáceo. Está determinado por un conjunto de unidades de rocas volcánicas y sedimentarias constituidas por andesitas, flujo de brecha, andesitas tufáceas o tufos andesíticos, con ocasionales intercalaciones de areniscas tufáceas.

Esta unidad tiene mayor presencia en el área de estudio, aflorando en el sector de la cuenca media-baja de la quebrada Chucumayo y cerca al poblado de Matucana.

2.2.1.2.-TERCIARIO SUPERIOR: Volcánico Pacococha

Se designa con este nombre a un conjunto de derrames volcánicos andesíticos y basálticos con algunas intercalaciones de flujos de brechas volcánicas y andesitas tobáceas, esta litología está generalmente relacionada a centros volcánicos debido a tendencias divergente de los derrames o bien a su posición anormal con respecto al resto de la secuencia de rocas volcánicas.

No se puede precisar la edad de estos depósitos, pero por constituir el tope de la secuencia volcánica terciaria y estar intruida por algunos cuerpos hipabisales jóvenes que la han mineralizado, puede que su edad este entre el Mioceno-Plioceno. Aflora en el sector de la cuenca alta de la zona de estudio.

2.2.2.-GEOLOGÍA LOCAL

La geología del área de estudio está caracterizada por las rocas volcánico-sedimentarias del Grupo Rímac en la zona de la cuenca media-baja, y por las rocas volcánicas andesíticas del Volcánico Pacococha en la zona alta de la cuenca. Las unidades litológicas comprenden dos grupos: substrato rocoso y depósitos

superficiales: coluviales, proluviales, depósitos de movimientos en masa, fluviales y coluvio-deluviales (ver Mapa 3).

2.2.2.1.-SUBSTRATO ROCOSO

Se ha procedido a dividir la zona de estudio en dos zonas: cuenca media-baja y cuenca alta, debido a la litología existente en ambas zonas.

Cuenca media-baja

Las rocas del basamento de la zona de la cuenca media-baja forman parte de las secuencias volcánicas y sedimentarias constituidas por rocas andesíticas, tobas de composición andesítica y riodacíticas de coloración rojiza y limolitas, correspondientes al Grupo Rímac (ver ítem 2.2.1.1).

Este Grupo tiene mayor presencia en el área de estudio, tiene una distribución longitudinal con orientación NNO-SSE. Se encuentra afectada por plegamientos que fracturan las rocas y aceleran su meteorización y erosión. Sus afloramientos se pueden apreciar especialmente en las zonas altas de las laderas, estas secuencias se presentan suavemente plegadas formando anticlinales y sinclinales simples, visibles en la cuenca media de la quebrada.

En la zona de estudio se han reconocido dos de las cuatro unidades litológicas, descritas por Salazar (1983), de abajo para arriba:

a) Serie Sedimentario-Tobácea

Constituida por tobas redepositadas de color gris violáceo y rocas andesíticas verduzcas . (Foto N° 2. 1).

b) Serie Volcánico – Sedimentaria

Constituida por tobas de composición riolítica y dacítica de color blanquecinas, andesitas de color gris, limolitas y areniscas, secuencia que en la parte superior se presenta pseudo-estratificada y plegada (**Foto N° 2.2**).



Foto N° 2.1: Afloramiento de rocas volcánicas andesíticas se presentan medianamente fracturadas.



Foto N° 2.2: Vista oblicua del afloramiento de tobas de composición riolítica y dacítica de color blanquecinas.

Cuenca alta

En esta zona afloran rocas andesíticas de la unidad Volcánico Pacococho, los cuales se encuentran cubiertos por depósitos coluvio-deluviales que presentan una coloración rojiza producto de alteración hidrotermal (**Foto N° 2.3**).

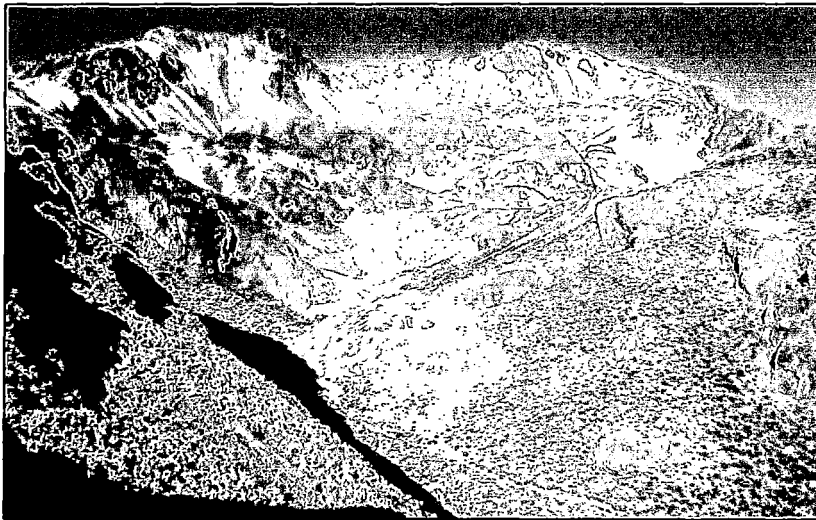


Foto N° 2.3: Afloramiento de rocas volcánicas andesíticas cubiertas por depósitos coluvio deluviales de coloración rojiza.

2.2.2.2.-DEPÓSITOS SUPERFICIALES

Esta unidad agrupa a los depósitos semi-consolidados, conformados por materiales de litología heterogénea con clastos heterométricos, los cuales han sido agrupados en función a su origen.

En la cuenca media-baja se han diferenciado cinco sub-unidades, los cuales son producto de la meteorización, erosión, gravedad, transporte y posterior acumulación.

a) Depósitos coluviales (Q-col)

Son materiales producto mayormente de la meteorización física, resultantes principalmente de la acción transportadora de la gravedad. Son los depósitos de mayor propagación, se les encuentran distribuidos al pie y en las laderas de los cerros. Están constituidos por una mezcla heterogénea de fragmentos de roca de variado tamaño, desde bloques rocosos hasta materiales finos de textura arenosa y limosa. Son inestables y vulnerables a la presencia de agua, se ven afectados por procesos de erosión en cárcavas, deslizamientos y caídas.

b) Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Se localizan en la parte alta de la cuenca de la quebrada Chucumayo, cubriendo las rocas volcánicas que afloran en la zona, presentan una coloración rojiza debido a un proceso de alteración hidrotermal (**foto N° 2.4**).

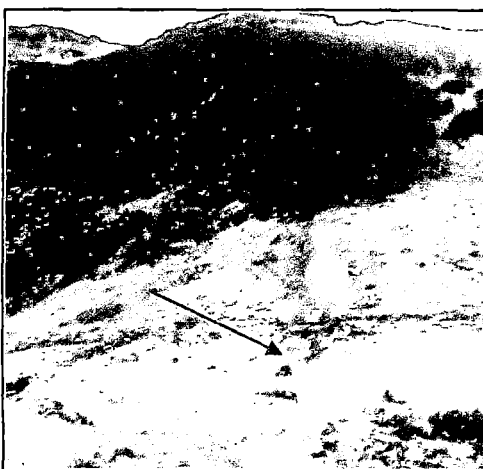


Foto N° 2.4 & 2.5 : Depósitos coluvio- deluviales y fluviales

c) Depósitos fluviales (Q-fl)

Corresponden al material que se encuentra en el cauce actual del río Chucumayo, compuesto por limos, gravas y bloques de variado diámetro (**foto N° 2. 5**). El diámetro de los bloques en algunos casos tienen un diámetro de más de 1m.

d) Depósitos de deslizamientos (Q-d)

Corresponden a los cuerpos de los procesos de movimientos en masa reconocidos mayormente en las laderas de las montañas en la zona media-baja de la quebrada Chucumayo.

e) Depósitos proluviales (Q-prol)

Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvias como huaycos, compuestos de una mezcla heterogénea de bloques rocosos y sedimentos finos, sub-angulosos a sub-redondeados producto de la remoción y arrastre que han sufrido por la acción de flujos de barro, lodo y agua, a lo largo de las cárcavas y quebradas tributarias. Están distribuidos en la zona baja formando conoides de deyección. Sobre estos depósitos está asentada parte de la ciudad de Matucana.

2.3.-GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

En el sector han actuado fenómenos tectónico-estructurales cuyos resultados son las fallas normales y pliegues (**figura 2.1**). La presencia de fallas normales e inversas hace suponer que en la zona han actuado esfuerzos de compresión y tensión.

En la cuenca media de la quebrada Chucumayo se puede apreciar la presencia de pliegues sinclinales y anticlinales en rocas volcánico-sedimentarias.

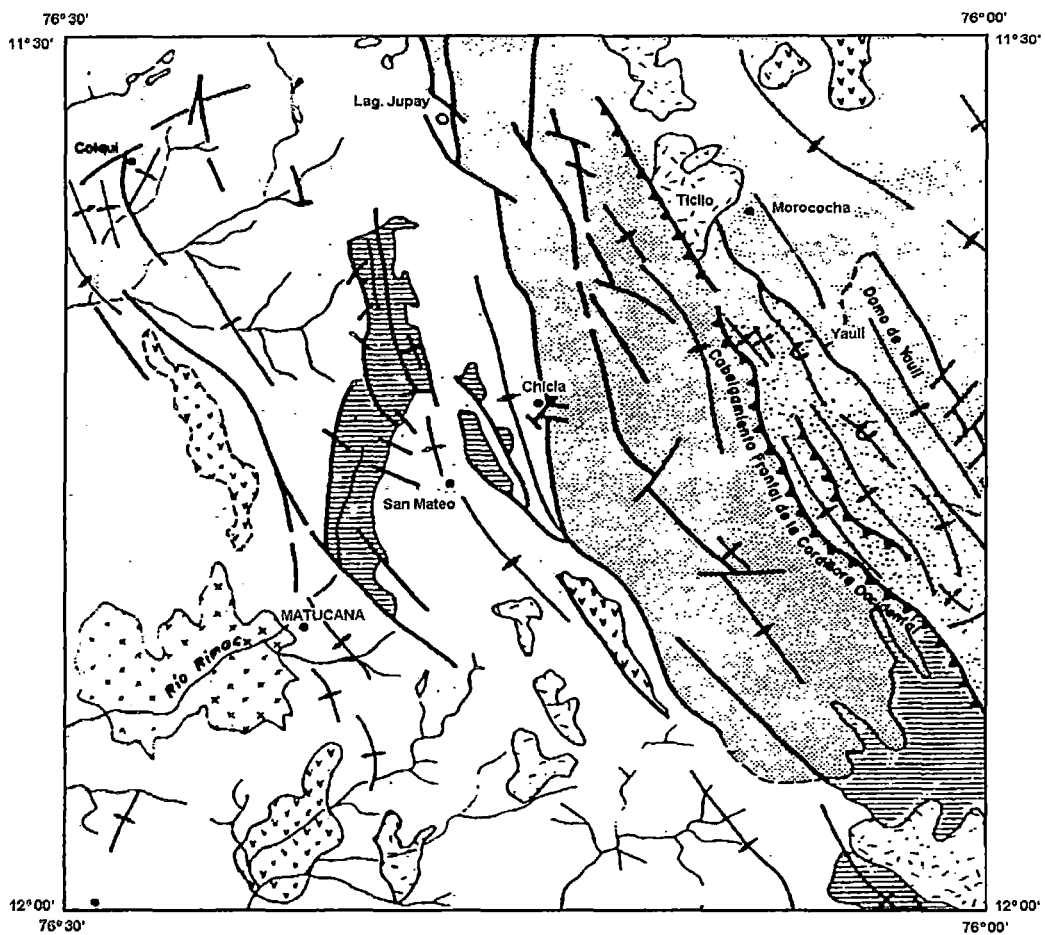


Figura N° 2.1: Mapa estructural del Cuadrángulo de Matucana

Elaborado por Salazar 1983- INGEMMET

2.4.-GEOMORFOLOGÍA

2.4.1.- GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente se distinguen dos grandes unidades geomorfológicas: Flanco Occidental de los Andes y el Valle del río Rímac.

Flanco Occidental de los Andes

Es la unidad morfológica principal constituida por una cadena montañosa de topografía abrupta con alineación de cumbres que limitan las cuencas de los valles profundos que descienden del altiplano hacia la costa. En general se puede deducir superficies de erosión inclinadas hacia el Oeste. Esta unidad morfológica está cortada por los cursos de agua (ríos y quebradas) principales que nacen desde el altiplano o divisoria continental de aguas y drenan hacia la costa con dirección aproximada de este oeste. La evolución de esta geoforma sugiere un control estructural y la litología presente.



Foto 2.6: Vista panorámica del flanco occidental de Los Andes y el valle de río Rímac en el área de estudio

Valle del Río Rímac

Unidad dentro de la cual se halla ubicado el distrito de Matucana, tiene una orientación promedio de N 60°E. En su evolución ha pasado por varios estadios morfogenéticos, presenta marcada asimetría en sus flancos, donde el flanco izquierdo presenta mayor desarrollo.

La evolución del valle en este sector está influenciada por la dinámica de las quebradas de Paihua y Chucumayo, cuyos flujos aluviónicos llegaron en varias oportunidades a represarlo y en consecuencia se dio origen a la terraza plana donde se ubica la parte central de la ciudad.

2.4.2.-GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Las unidades geomorfológicas locales reconocidas en el área de estudio, se encuentran enmarcadas dentro de la cuenca de la quebrada Chucumayo, siendo su conformación reflejo de la interacción de los procesos geodinámicos, tectónicos (plegamientos, fracturamiento), procesos exógenos (clima y pluviosidad) y características litológicas de las formaciones geológicas presentes.

En el área se ha llegado a diferenciar las siguientes sub-unidades geomorfológicas que se describen a continuación:

a) Abanico proluvial (A-p)

Se localiza en la desembocadura de la quebrada, constituye evidencia de desviación de cursos fluviales y hasta de represamientos, producto de la construcción de varios huaycos que se desarrollaron en la quebrada Chucumayo.

Está formado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa. Constituye una planicie con una pendiente promedio de 8°, por lo que facilita su aprovechamiento con actividades agrícolas, viviendas y servicios (foto 2.7).



Foto N° 2.7: Abanico proluvial de la quebrada Chucumayo

b) Depósito de movimientos en masa (D-m)

Esta unidad corresponde a depósitos de deslizamientos y caídas, tanto activos como inactivos que existen en el área de estudio, se desarrollan con mayor frecuencia en pendientes baja a moderadas.

c) Cárcavas (Cv)

Son geoformas originadas por la erosión hídrica, por allí discurre el agua en épocas lluviosas, se intensifican durante la ocurrencia del Fenómeno del Niño.

Se presentan en forma de surcos, las principales alcanzan los 1.5 Km. de longitud y hasta 2 m de profundidad en terrenos de pendiente entre 35 a 50° (foto 2.8).

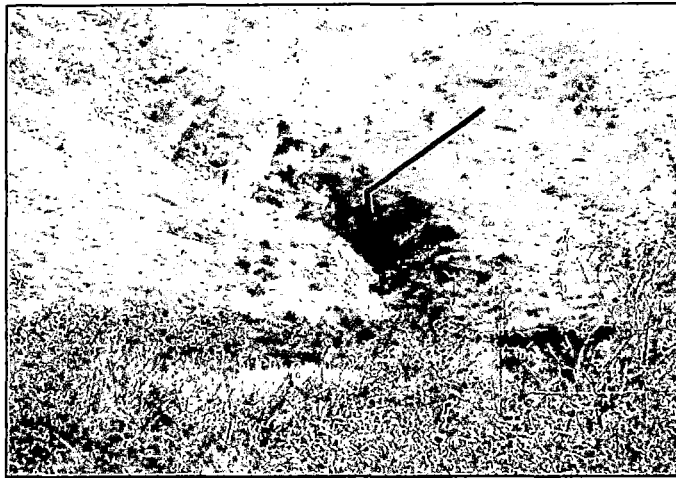


Foto N° 2.8: Zona de cárcavas

d) Unidad de quebradas y ríos

En el margen izquierdo de la quebrada Chucumayo se localizan varias quebradas tributarias y ríos, las cuales se describen a continuación:

Quebrada Infiernillo

La quebrada Infiernillo tiene una longitud de cauce aproximada de 1.4 Km. y una pendiente de 40 %, sus laderas presentan gradientes que oscilan entre 20° a 50°. Se inicia por la confluencia de las quebradas Pitirquiña y Chicchiquilla, a lo largo de ésta se aprecian varios problemas geodinámicos como: deslizamientos antiguos, cárcavas, movimientos complejos, caídas antiguas y recientes. Estos últimos han ocasionado daños en el canal obstruyéndolo.

Quebrada Chicchiquilla

Esta quebrada presenta una longitud aproximada de 3.5 Km. y una pendiente promedio de 40%. A través de esta quebrada se aprecian cárcavas.

Quebrada Pitirquiña

La quebrada Pitirquiña tiene una longitud aproximada de 2.5 Km., a lo largo de ella se han observado pequeñas cárcavas y caídas recientes.

Quebrada Curipata

Esta quebrada tiene una longitud aproximada de 2.5 Km. y una pendiente promedio de 39.7 %. Sus laderas presentan pendientes de 20° a 50°. En su recorrido se ha puede reconocer la comunidad de Pacotupe y observar varios movimientos en masa como caídas antiguas y recientes y procesos avanzados de erosión en cárcavas en su zona más alta.

Quebrada Fraile:

La quebrada Fraile tiene una longitud aproximada de 2.85 Km., con una pendiente de 47%. En los márgenes de esta quebrada se pueden apreciar cárcavas, sus laderas presentan pendientes del orden de 35° a 50°.

e) Zona de lagunas (Z-l)

La zona de lagunas se ubica en la parte alta de la cuenca, aproximadamente a 4800 m.s.n.m, son superficies planas a moderadamente onduladas. En esta zona se encuentran las lagunas Arca y Morococha

f) Fondo de valle (Fv)

Corresponde a la zona por donde discurre el río Chucumayo con una pendiente promedio de 10°.

g) Depósito proluvial (D-p)

Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvias como huaycos. Se encuentran localizados en las laderas de pendiente media a fuerte y en la zona alta de la cuenca.

h) Zona de montañas de mediana a fuerte pendiente (M-mf)

Son terrenos inclinados que tienen una pendiente de 20° a 50°, muy susceptibles a procesos de erosión en cárcavas. Se encuentran principalmente asociados a deslizamientos y caídas.



Foto N° 2.9: Zonas de montaña de mediana a fuerte pendiente

CAPÍTULO III: ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

3.1.- CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima en Matucana es templado y seco con temperaturas máximas diarias de 27° C durante el verano (diciembre- marzo) y de 19° C durante el invierno (junio- septiembre) con una temperatura media anual de 15.3° C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

La temperatura disminuye progresivamente con la altitud, las temperaturas bajo cero ocurren cada noche en elevaciones arriba de los 4300 m.s.n.m y estacionalmente tan bajo como 3700 m.s.n.m. La época de lluvias se inicia a mediados del mes de diciembre y se acentúa en febrero, luego bajan de intensidad y regularidad hasta desaparecer a inicios de abril. La precipitación anual en promedio es de 239mm. Aproximadamente el 70% de esta precipitación cae entre enero y marzo, después de la época de lluvias, entre los meses de abril a noviembre, el calor se intensifica a lo largo del día y se presenta un clima cálido de aspecto primaveral, en cambio en las noches se acentúa el frío, sobre todo en los meses de junio, julio y agosto.

La aridez del área es debido al viento húmedo de este a oeste del Océano Atlántico que es interceptado por los Andes Centrales. Sin embargo, los patrones de precipitación son activados por acontecimientos climáticos como el Fenómeno del Niño en el océano Pacífico. Durante estos acontecimientos el aire húmedo del

Océano Pacífico al oeste, puede mover hacia el este (llegando a los Andes Centrales) fuertes lluvias que comúnmente provocan la actividad de derrumbamiento incluyendo flujos de escombros (Kuroiwa, 2002).

3.1.1.-HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa se incrementa en el tercer trimestre, en concordancia con la estación de invierno, donde hay presencia de garúas frecuentes y neblina. La humedad relativa media de 82 %.

3.2.-PLUVIOMETRÍA

En el siguiente cuadro de precipitaciones anuales totales para Matucana, se puede resumir que los años que presentan mayores registros de precipitación son: 1967,1971, 1972, 1973, 1983,1984, 1986, 1993,1994, 1998, 1999, 2000,2001 y 2004, algunos de los cuales se encuentran relacionados con los años del Fenómeno del Niño: 1956/1957, 1972/1973, 1986/1987, 1982/1983, 1986/1987 y 1997/1998.

Los flujos de detritos (huaycos) en la zona de estudio, ocurren durante los meses de mayor precipitación pluvial, es decir, desde los meses de Enero hasta Abril.

Algunos fenómenos de movimientos en masa ocurren precisamente durante los años del Fenómeno del Niño, el huayco producido en la quebrada Chucumayo ocurrido en el año 1958 ocurrió un año después del Fenómeno del Niño 1956/1957, de la misma manera el huayco de 1998 está relacionado con este evento climático.

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA MATUCANA PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (m.m)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964		64.6	57.6	61.1	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	6.0	33.2	232.2
1965	55.4	82.8	69.8	10.5	2.6	0.0	0.0	0.0	3.8	13.7	6.7	24.8	270.1
1966	61.6	38.7	52.5	22.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	37.0	230.3
1967	77.3	147.7	97.1	17.2	3.7	0.0	S/D	S/D	2.1	15.2	4.3	8.4	373.0
1968	24.9	24.9	33.3	11.2	7.7	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	102.0
1969	11.4	54.6	73.3	26.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	18.1	24.1	55.2	263.9
1970	106.9	8.9	35.4	29.1	9.1	0.0	0.0	0.0	21.8	14.5	5.4	53.8	284.9
1971	57.4	72.6	116.0	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	1.2	43.0	324.2
1972	63.5	106.2	144.8	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	12.6	5.0	48.2	395.6
1973	82.3	80.8	58.7	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	33.9	8.3	7.5	56.9	334.1
1974	45.3	76.4	75.8	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	4.6	21.3	233.8
1975	33.4	59.0	118.3	8.9	6.2	0.8	0.0	0.0	1.3	7.0	12.4	40.1	287.4
1976	70.3	73.4	58.1	0.5	0.5	0.9	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	26.2	230.7
1977	32.9	69.5	37.8	2.7	5.9	0.0	0.0	0.0	2.5	0.6	28.7	26.2	206.8
1978	29.1	29.8	21.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	7.8	12.6	107.2
1979	15.1	43.2	65.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.9	S/D	127.9
1980	18.0	8.3	21.0	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1	0.0	13.7	93.9
1981	62.0	43.4	72.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	1.5	33.9	217.8
1982	28.2	25.3	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	0.9	93.7
1983	9.5	62.0	169.2	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.7	299.3
1984	34.1	196.8	86.5	10.5	1.0	1.8	0.0	0.0	0.0	20.5	29.2	73.4	453.8
1985	17.9	55.7	67.7	8.7	2.2	0.0	0.0	1.6	2.7	1.7	23.2	53.5	234.9
1986	100.8	74.2	60.7	22.2	4.9	0.0	0.0	4.1	0.0	3.7	10.6	37.1	318.3
1987	112.1	48.5	45.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.2	0.0	S/D	32.7	240.5
1988	64.7	70.2	44.8	36.8	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	47.5	271.0
1989	92.2	73.9	86.9	5.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	260.9
1990	51.6	4.9	19.7	1.9	6.2	0.3	0.0	0.6	0.0	13.4	36.5	43.0	178.1
1991	12.7	60.6	116.6	10.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	4.4	4.4	229.6
1992	28.2	40.3	101.8	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	4.4	21.9	255.2
1993	98.8	158.9	147.4	50.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	40.0	98.7	618.2
1994	64.9	95.3	45.6	33.2	2.6	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	11.4	51.6	305.4
1995	62.6	31.6	61.5	35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	8.9	34.0	39.8	278.2
1996	72.5	78.1	87.9	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	7.2	277.6
1997	46.3	50.7	9.4	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	14.3	49.4	181.3
1998	91.6	111.4	121.9	17.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.2	0.0	0.0	20.9	367.5
1999	57.2	163.3	54.3	24.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	19.1	19.3	30.1	371.7
2000	82.5	105.3	67.8	21.9	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	0.0	50.0	350.2
2001	116.8	67.1	110.2	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	41.4	2.2	354.5
2002	17.8	74.3	61.9	32.4	6.2	0.0	0.0	0.0	3.7	S/D	22.2	42.9	261.4
2003	32.3	46.0	64.1	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	86.1	244.2
2004	10.1	74.4	57.8	31.1	0.0	3.6	0.0	S/D	0.0	6.3	22.5	92.7	298.5

Tabla N° 3.1: Precipitaciones anuales 1964-2004 para la ciudad de Matucana.

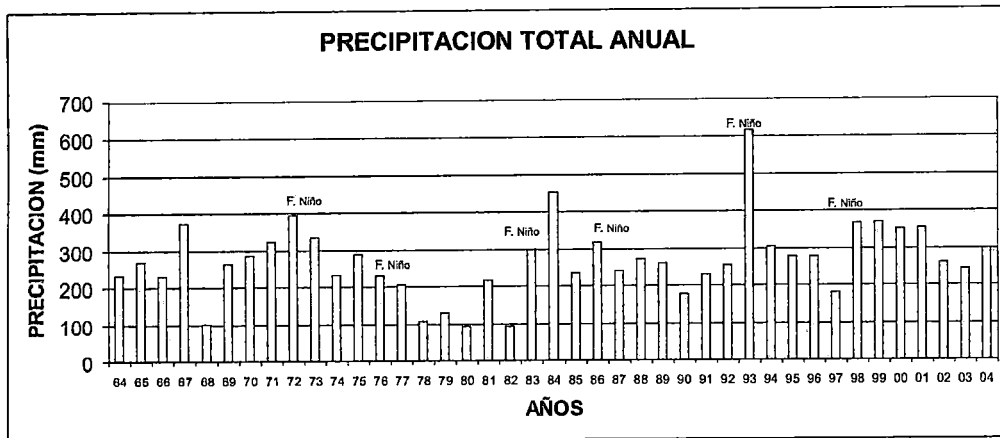


Figura N° 3.1: Precipitaciones totales anuales para Matucana.

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrogeología.

3.2.1.- MAPA DE ISOYETAS

Para tener una idea clara de la distribución de la precipitación en la zona de estudio se presenta el Mapa de Isoyetas de la cuenca del río Rímac a la cual pertenece la cuenca de la quebrada Chucumayo.

El mapa de isoyetas (**anexo N° 2**) muestra la precipitaciones anuales en la zona de estudio, de este mapa se puede apreciar que las precipitaciones se encuentran entre los intervalos de 300mm y 450 mm.

3.2.2.-ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Pruebas Estadísticas Paramétricas T de Student y F de Fisher

Con los datos hidrometeorológicos presentados en la tabla N° 3.1, se ha procedido a efectuar las Pruebas Estadísticas Paramétricas: T de Student y F de Fisher para comprobar la homogeneidad de los datos.

PARÁMETROS CALCULADOS						
PERIODO	AÑOS	n	X_{prom}	S_i	S_i^2	$n S_i^2$
1	1964-1984	241	21,422	32,60	1062,626	256092,97
2	1985-2004	237	24,883	34,89	1217,523	288552,98

CÁLCULO DEL ESTADÍSTICO T STUDENT

$$t_d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\left[\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}}$$

$$t_d = 1,118 \quad \text{CALCULADO}$$

$$t_t = 1,645 \quad \text{TABULAR}$$

(Con 476 grados de libertad y 5% de significación de la Tabla "T" de Student).

CONCLUSIÓN:

Como t_d calculado es menor que t_t tabular entonces se concluye que la serie **ES** homogénea en la **MEDIA** a un nivel de significación del 5%.

CÁLCULO DEL ESTADÍSTICO F DE FISHER

$$F_d = \frac{S_2^2}{S_1^2}$$

$$F_d = 1,146 \quad \text{CALCULADO}$$

$$F_t = 1,318 \quad \text{TABULAR}$$

(Con 240 y 236 grados de libertad y 5% de significación de la Tabla "F" de Fisher).

CONCLUSIÓN:

Como F_d calculado es menor que F_t tabular entonces se concluye que la serie **ES** homogénea en la **VARIANCIA** a un nivel de significación del 5%.

3.3.- USO DE SUELO

El uso del suelo en la zona de estudio está marcado por las características y pendientes naturales, así en las zonas con morfologías no muy inclinadas de menor pendiente su uso es para la agricultura y vivienda, mientras que los lugares con mayor pendiente son usados como pastizales. En los sectores de mayor elevación se observa ausencia o escasez de vegetación, la vegetación presente está limitada a algunos pastos.

La vegetación en la zona de estudio se desarrolla en los taludes de las montañas en el sector de la cuenca media-baja y en el lecho del cauce de la quebrada principal. En este sector se desarrollan dos clases de vegetación: permanente – semipermanente y estacional. El área de estudio se ha dividido seis unidades (Mapa N° 6), los mismos que se describen a continuación:

a) Zona de cultivo permanente y semipermanente (CPS)

Corresponde a zonas localizadas en la cuenca media-baja (foto N° 3.1) se trata en su mayoría de terrenos de cultivos y vegetación típica de la zona como: papa, alfalfa, flores, eucaliptos, pastos, etc.

Durante la estación lluviosa el agua es principalmente usada para la irrigación de estas tierras cultivables, mientras que en la estación seca el agua es canalizada de ríos y canales.



Foto N° 3.1: Vegetación permanente y semipermanente en el sector de Matara.

b) Zona urbana (ZU)

Corresponde a parte de la población de Matucana que se encuentra asentada en el cono de deyección de la quebrada. En esta unidad se agrupa a las viviendas, C. E Julio C. Tello y vías de transporte al centro oriente del Perú.

c) Zonas rurales (ZR)

Referente a comunidades campesinas, algunas de las cuales se encuentran asentadas en los cuerpos de deslizamientos (**foto N° 3.2**).

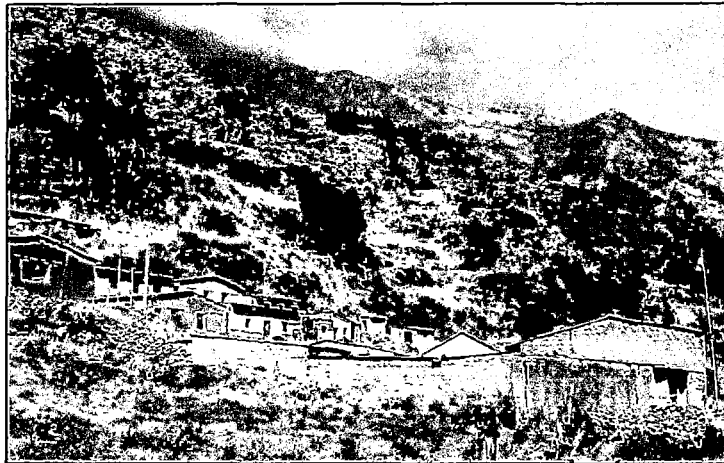


Foto N° 3.2: Anexo de Huillpa

d) Vegetación estacional (VE)

Corresponde a vegetación que se desarrolla en épocas de lluvia (diciembre-marzo), aprovechada para el pastoreo. Ubicados en ambas márgenes de la quebrada, en la cuenca media-baja (**foto N° 3.3**).



*Foto N° 3.3: Vegetación estacionaria (diciembre-marzo),
abajo el río Chucumayo*

e) Zona con escasa o nula de vegetación (ENV)

Localizados especialmente en la zona alta de la zona de estudio, la vegetación está limitada por algunos pastos.

f) Zona de cuerpos de agua

Referidos a lagunas ubicadas en la cuenca alta y catarata Antankallo.

CAPÍTULO IV: SISMICIDAD EN EL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.- GENERALIDADES

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, generando terremotos de magnitud elevada con relativa frecuencia. Un segundo tipo de actividad sísmica está producida por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con terremotos menores en magnitud y frecuencia (Tavera & Buforn, 1998).

4.2-HISTORIA DE LA SISMICIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO

La historia de los acontecimientos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido descrita por Silgado (1978), y al encontrarse Matucana cercana a la ciudad de Lima, existe información de un gran número de sismos históricos que han producido diversos niveles de daño en las ciudades y localidades ubicadas en esta zona.

Según reportes (**Tabla N° 4.1**), se ha encontrado que el área de estudio ha sido afectada desde el pasado hasta la actualidad por movimientos sísmicos de magnitud considerable (entre VII - X MM), los cuales han interrumpido el normal tránsito por la carretera Central por causa de deslizamientos y desprendimientos de material inestable.

A pesar de que los sismos registrados hasta la fecha no han tenido impactos muy graves en los asentamientos ubicados en la cuenca del río Rímac, este hecho no constituye un antecedente válido para asumir que cualquier evento podría estar en ese mismo nivel de impacto.

Tabla N° 4.1: Terremotos ocurridos desde 1555-2007 en la ciudad de Lima y alrededores

FECHA	LUGAR	INTENSIDAD	OBSERVACIONES
1555-11-15	Lima	VII	Ocurrió en Lima un temblor el más fuerte desde su fundación, que causó muchos desperfectos en sus edificaciones.
1568-04-04	Lima	IX	No ha quedado registro de daños materiales. Polo anota que el sismo se sintió en Ica y en otros puntos.
1581	Lima	X	Gran temblor que maltrató las casas de la ciudad.
1582-08-15	Lima	VII	Fuerte temblor, durante la celebración del Concilio Provincial.
1584-03-17	Lima	VII	Averió edificios. Por espacio de dos días quedó temblando la tierra contándose de 8 a 9 movimientos.
1586-07-09	Lima Ica-Trujillo	VI-IX	Causó 14 a 22 víctimas. Derrumbe y agrietamiento de edificios.
1609-10-19	Lima	VII	Violento temblor que derribó y arruinó muchas de sus edificaciones.
1630-11-27	Lima	VII	Causó varios muertos y contusos. El diario de Lima estimaba los daños causadas a los edificios en más de un millón de pesos.
1655-11-13	Lima – Callao	VII-IX	Derribó muchas casas y edificios en Lima, abriéndose grietas en la Plaza Mayor y cerca del convento de Guadalupe.
1678-06-17	Lima-Callao	VII	Averió muchas edificaciones en Lima. Reparaciones en el orden de 3 millones de soles. Estragos en el Callao, 9 muertos en Lima, Callao y Chancay.
1687-10-20	Lima– Ica- Cañete	VII- VIII- IX	Dejó 100 muertos, grandes estragos en el puerto del Callao y alrededores, extendiéndose las ruinas hasta 700km al sur de Lima.
1690-11-20	Lima		Acabó de arruinar los edificios y templos de la ciudad que habían quedado en pie luego del terremoto de 1687.
1699-07-14	Lima	VII	Fuerte temblor en Lima, derribó algunas casas.

1732-12-02	Lima		Recia sacudida en Lima, maltrató muchos edificios.
1746-10-28	Lima - Callao	X- XI	Terremoto en Lima y tsunami en el Callao, duró de 3 a 4 m, perecieron en Lima 1141 de un total de 60000.
1828-03-30	Lima		Causó grandes daños en los edificios y viviendas, pérdidas en 6 millones de pesos. Hubo 30 muertos y numerosos heridos.
1897-09-20	Lima		Causó destrucción en Lima y Callao. En el interior sufrieron las edificaciones de Huarochirí y hubo derrumbes de las partes altas.
1904-03-04	Lima		Hacia el sur la destrucción se extendió hasta Mala. En Matucana hubo desprendimientos del material meteorizado de la parte alta de los cerros y agrietamientos en las viviendas.
1909-04-12	Región central del Perú	VI	En Lima fue de grado V en la hacienda Andahuasi, Gaucho causó averías, en Matucana mayores daños.
1932-01-19	Lima	V-VII	Violento temblor que hizo caer cornisas, tapias y paredes viejas.
1933-08-05	Lima		Se observaron ligeros deterioros en las casa de la ciudad, rotura de vidrios en la ciudad de Ica.
1940-05-24	Lima	VII-VIII	Se extendió hasta el puerto de Guayaquil-Ecuador al N y el puerto de Arica en Chile al sur. Ocasionó la destrucción de muchas edificaciones en Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay y Turín. Dejó un saldo de 179 muertos y 3500 heridos.
1945-06-15	Lima		Causó cuarteadoras en las construcciones modernas del barrio obrero del Rímac.
1947-11-01	Zona central del Perú	IX	Por sus efectos destructores se estimó una intensidad que osciló entre VII a IX MM, en un área de 400000km ² .
1951-01-31	Lima	VI-VII	El observatorio de Lima registró aceleraciones máximas de 68cm/seg ² , con periodos de 0.1seg en las componentes horizontales. El movimiento fue sentido desde el paralelo 10 grados hasta el 14 latitud sur.
1952-08-03	Lima – Callao	V-VI	Fuerte sismo en casi todo el departamento de Lima, el área de percepción fue de unos 26000km ² .
1954-04-21	Lima	VI	El área de percepción estuvo confinada entre los paralelos 9 y 5 de latitud sur a lo largo de la costa y hasta Tarma y Huancayo hasta el interior.
1955-02-09	Lima		Temblor fuerte resultaron 10 personas accidentadas.
1957-02-18	Huarmey -Chincha	IV-V	En las cercanías del pueblo de Sayán, en el río Huahua, los deslizamientos de grandes bloques de piedras rompieron el muro de contención de un

			canal de irrigación.
1966-10-17	Lima	VII	Ocasionó 100 muertos y daños materiales ascendientes a mil millones de soles de oro. Destrucción severa entre Lima y Supe. Derrumbe en la Carretera Central y Lima-Canta.
1970-05-31	Costa de Lima	V-VI	Uno de los más catastróficos terremotos de la historia del Perú, se sintió en casi toda la costa del país hasta las cordilleras, con diferentes intensidades. Al sur el ESE fue de grado VI MM en Lima.
1972-06-19			Fuerte temblor que causó ligeros desperfectos en el centro de Lima. Alarma en Mala y Cañete. .
1974-10-03	Lima	VII-VIII	Ocasionó 78 muertos, unos 2500 heridos y pérdidas materiales estimadas en unos 2700 millones de soles. Los efectos del sismo se extendieron a Mala, Chincha, Cañete. Pisco y otras poblaciones con saldo de 13 muertos y numerosos heridos.
1993-04-18	Ica, Pisco, Chincha, Lima	VII	Afectó Lima, Chaclacayo, San Juan de Lurigancho y Puente Piedra. Muertos: 3, damnificados: 35, viviendas destruidas: 7.
2007-08-15	Pisco, Ica, Lima	V	Estructuras dañadas.

Cortesía: W. Pari, INGEMMET.

4.3.-ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Según la zonificación sísmica de la Norma Sismorresistente NTE-030-97 aprobada por el Gobierno del Perú en 1997 (**figura N° 4.1**), la ciudad de Matucana y la quebrada Chucumayo se encuentra en la Zona 3 considera como de Alta Sismicidad.

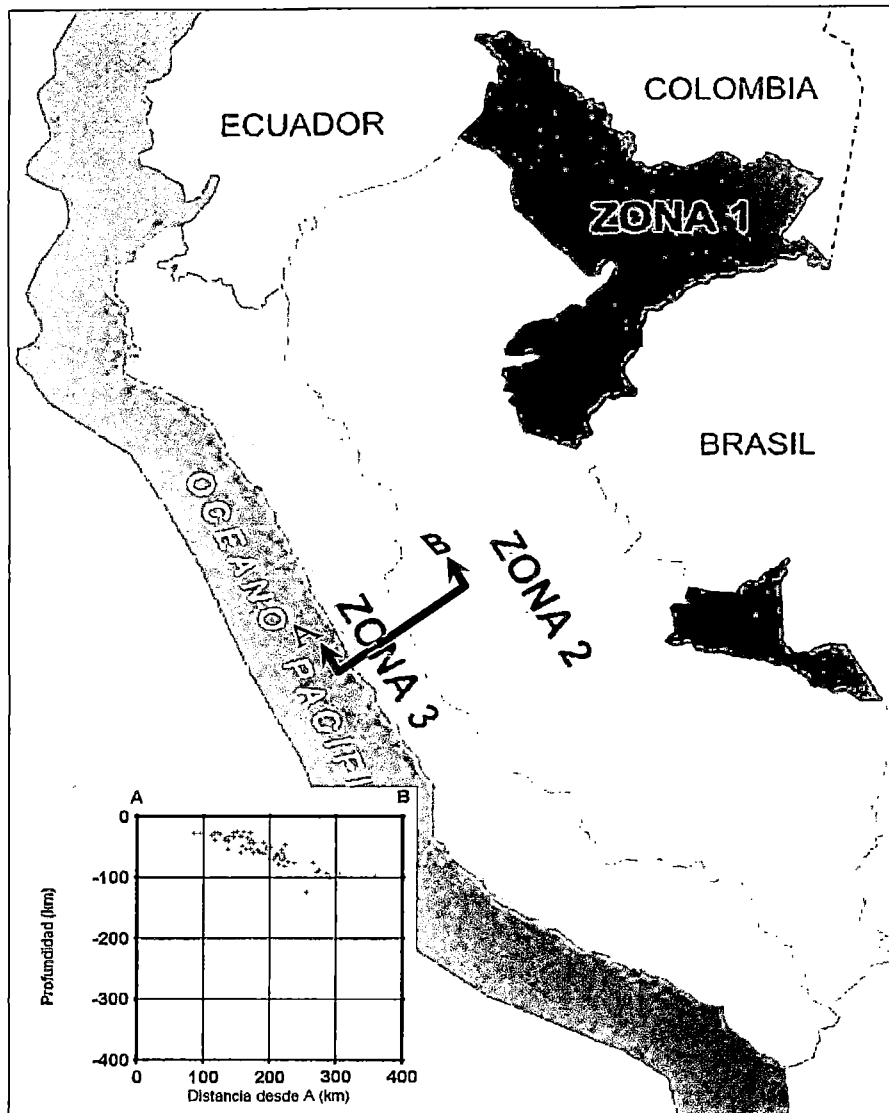


Figura 4.1: Zonas sísmicas del Perú.

Fuente: Norma Sismorresistente NTE. 030-MTC/SENCICO, 1997.

El mapa de distribución de máximas intensidades (**ver figura N° 4.2**) muestra que la zona de estudio se encuentra localizada en una escala de intensidades de VII. Este mapa ha sido elaborado utilizando treinta isosistas (curvas con igual intensidad a partir de observaciones de un evento particular) de sismos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y de sismos recientes (hasta 1984). El

mapa representa los niveles de daños producidos por los terremotos, sin distinguir si tales daños se debieron a la vibración localizada del suelo, a la licuación de suelos, a deslizamientos u otros fenómenos locales.

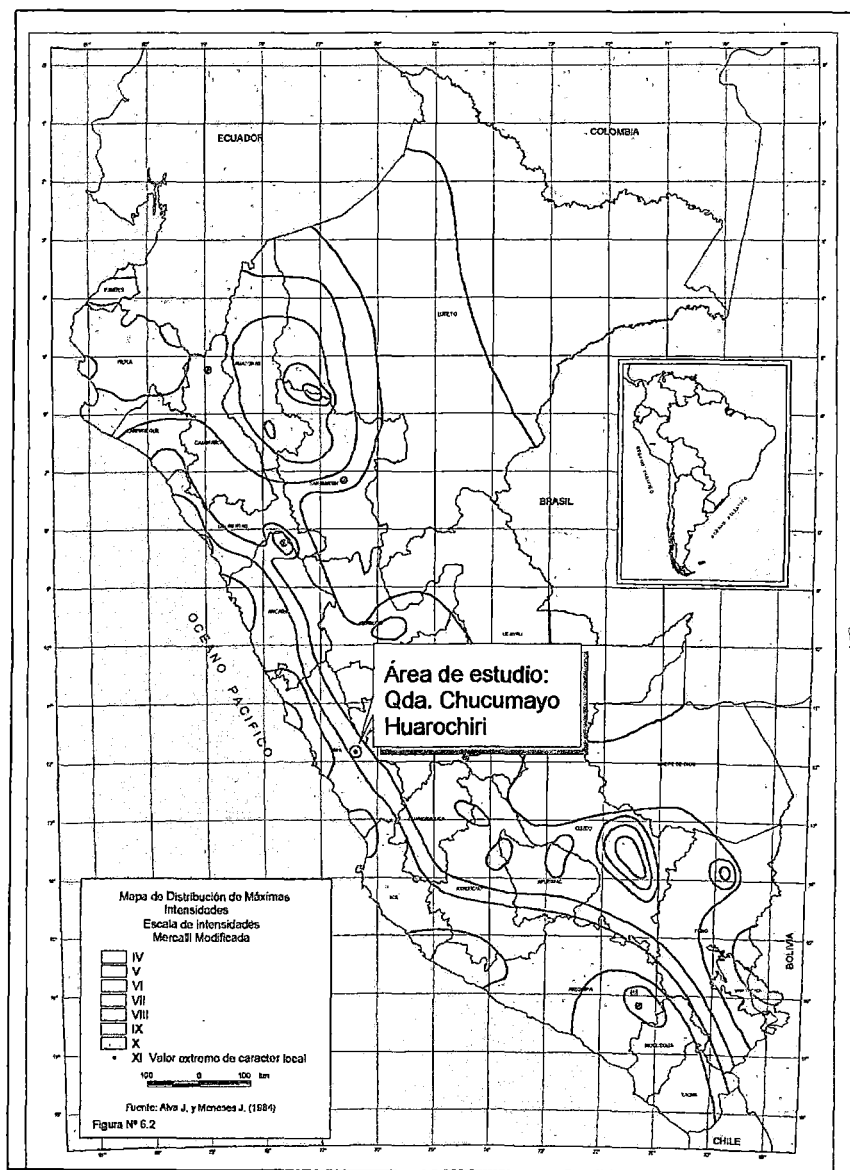


Figura Nº 4.2: Mapa de distribución de intensidades máximas.

CAPÍTULO V: MOVIMIENTOS EN MASA

5.1.- GENERALIDADES

Los movimientos en masa, son movimientos del terreno, suelo o roca, que se desplazan sobre las pendientes debido a factores denominados: determinantes (condicionantes) y detonantes.

Estos movimientos se originan al incrementarse las fuerzas desestabilizadoras o por reducir la resistencia de los materiales involucrados, o ambos. Los movimientos en masa pueden tener varios factores que favorezcan la inestabilidad, pero finalmente un sólo mecanismo provocará la falla. Por definición un detonante es un estímulo externo como una intensa lluvia, un movimiento sísmico u otro mecanismo que cause una respuesta inmediata en forma de un movimiento en masa, a través de un rápido incremento de los esfuerzos o por la reducción de la resistencia de los materiales del talud. De otro lado los factores condicionantes o procesos desestabilizadores pueden incluir componentes geológicos, morfológicos, físicos y humanos que pueden afectar la estabilidad del talud por días, semanas o años.

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 Nazca y

Sudamericana, caracterizada por su alta sismicidad y la ocurrencia eventual de sismos destructivos.

De la misma manera nuestro territorio está sujeto periódicamente a los efectos del denominado “Fenómeno El Niño” que como consecuencia del calentamiento de las aguas frente a nuestra costa, origina fuertes precipitaciones pluviales, detonante para la activación de deslizamientos, flujo de detritos, etc, que destruyen viviendas y generan pérdidas humanas.

5.2.-CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Los movimientos en masa se clasifican con base en el tipo de movimiento y al material involucrado, lo cual genera todo un sistema de eventos.

En el estudio se han clasificado los movimientos en masa adoptando la clasificación de Varnes (1978) y tomando en cuenta las modificaciones hechas por Cruden y Varnes, en 1996. Algunas integraciones han sido hechas usando las definiciones de Hutchinson (1988) y Hungr et al (2001).

TIPO DE MOVIMIENTOS EN MASA			ROCAS	TIPO DE MATERIALES	
				SUELO	
				DE GRANO GRUESO	DE GRANO FINO
Caídas			Caída de rocas	Caída de detritos	Caída de Tierras
Volcamiento			Volcamiento de rocas	Volcamiento de detritos	Volcamiento de suelo.
Deslizamientos	Rotacional		Deslizamiento Rotacional de rocas.	Deslizamiento Rotacional de detritos.	Deslizamiento Rotacional de suelos.
	Traslacional	Unas cuantas unidades Varias unidad	Deslizamiento Traslacional de roca. Deslizamiento de roca	Deslizamiento Traslacional de detritos. Deslizamiento de detritos	Deslizamiento Traslacional de suelo. Deslizamiento de suelo
Separación lateral			Separaciones Laterales en roca.	Separaciones Laterales en detritos.	Separaciones Laterales en suelo.
Flujos			Flujo de roca Avalancha de rocas	Flujo de detritos Avalancha de detritos	Flujos de suelos
Movimientos complejos			Combinación en tiempo y/o espacio de dos o más tipos principales de movimiento.		

Propuesto por Varnes, 1978.

Tabla N° 5.1.- Clasificación de los movimientos en masa

5.3.- FACTORES QUE CAUSAN MOVIMIENTOS EN MASA

Los factores que causan inestabilidad han sido clasificados en dos tipos: determinantes y desencadenantes, los que a continuación se describen.

5.3.1.-Factores determinantes (condicionantes)

Existe una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y son relativos a su propia naturaleza o con características de las laderas, estos factores son:

- **Geológicos**

Representan un factor de inestabilidad permanente, la litología (los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con la que la superficie se degrada), la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales, alteración de las rocas (alteración hidrotermal y /o meteorización) y estructuras (fallas o plegamientos).

- **Hidrológicos e hidrogeológicos**

Cambio en las presiones de poros o hidrostáticos y el comportamiento geomecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, etc).

- **Geomorfológicos**

Áreas con altas pendientes, geometría de los taludes, topografía irregular.

- **Uso de suelo y cobertura vegetal**

El tipo, densidad, la capacidad de interceptación, el área de protección de la cobertura vegetal constituye un factor de resistencia a los procesos morfodinámicos como la erosión y los movimientos en masa.

En áreas de alta pendiente y de coberturas vestales de ciclos biológicos muy lentos y frágiles toda intervención de éstas, hace que aumente la susceptibilidad.

5.3.2.-Factores desencadenantes (externos)

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, estos factores son:

- **Naturales**

Las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias (intensidad y duración), la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, actividad sísmica (vibraciones), erupción volcánica.

- **Antrópicos**

Remoción del soporte lateral o de base del talud (cortes de carreteras y canteras), sobrecargas como resultado del aumento de peso. Se produce a varios tipos de construcciones sobre el suelo: rellenos, terraplenes, acumulación de, materiales y de agua. Uso del cambio del suelo, manejo del agua, minería, vibraciones que pueden ser ocasionadas por el paso de vehículos, maquinaria pesada o explosiones. Deforestación (las áreas deforestadas favorecen la erosión y facilitan la ocurrencia de movimientos en masa), incremento de carga (peso de la lluvia /nieve, rellenos, vegetación).

5.4.-INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

El inventario de movimientos en masa es el mapa más importante para la evaluación de la susceptibilidad del terreno a estos eventos, de su precisión y exactitud depende la fiabilidad del análisis, ya que constituye la base del mismo, por lo tanto es necesario ser riguroso en el proceso de inventariado de zonas inestables. Para la realización del inventario de movimientos en masa se ha utilizado el formato de Inventario de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET (**ver anexo N° 1**).

Este formato incluye información acerca de: tipo de movimiento, estado de actividad, litología, dimensiones, presencia o ausencia de agua, factores de origen, información de daños ocasionados o probables, etc.

El inventario realizado ha seguido el siguiente procedimiento:

- Fotointerpretación de los movimientos en masa en base topográfica 1: 25 000 con fotografías aéreas e imagen Quick Bird (imagen de alta resolución a escala 1: 10 000) del área de estudio.
- Una vez realizada la cartografía preliminar, en las salidas de campo se efectúa la verificación del cartografiado, se añaden los movimientos que en la foto aérea no se han apreciado, se procede a llenar las fichas de inventario, etc
- Con el mapa de movimientos en masa, se procede a la digitalización de la información mediante el paquete ArcGis 9.1 de ESRI.

5.5.-DESCRIPCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Los principales eventos encontrados en la zona de estudio están representados por movimientos en masa activos y antiguos (algunos reactivados), entre los cuales destacan en orden de extensión: deslizamientos, caídas, flujo de detritos, procesos de erosión en cárcavas y movimientos complejos (combinación de uno o más movimientos en masa).

Los movimientos en masa afectan un área de 8.67 km² que representa el 24.7 % de toda el área de estudio (**figura N° 5.1 & 5.2**), mientras que en el restante 75.29 % no se ha encontrado evidencia de zonas afectadas por estos eventos.

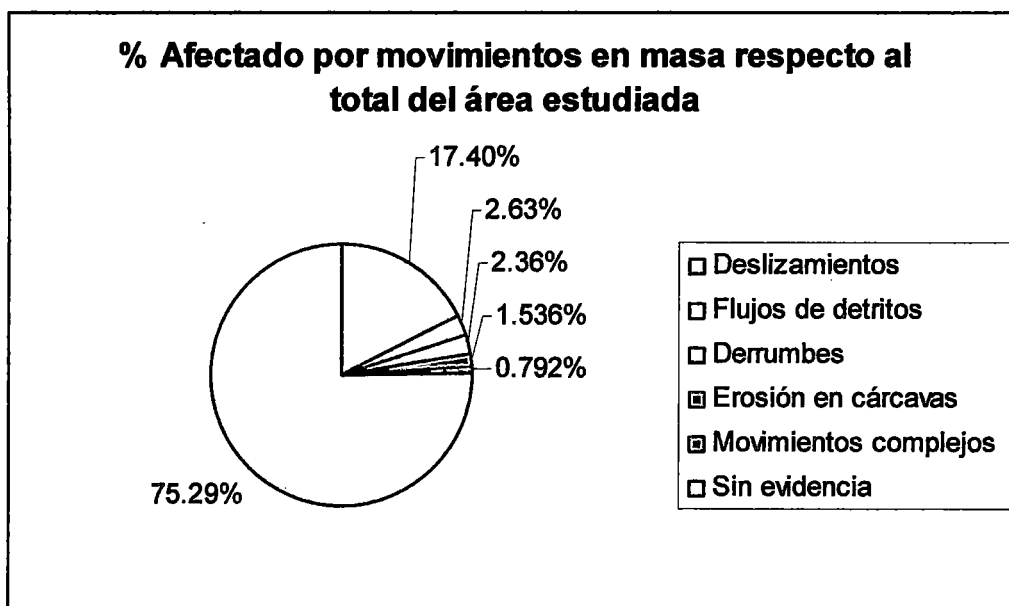


Figura N° 5.1: Porcentaje del área afectada respecto al área total

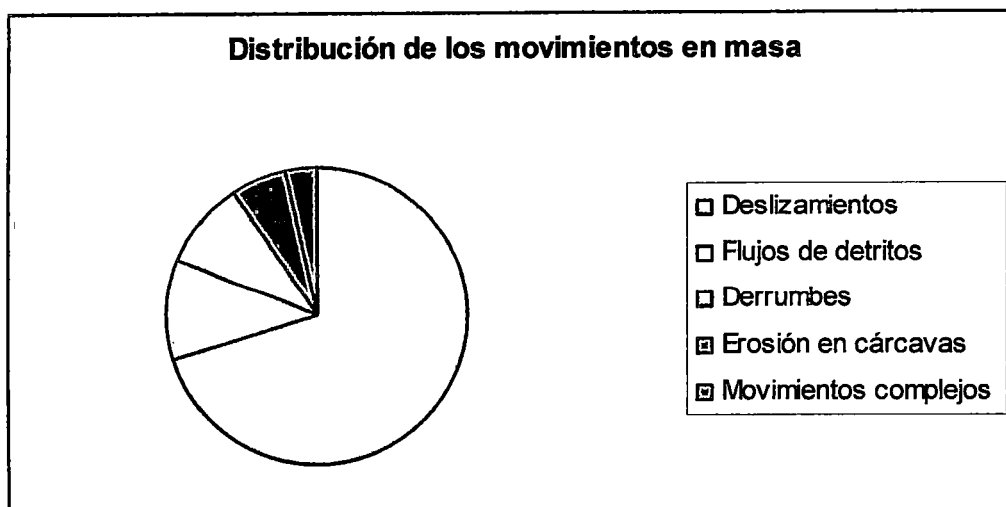


Figura N° 5.2: Distribución de Movimientos en Masa según su clasificación

En el sector de la cuenca media-baja se produce la mayor ocurrencia de movimientos en masa de toda la cuenca de la quebrada Chucumayo, esto debido básicamente a la litología de la zona representada por las rocas volcánico-sedimentarias (andesitas, limolitas y tobas) del Grupo Rímac y depósitos superficiales y mal uso del recurso hídrico. En lugares con menor pendiente, los habitantes acumulan agua en pequeñas lagunas artificiales sin ningún tipo de revestimiento, de la misma manera se observan canales de regadío y acequias sin protección.

En la cuenca alta se ha registrado el menor número de ocurrencias de movimientos en masa, la litología de esta zona se encuentra representada por las rocas volcánicas andesíticas del Volcánico Pacococha las cuales presentan características más compactas y estables, estas rocas se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos coluvio-deluviales.

A lo largo del cauce principal, y quebradas tributarias del sector de la cuenca media-baja se observa la presencia de abundantes depósitos coluviales sueltos e inestables, los cuales son susceptibles a los procesos de erosión en cárcavas.

5.5.1.-DESLIZAMIENTOS

Se han inventariado un total de 20 deslizamientos, de los cuales uno es del tipo traslacional, afectando al 17.4 % del área de estudio, su extensión varía entre 9711.77m² a 184.97 Ha.

Se han reconocido varios deslizamientos a lo largo del cauce principal en ambos flancos de la quebrada, y otros de menor dimensión en la quebrada tributaria Infiernillo. En los cuerpos de estos fenómenos se desarrollan otros tipos de peligros geológicos como: caídas, procesos de erosión en cárcavas y deslizamientos de menor dimensión.

Las principales causas que originaron estos fenómenos han sido:

- ✓ Litología: Substrato de rocas volcánico-sedimentarias, depósitos superficiales coluviales, unidades susceptibles a procesos de movimientos en masa.
- ✓ Fracturamiento de la roca.
- ✓ Sobresaturación del terreno por agua (mal sistema de riego).
- ✓ Pendiente del terreno, la mayoría de los deslizamientos se desarrollan en pendientes entre 20-35°.
- ✓ Acción de la gravedad.

- ✓ Altas precipitaciones pluviales.
- ✓ Reducción de la resistencia al esfuerzo cortante por movimientos sísmicos.

Las posibles causas de su reactivación son:

- ✓ Riego indiscriminado de los terrenos de cultivo.
- ✓ Erosión fluvial del río Chucumayo en épocas de avenida.

A continuación se describen algunos deslizamientos que se desarrollan en el área de la cuenca media-baja.

- **Deslizamiento de Matara (N° 013)**

En la ladera del cerro Caurac se observa un antiguo deslizamiento traslacional de grandes dimensiones 1.7 x 1.4 km. (foto N° 5.1). Su escarpa tiene una altura de 150 m. se ha cartografiado que la escarpa coincide con el contacto con la roca volcánica fracturada. Su cuerpo está representado por un gran depósito coluvial, el cual presenta una morfología irregular que podría representar deslizamientos sucesivos. Sobre este evento se han asentado diferentes comunidades como: Matara, Soca, Sacalla y Untun.

Se observa la presencia de abundante agua en esta zona debido al mal sistema de riego utilizado por los pobladores, canales de regadío ubicados de forma transversal al eje del cuerpo del deslizamiento, esto origina la sobresaturación del suelo por la presencia del agua y además deteriora los caminos existentes.

Dentro del cuerpo de este evento se han cartografiado seis deslizamientos de menor dimensión, dos caídas y cárcavas en estado avanzado.

En la actualidad el pie de este evento mayor está siendo reactivado debido principalmente al riego indiscriminado y a la erosión fluvial por el río Chucumayo durante las crecidas estacionales.



Foto N° 5.1: Vista del cuerpo del deslizamiento de Matara, se observa la presencia de cárcavas en estado avanzado. A: Escarpe secundario.

- **Deslizamiento de Huillpa (N° 017)**

Deslizamiento antiguo de 1.5 km x 0.9 km aproximadamente (**foto N° 5.2**), se ha cartografiado el escarpe del deslizamiento (0.4 km) en coincidencia con el contacto de rocas volcánicas andesíticas con material del Cuaternario. El cuerpo del deslizamiento está representado por un gran depósito coluvial sobre el cual se han asentado tres comunidades: Huillpa, Huillaque y Huitallana.

Dentro de este evento se han desarrollado otros fenómenos de movimientos en masa como: deslizamientos rotacionales, caídas de rocas localizadas al pie de este evento mayor y una cárcava mayor que pasa por medio de este evento dividiéndolo en dos partes.

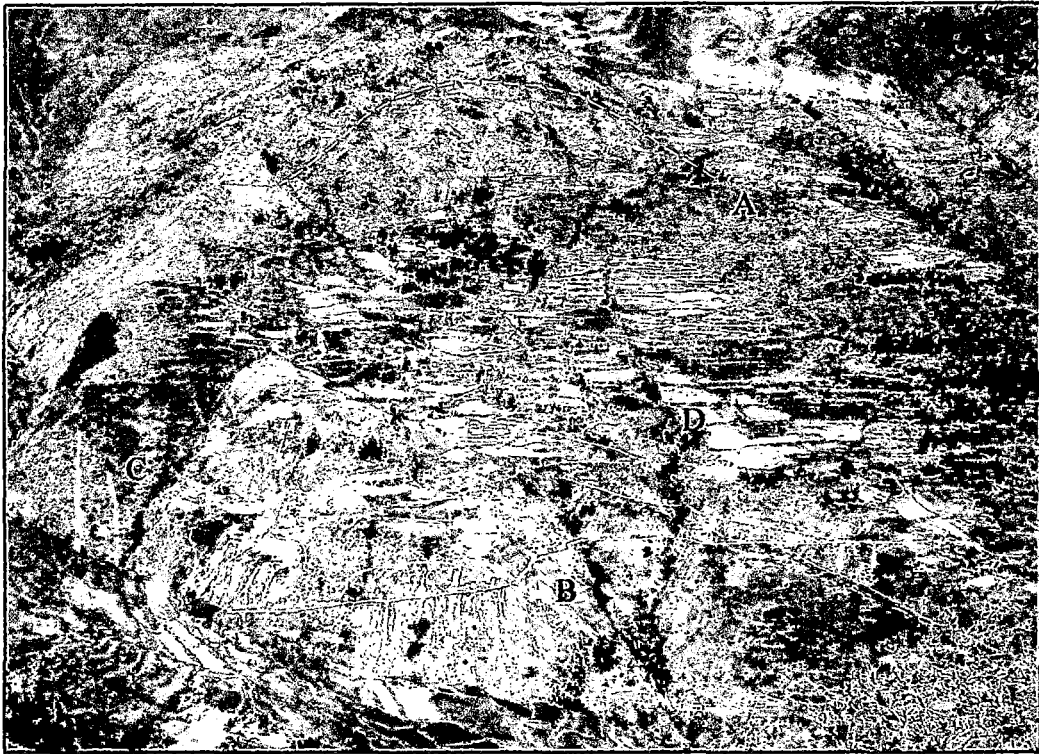


Foto N° 5.2: Deslizamiento de Huillpa, A: Escarpa principal del deslizamiento Huillpa, B: Escarpa de caída, C: Pequeñas caídas, D: Cárcava principal.

5.5.2.- CAÍDAS

Se han inventariado un total de 29 caídas. Son los fenómenos de segundo orden en extensión, afectan al 2.36% del área de estudio. Su superficie varía entre 1629.19m² y 22.7386 Ha.

Se desarrollan en ambas márgenes del cauce principal y quebradas tributarias: Infiernillo y Curipata (N° 006) proporcionando material suelto al cauce. En la zona de estudio las caídas se desarrollan generalmente en rocas volcánicas andesíticas y en material coluvial. Se producen bajo las siguientes situaciones:

- ✓ Pendiente del terreno, valores que oscilan entre los 20° a 50°,
- ✓ Litología,
- ✓ Rocas muy fracturadas o diaclasadas,

- ✓ Substrato de mala calidad muy meteorizado.
- ✓ Ausencia o escasez de vegetación,
- ✓ Modificación de la geometría del talud,
- ✓ Precipitación pluvial, infiltración de agua.
- ✓ Movimientos sísmicos.

- **Caída de “Rostro de Cristo” (N° 001)**

Evento activo de 120 m. de longitud y 200m.de altura (**foto N° 5.3**), se produce en roca volcánica andesítica medianamente fracturada y alterada, en una pendiente de 50°. Afecta al camino que conduce a la zona turística de la catarata de Antankallo.



Foto N° 5.3: Caída de rocas volcánicas andesíticas.

- **Caída de Huillpa y Huillaque**

Evento localizado en el margen izquierdo del cauce principal, cuyas dimensiones aproximadas son 350 m x 150 m, emplazado en tufos andesíticos fracturados de color blanquecino (**foto N° 5.4**).

Se desarrolla en un terreno con una pendiente que oscila entre 35° a 50°. Este proceso se generó debido al corte abrupto del talud al construir el camino que conduce hacia los anexos campesinos de Huillpa y Huillaque.

La inestabilidad de las rocas es mayor en épocas de lluvia y ante la ocurrencia de algún sismo.

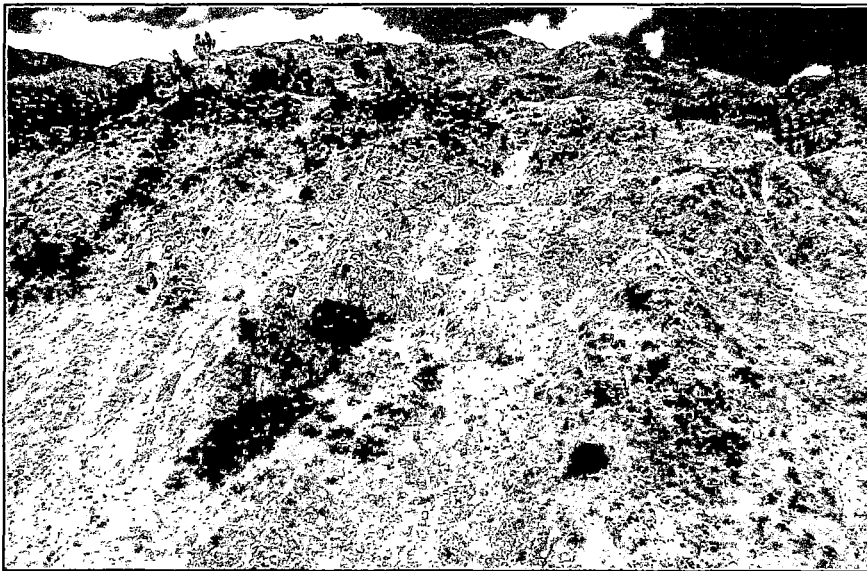


Foto N° 5.4: Vista frontal de la caída en tufos andesíticos.

- **Caída de “Los Olivos” (N° 016)**

Evento reactivado, se localiza en la asociación “Los Olivos” en la zona de acceso a la quebrada Chucumayo. Se produce en rocas andesíticas verduzcas

meteorizadas cubiertas por material coluvial de variado espesor, se desarrolla en un terreno con una pendiente fuerte de 35° a 50°.

La inestabilidad se activa durante la estación lluviosa y en particular ante la ocurrencia de sismos con desprendimiento y caídas de rocas. Este evento podría afectar a las viviendas construidas al pie del talud (foto N° 5.5).



Foto N° 5.5: Caída reactivada

- **Otros ejemplos de caídas en la zona**

En el área del estudio existen varios ejemplos de caídas de roca y suelo de menor importancia, como ejemplo se ha escogido tres de ellos (foto 5.6, 5.7 & 5.8), las que a continuación se describen:



Foto N° 5.6: Caída en material coluvial, que afecta terrenos de cultivo en su zona superior

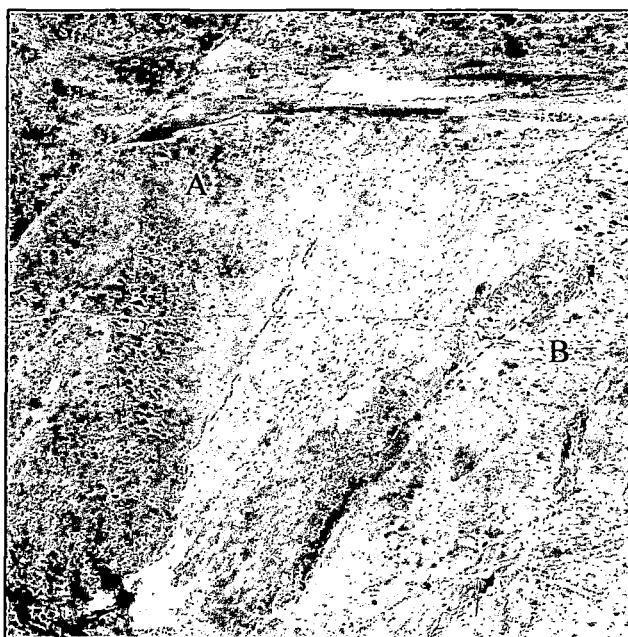


Foto N° 5.7: Caída en material coluvial, que afecta terrenos de cultivo en su zona superior ,A : escarpa de la caída, B: cárcavas

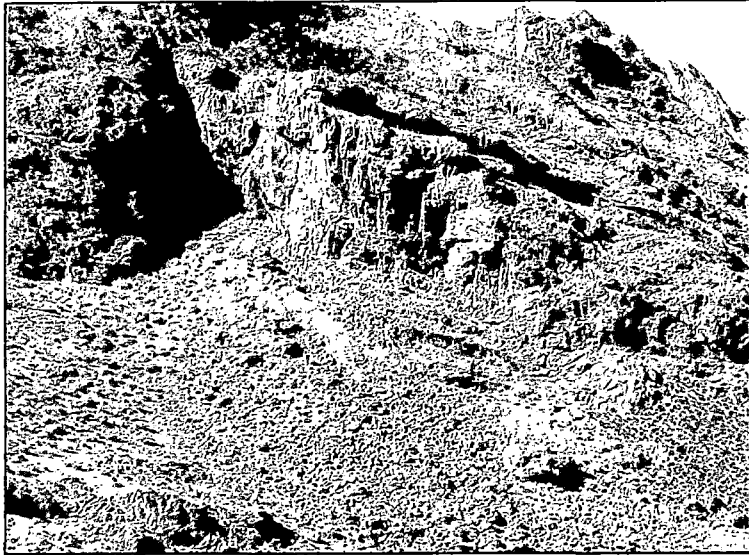


Foto N° 5.8: Caída de rocas en la zona alta de la cuenca

5.5.3.- FLUJO DE DETRITOS

En la zona de estudio se han reconocido cuatro flujos de detritos, tres de ellos localizados en el sector de la cuenca media-baja que representan un peligro potencial para la población de Matucana. Afectan el 2.627 % del área de estudio.

- **Flujo de Chucumayo**

En la quebrada Chucumayo se producen flujos de detritos (huaycos) con cierta frecuencia en épocas de lluvia, este evento es el más peligroso, siendo muy vulnerables a este tipo de fenómeno el centro poblado de “Los Olivos”, el C.E Julio C. Tello, Carretera Central y vía férrea localizados en el cono de deyección de la quebrada.

La quebrada a lo largo de su historia ha sufrido varios eventos, tal como lo evidencian los diferentes depósitos en su desembocadura que forman su

abanico. El material del flujo es muy heterogéneo, compuesto exactamente de lo que sugiere su nombre: detritos que incluyen limos, gravas y bloques.

Este fenómeno tiene dos modalidades, en cuanto a la frecuencia de su ocurrencia y se les denomina como “periódicos y ocasionales”. Los primeros se producen generalmente en los meses de Enero a Marzo (temporada de lluvias) y los segundos, muy eventualmente estando relacionados a precipitaciones excepcionales, como a los años 1981,1982 y 1983.

Las causas principales que originan este evento en el área son:

- ✓ Meteorización que favorezca el aporte de materiales detríticos a las quebradas.
- ✓ Material de remoción antiguo, susceptible.
- ✓ Pendiente acentuada de laderas y cauces de la quebrada principal y quebradas tributarias.
- ✓ Escasa vegetación que de protección de laderas y retarde el desplazamiento de las aguas superficiales.
- ✓ Quebradas o cursos de agua donde existen materiales no consolidados y sin cohesión.
- ✓ Fuertes precipitaciones pluviales.
- ✓ Movimientos sísmicos.

Las precipitaciones pluviales saturan los materiales inconsolidados de las laderas, produciéndose el proceso de movimiento en masa por gravedad y

acción hidráulica. Estos materiales descienden hasta ocupar el lecho de la quebrada moviéndose pendiente abajo, incrementando su velocidad e incorporando materiales sueltos del cauce y detritos que descienden de los flancos de las laderas, este flujo de detritos puede moverse tan rápidamente que puede arrancar bloques de gran tamaño desde el lecho de la quebrada y moverlos a lo largo de la trayectoria del flujo. Es la velocidad, la larga distancia de alcance, y su capacidad para transportar enormes cantidades de objetos pesados, bloques de rocas de grandes dimensiones, lo que implican su gran poder de destrucción. En la zona de descarga de la quebrada al río Rímac se producen los efectos más destructores al impactar estos bloques contra las estructuras allí localizadas y al producirse acumulación de materiales que podrían ocasionar el represamiento del río Rímac, afectando considerablemente a la carretera Central y a parte de la población de Matucana.

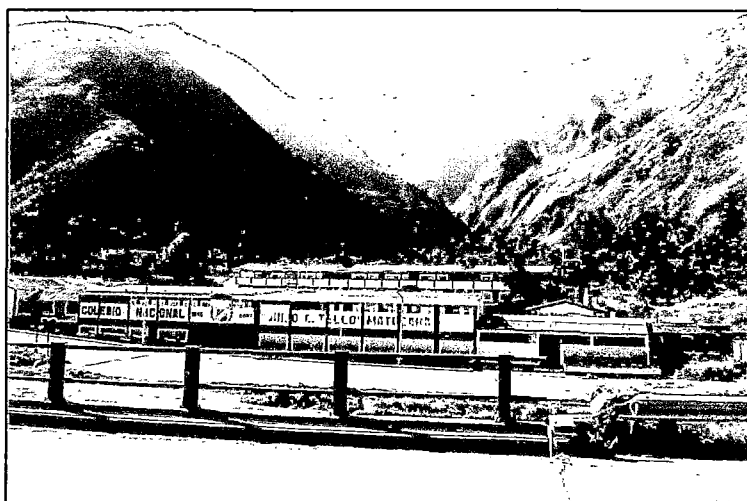


Foto N° 5.9: Cono de deyección de la quebrada Chucumayo

- **Flujo de Curipata (N° 008)**

Evento ubicado en la desembocadura de la quebrada del mismo nombre (**foto N° 5.10**), fenómeno de dimensiones reducidas. En la zona alta de la quebrada se aprecian diversos procesos de erosión en cárcavas y pequeñas caídas que proporcionan abundante material suelto al cauce, los cuales en épocas de lluvias producen flujos de detritos.

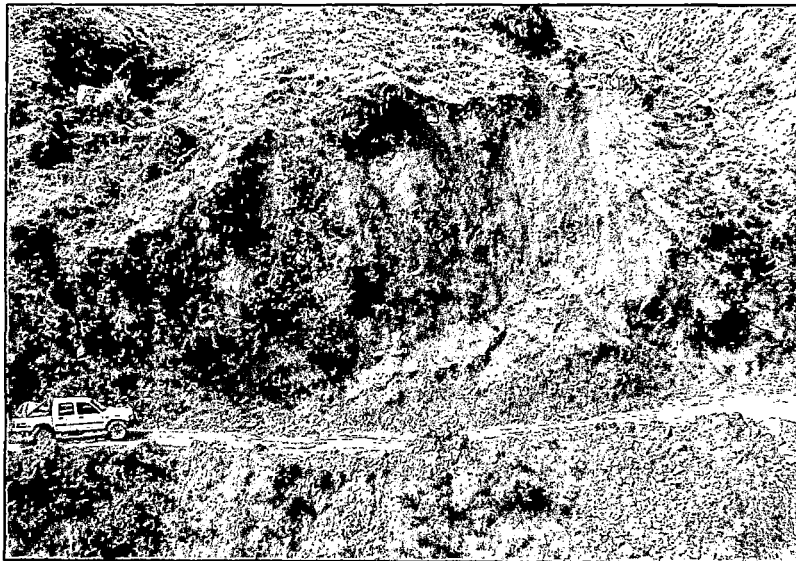


Foto N° 5.10: vista frontal del Flujo de Curipata

5.5.4.-MOVIMIENTOS COMPLEJOS

Se han inventariado un total de 2 movimientos complejos. Afectan al 0.8 % del área de estudio. Estos procesos se originan por la combinación de uno o más procesos de movimientos en masa.

- **Caída- flujo (N° 009)**

Se produce por las siguientes causas:

- ✓ Pendiente del terreno.
- ✓ Naturaleza del suelo incompetente.
- ✓ Presión de poros.
- ✓ Mal sistema de riego en la parte superior.



Foto N° 5.11: Movimiento complejo

5.5.5.- EROSIÓN EN CÁRCAVAS

Ocurren generalmente en forma de erosión laminar y en cárcavas, proceso frecuente en el sector medio-bajo de la cuenca. Afectan al 1.54% del área de estudio. Estados avanzados de erosión en cárcavas se advierten a lo largo del cauce principal de la quebrada y quebradas tributarias: Curipata y Chicchiquilla, estos eventos están asociados a formaciones geológicas consolidadas o poco consolidadas, meteorizadas y a suelos coluviales susceptibles a la erosión hídrica. Los peligros derivados del desarrollo de cárcavas en formaciones cuaternarias

representan un importante elemento desestabilizador. Además del peligro que entraría su crecimiento lateral y longitudinal, las cárcavas contribuyen a acelerar o activar deslizamientos y frentes de caídas. En el área de estudio se han contabilizado cuatro sistemas de cárcavas y tres cárcavas principales, siendo vulnerable a sus acciones viviendas y terrenos de cultivo. Estos eventos tienen como principales causas:

- ✓ Naturaleza del suelo coluvial fácilmente erosionable.
- ✓ Precipitaciones pluviales que alimentarían la escorrentía y disminuirían la protección vegetal.
- ✓ Uso indiscriminado del agua de riego.
- ✓ Pendiente de las laderas que varían de moderada a fuerte.
- ✓ Morfología.
- ✓ Ausencia o escasez de vegetación.

A continuación se describen los principales sistemas de cárcavas más desarrolladas en el sector de la cuenca media-baja de la quebrada Chucumayo.

- **Primer sistema de Cárcavas**

Se localiza al inicio del margen izquierdo de la quebrada Chucumayo (**foto N° 5.12**), excavados en laderas coluviales de pendientes que oscilan entre 20° a 50°, presentan una longitud de 1.5 km y una profundidad aproximada de 1.5 a 2 m. Se observa que en el pasado han generado flujos en su parte baja al unirse pequeños flujos, este proceso podría volver a repetirse en épocas de

fuerte precipitación pluvial afectando terrenos de cultivo. Compromete a viviendas y terrenos de cultivo.



Foto N° 5.12: Primer sistema de cárcavas, nótese en la parte baja la presencia de caída de suelo.

- **El segundo y tercer sistema de cárcavas**

Se localizan en la localidad de Matara dentro del cuerpo del deslizamiento mayor, afectando a material coluvial en ladera de pendiente de 35°-50°. Una de las características principales de este sistema es que presenta una densa red de drenaje, ambos sistemas presentan 1.4 Km. de largo aproximadamente y 10 m de ancho. En las quebradas Curipata y Chicchiquilla, se presentan estos procesos y derrumbes activos que traen material suelto sobre el lecho del canal, al haber mucho material suelto en éste en tiempos de lluvia se generan flujos.

CAPÍTULO VI: SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

6.1.-GENERALIDADES

La susceptibilidad a los movimientos en masa es la propensión de un terreno a la ocurrencia de caídas, flujos (huaycos), deslizamientos y movimientos complejos (Ayala-Carcedo, 2003). El análisis de la susceptibilidad permite la confección de mapas de susceptibilidad que expresan cartográficamente los resultados del análisis. Existen varias técnicas para evaluar la susceptibilidad de un territorio a los movimientos en masa y generar mapas que reflejen la distribución espacial, tanto de los movimientos existentes como las áreas con peligro potencial. En general, las propuestas actuales, se basan en conocer la distribución de las inestabilidades ya existentes, determinar los factores que condicionan esta distribución y a partir de la cartografía de estos factores proponer una zonificación del territorio.

El análisis espacial de la susceptibilidad tiene siempre un soporte cartográfico, de modo que la elaboración de los mapas y modelos necesarios así como la gestión de éstos desde un Sistema de Información Geográfica (SIG), son la parte metodológica fundamental previa al análisis propiamente dicha (Van Westen et al, 1997).

6.2.-MÉTODO ESTADÍSTICO BIVARIADO

El mapa de Susceptibilidad de los terrenos de la cuenca de la quebrada Chucumayo (**Mapa N° 08**), se elaboró utilizando el análisis estadístico bivariado, en el cual son sumados digitalmente la valoración y los pesos de los cuatro factores de análisis (mapas de susceptibilidad de los factores considerados). Este procedimiento se realizó mediante la utilización del SIG ArcGis 9.1.

La base del método es el cálculo de densidad de movimientos en masa para cada mapa-factor. La asignación de pesos se hace en base a la suposición de que la importancia de los principales factores (variables-parámetro) sobre la estabilidad de una zona pueda ser cuantificada por el cálculo de la densidad de movimientos en masa. En la Figura N° 6.1 se muestra el Diagrama de flujo simplificado del método estadístico bivariado.

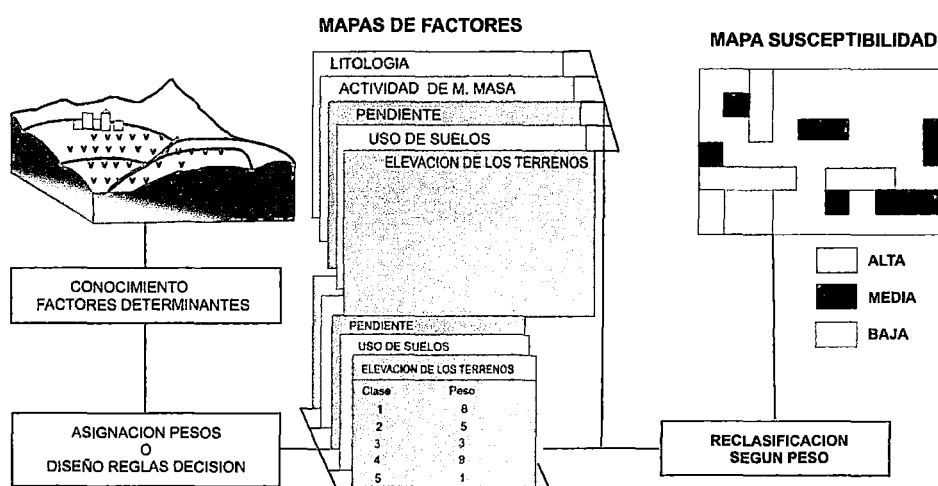


Figura N° 6.1: Representación esquemática del uso del SIG en el análisis estadístico bivariado.

Fuente: Ayala-Carcedo, 2003

Metodología para la obtención del mapa de Susceptibilidad a Movimientos en masa

- 1) Elaboración del mapa Inventario de movimientos (incluye información de estado de actividad, litología, etc) a escala 1: 10 000.
- 2) Elaboración de los mapas temáticos: Litológico, Estado de actividad de movimiento, Pendientes y Uso del suelo y cobertura vegetal a escala 1: 10 000.
- 3) Digitalización de los mapas resultantes por medio del programa ArcGis versión 9.1 de ESRI.
- 4) Valoración de cada mapa-factor de acuerdo a su importancia en la generación de movimientos en masa.
- 5) Subdivisión de cada mapa-factor en clases.
- 6) Realización del análisis cruzado entre el mapa de inventario de movimientos en masa y cada mapa factor, así a partir de esta correlación se calcula el área afectada por movimientos en masa para cada clase de los mapas factores.
- 7) Asignación de pesos para cada clase de cada factor, esta valoración se realiza en base a los resultados del proceso anterior.
- 8) Obtención del mapa de susceptibilidad mediante una aplicación del programa ArcGis versión 9.1.

Mapa de Inventario de Movimientos en Masa

Este mapa se obtiene luego de un cuidadoso análisis de las fotografías aéreas y correlaciones de campo, inventariándose toda clase de ellos.

Como se ha descrito anteriormente constituye la base del análisis, en el presente trabajo la cartografía de los movimientos en masa se ha realizado en base topográfica 1: 10 000.

Mapas de factores

Los procesos de movimientos en masa están relacionados a una gran variedad de factores: de sitio, del entorno geográfico y actividad antrópica. Por lo tanto, el análisis de la susceptibilidad del terreno por movimientos en masa requiere el conocimiento de estos factores.

Los datos de entrada pueden ser divididos en cuatro grupos básicos: Litología, Estado de actividad, Pendiente y Uso de suelos y cobertura vegetal, los cuales son representados cartográficamente como mapas de entrada. Cada grupo está subdividido en clases.

a) Litología

Constituye uno de los parámetros más importantes que intervienen en la estabilidad de laderas, pero también uno de los más complejos.

La caracterización geológica de una zona comprende:

Litología: Se refiere a la identificación del tipo de material en la zona de estudio, sus características físicas y químicas, la composición mineral y la textura. El conjunto de estas características definen el grado de susceptibilidad del material a los movimientos en masa.

Estructuras: Se refiere al sistema de discontinuidades presentes en la roca que se consideran como planos de debilidad, los cuales son heredados por el material meteorizado. Estas pueden ser:

Estratificación: Contactos de depositación de materiales que ocurrieron en la formación de las rocas sedimentarias.

Pliegues: Ocasionados por fuerzas de origen tectónico en rocas sedimentarias y metamórficas. Es un doblamiento o flexión de las rocas, existen dos tipos básicos: anticlinales y sinclinales.

Fallas y diaclasas: Estructuras tectónicas presentes en el material, en las cuales se ha presentado desplazamiento relativo de masas. Su influencia en la susceptibilidad está gobernada por su rumbo, buzamiento, espaciamiento, continuidad, grado de actividad, entre otros. También se pueden encontrar fracturas a lo largo de las cuales no ha ocurrido desplazamiento, conocidas como diaclasas.

Este mapa se elaboró teniendo en cuenta el mapa geológico elaborado por el INGEMMET (Salazar, 1983) haciendo una agrupación de las formaciones presentes de acuerdo a su litología.

b) Actividad de los movimientos en masa

Movimiento en masa activo: Zonas con movimientos en masa actuales y sectores de ladera con grieta.

Movimiento en masa inactivo: Compuestos por los movimientos en masa, en su mayoría antiguos, que no han experimentado movimientos en los últimos 100 años.

Sin movimiento: Zonas que no muestran señal alguna de movimientos pasados ni recientes, pero que se pueden desarrollar en el futuro. (Hervas et al, 2002).

c) Pendientes

Uno de los aspectos más importantes en el análisis de la susceptibilidad a los movimientos en masa es la pendiente del terreno, debido a que favorece a la ocurrencia de fenómenos gravitacionales.

El mapa de pendientes de la cuenca de la quebrada Chucumayo (Mapa N° 5) ha sido elaborado usando mapas topográficos con curvas de nivel de 10 m, de la que se generó un Modelo Digital de Elevación y a partir de éste el mapa de pendientes calculado con intervalos de pendientes. Se ha considerado la siguiente clasificación usada por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET:

Intervalos de pendiente	
Ángulo	Categoría
Menor a 5°	Muy baja
5°-19°	Baja
20°-34°	Media
35°-50°	Fuerte
>50°	Muy fuerte

Tabla N° 6.1: Clasificación del rango de pendientes.

d) Uso del suelo y cobertura vegetal

Este mapa indica las zonas donde hay algún grado de incompatibilidad entre la vocación de uso de suelo o uso potencial, en comparación con el uso actual que se le está dando. El uso del suelo se ha evaluado de acuerdo a las observaciones hechas en campo e interpretación de imagen satelital de alta resolución.

6.3.-FACTORES DETERMINANTES

La generación de movimientos en masa depende de la acción conjunta de varios diferentes factores. Estos factores se pueden agrupar en detonantes o activadores que controlan la actividad en el tiempo, y factores determinantes o condicionantes, que la controlan en el espacio (Hansen, 1984; Crozier, 1984,1986).

Los factores detonantes son aquellos que inician el movimiento debido a la modificación, frecuencia rápida, de las condiciones preexistentes de la estabilidad. Entre estos destacan la precipitación (intensa o acumulada), que implica el aumento del contenido del agua y la presión intersticial del suelo, y la actividad sísmica, que produce aumento del esfuerzo de cizalla.

Los factores determinantes son aquellos que condicionan la estabilidad sin que ésta se inicie (equilibrio límite). La combinación de los factores determina la relación entre fuerzas resistentes y activadoras de la inestabilidad. Los factores determinantes dependen bien de la naturaleza de los materiales (litología, textura, discontinuidades, etc) o de la morfología del terreno (pendientes, altitud, etc.).

El objetivo del presente estudio es la evaluación de la susceptibilidad en el espacio, no en el tiempo, por tanto se consideran sólo los factores determinantes. En este trabajo se emplean cuatro factores determinantes: Litología, Actividad del Movimiento, Pendiente, Uso del suelo y cobertura vegetal.

6.3.1.-LITOLOGÍA (Mapa N° 3):

Las unidades en la zona de estudio se encuentran representadas por:

- ✓ Depósitos coluviales: Son producto de la meteorización física del substrato rocoso, se encuentran sueltos e inestables en las laderas de los cerros, en estos depósitos se producen estados avanzados de erosión en cárcavas. Representa el 19.54 % del área de estudio. A esta clase se le ha asignado un peso de 3.
- ✓ Depósitos coluvio-deluviales: Producto de la descomposición de las rocas andesíticas. Representa el 8.99 % del área de estudio. A esta clase se le ha asignado un peso de 2.
- ✓ Depósitos proluviales: Producto de la meteorización de los afloramientos y/o depósitos antiguos trasladados por torrentes temporales y depositados en forma de cono de deyección como huaycos. Representa el 2.73 % del área de estudio. A esta clase se le ha asignado un peso de 4.
- ✓ Depósitos fluviales: Comprenden materiales de diferente composición y tamaño, localizados en el cauce del río Chucumayo. Representa el 0.014%

del área de estudio. Este depósito es afectado por flujos de detritos. A esta clase se le ha asignado un peso de 1.

- ✓ Depósitos de deslizamientos: Corresponden a depósitos de caídas y deslizamientos. Representa el 17.48 % del área de estudio. Por ser la litología que presenta la mayor densidad de movimientos en masa se le ha asignado un peso de 5.
- ✓ Andesitas: Rocas que ofrecen mayor resistencia, sin embargo presentan algunas familias de discontinuidades y un grado de alteración que podrían provocar fenómenos de remoción en masa, especialmente caídas. Representa el 6.55 % del área de estudio. En esta unidad litológica se ha inventariado un número menor de ocurrencias de movimientos en masa, por tal motivo se le ha asignado un peso de 1.
- ✓ Unidad Sedimentaria-Tobácea: Tobas violáceas, rocas andesíticas de coloración verduzca, las andesitas se encuentran medianamente fracturadas. Representa el 7% del área de estudio. A esta clase se le ha asignado un peso de 2.
- ✓ Unidad Volcánico-sedimentaria: Compuesto de andesitas de color gris, tobas de composición andesítica y riolítica de color blanquecino, y limolitas. Esta unidad se encuentra plegada, ligeramente estratificada y fracturada. En ella se desarrollan procesos de erosión en cárcavas.

Representa el 32.58% del área de estudio. A esta clase se le ha designado un peso de 3.

- ✓ Traquiandesita: Representa el 5.12 % del área de estudio, casi no presenta presencia de movimientos en masa. A esta clase se le ha asignado un peso de 1.

En la tabla N° 6.4 se presenta la relación litología / densidad de movimientos en masa por unidad de área.

La figura N° 6.2 muestra la distribución de los movimientos en masa por litología en relación con el área afectada por movimientos en masa (24.71 %), las unidades que presentan mayor ocurrencia de movimientos en masa son: depósitos de movimientos en masa, proluviales, unidad Volcánico-Sedimentario y depósitos coluviales.

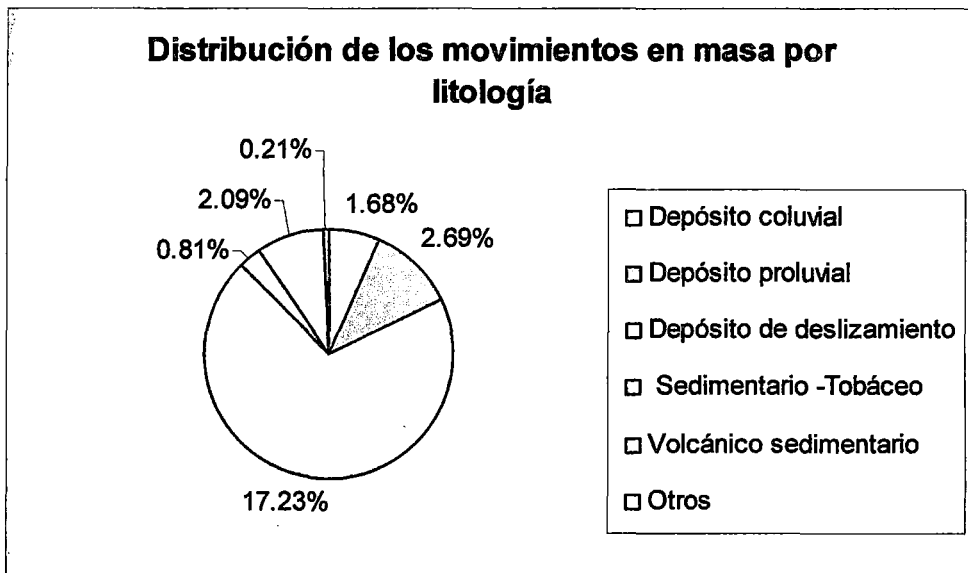


Figura N° 6.2: Distribución de los movimientos en masa por litología

6.3.2.-ACTIVIDAD DE MOVIMIENTO

En la figura N° 6.3 se muestra la distribución de los movimientos en masa activos e inactivos con respecto al área total, los movimientos en masa activos representan el 5% del área de estudio, mientras que los movimientos inactivos el 20 %, el 75 % no presenta evidencia de estos eventos geodinámicos (ver mapa N° 4).

La mayor parte de los movimientos activos se emplazan a lo largo del cauce principal y quebradas tributarias en el sector de la cuenca media-baja de la zona de estudio.

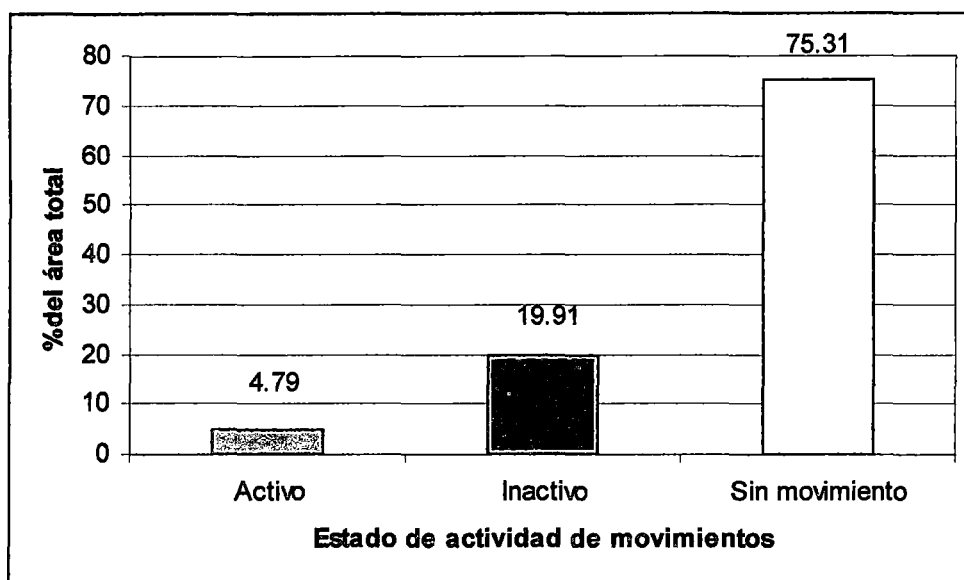


Figura N° 6.3: Distribución del grado de actividad de los movimientos en masa.

La tabla N° 6.5 presenta la relación actividad de movimientos / superficie de la zona de estudio.

6.3.3.-PENDIENTES

Las clases obtenidas para el presente trabajo son: 0-5° (pendiente muy baja), 5-20° (pendiente baja), 20-35° (pendiente moderada), 35-50° (pendiente fuerte), mayor a 50° (pendiente muy fuerte). Con estas clases se elaboró el mapa de pendientes en la zona (ver mapa N° 5).

La tabla N° 6.2 muestra la distribución areal expresada en porcentaje, porcentaje acumulado y kilómetros cuadrados en cada intervalo de pendiente considerado.

La principal característica de la zona es que más del 60% del terreno presenta una pendiente superior a 20°. Casi el 50% de la zona se encuentra ocupado por pendientes moderadas, y el 35% por pendientes fuertes.

Las zonas de pendiente muy baja a baja corresponden al lecho principal de la quebrada, abanico proluvial, depósitos de deslizamientos donde se han asentado comunidades campesinas y la zona de lagunas ubicada en la cuenca alta de quebrada.

Las zonas de pendientes moderada, fuerte y muy fuerte corresponden a ambos flancos de la quebrada Chucumayo.

Ángulo (°)	Área		
	%	% Acumulado	Km ²
< 5°	0.99	0.99	0.347
5°-20°	13.51	14.5	4.741
20°-35°	47.34	61.84	16.617
35°-50°	35.15	96.99	12.339
>50°	3.01	100	1.057

Tabla N° 6.2: Distribución de las clases de pendientes.

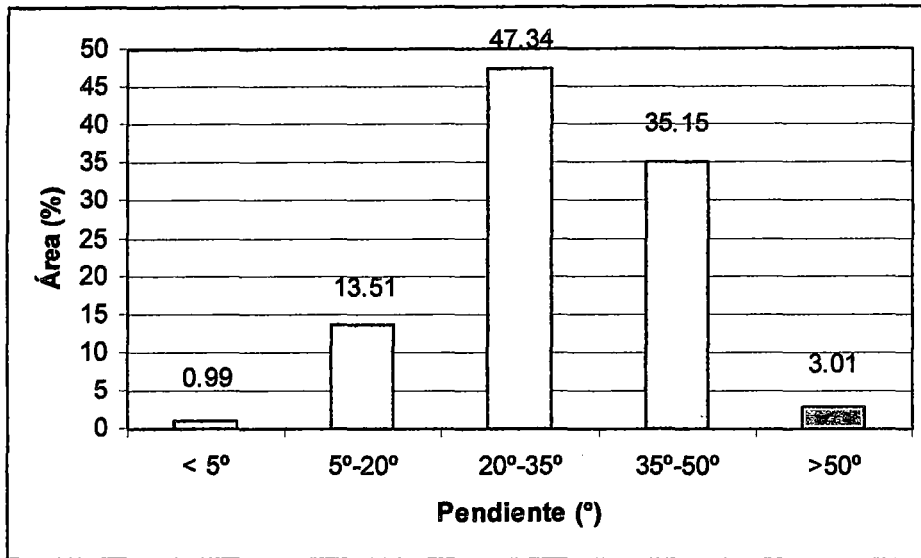


Figura N° 6.4: Distribución de las clases de pendientes en el área de estudio.

La figura N° 6.5 muestra la distribución de los movimientos en masa por pendientes, se puede apreciar que la mayor ocurrencia de los procesos se produce en pendientes moderadas y en pendientes fuertes, basados en estos resultados se asignan los pesos para cada clase.

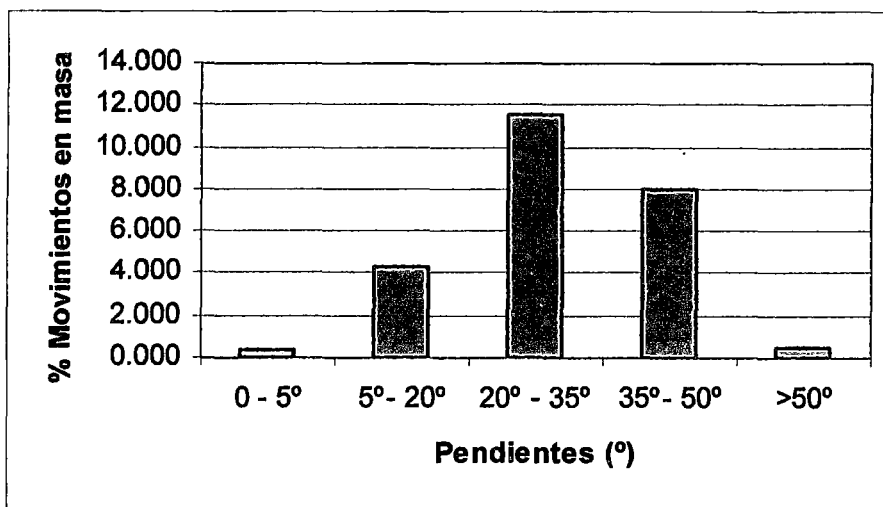


Figura N° 6.5: Muestra la distribución de los movimientos en masa por pendientes.

La tabla N° 6.6 presenta la relación de las pendientes del terreno / densidad de movimientos en masa por unidad de área.

6.3.4.-USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL

La valoración de la ocupación del suelo se ha realizado de acuerdo a la disposición de cada unidad frente a la ocurrencia de movimientos en masa.

La unidad que presenta la mayor ocurrencia de los eventos geodinámicos es la unidad de cultivos permanentes y semi-permanentes, debido al mal sistema de riego empleado por los pobladores. La figura N° 6.6 muestra la distribución de los movimientos en masa por uso de suelos y cobertura vegetal. La tabla N° 6.7 presenta la relación uso de suelos y cobertura vegetal / densidad de movimientos en masa por unidad de área.

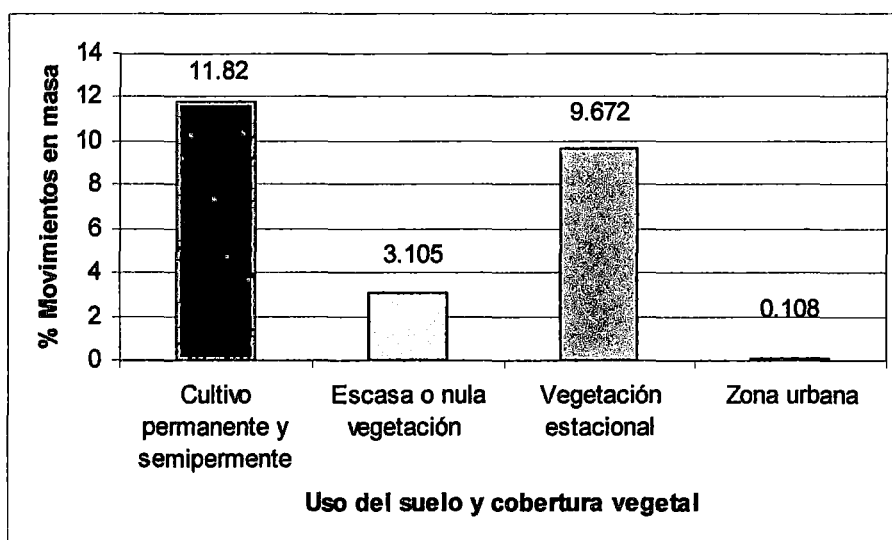


Figura N° 6.6: Distribución de los movimientos en masa por uso de suelos y cobertura vegetal

6.4.- ASIGNACIÓN DEL PESO DE LOS FACTORES DETERMINANTES & VALORACIÓN DE SUS UNIDADES

Luego de analizar los parámetros más importantes en la generación de los movimientos en masa, a cada mapa-factor se le asigna un peso (importancia) de acuerdo a su influencia en la generación de estos eventos.

Esta valoración se basa en lo observado en el campo, en el presente trabajo se considera que el factor litología es el más importante en la ocurrencia de movimientos en masa, por lo que se le ha asignado un peso de 2.

La tabla N° 6.3 muestra la asignación de los pesos para cada mapa-factor.

Factores de análisis	Peso	% Peso
Mapa Litológico	2	0.4
M. Actividad de Movimiento	1.5	0.3
M. Pendientes	1	0.2
M. Uso suelos y cobertura vegetal	0.5	0.1
TOTAL	5	1

Tabla N° 6.3: Asignación de los pesos para cada mapa-factor

VALORACIÓN DE SUS UNIDADES

A cada clase de cada mapa factor se les asigna un peso, esta valoración va desde 1 a 5, las unidades más susceptibles a movimientos en masa poseen un mayor valor.

Las tablas N° 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7 muestran la relación mapa factor/densidad de movimientos, la valoración de cada unidad se basa en esta relación.

Tabla N° 6.4: Mapa Litológico

CUENCA	LEYENDA	UNIDAD	Superficie Unidad km ²	Porcentaje %	Superficie deslizamientos km ²	%	Superficie caídas km ²	%	Superficie de flujos km ²	%	Superficie cárcavas km ²	%	Superficie Mov complejos km ²	%	Total de movimientos en masa Km ²	% respecto al total	Valoración
Chucumayo	Q-col	Depósito coluvial	6,857	19,54	0,352	1	0,061	0,17	0,005	0,01	0,173	0,493	0	0	0,591	1,680	3
	Q-cd	Depósito coluvio-deluvial	3,157	8,99	0	0	0,025	0,07	0	0	0	0	0	0	0,025	0,070	2
	Q-prol	Depósito proluvial	0,958	2,729	0,002	0	0,01	0,006	0,901	2,57	0,03	0,085	0	0	0,943	2,690	4
	Q-fl	Depósito fluvial	0,005	0,014	0	0	0	0	0,005	0,01	0	0	0	0	0,005	0,014	1
	Q-d	Depósito de deslizamientos	6,135	17,48	4,903	13,97	0,715	2,04	0,004	0,01	0,146	0,416	0,28	0,79	6,046	17,230	5
	And	Andesita	2,299	6,55	0	0	0,04	0,11	0	0	0,002	0,006	0	0	0,042	0,120	1
	Sed-tob.	Sedimentario-tobácea	2,457	7	0,247	0,704	0,005	0,014	0,007	0,02	0,026	0,074	0	0	0,285	0,810	2
	Volc-sed	Volcánico sedimentario	11,436	32,58	0,495	1,41	0,08	0,227	0	0	0,159	0,453	0	0	0,734	2,090	3
	Tqa	Traquandesita	1,798	5,12	0	0	0	0	0	0	0,003	0,009	0	0	0,003	0,009	1
Total			35,102														

Tabla N° 6.5: Mapa Actividad de movimientos

CUENCA	UNIDAD	Superficie unidad km ²	Porcentaje	Superficie deslizamientos km ²	%	Superficie caídas km ²	%	Superficie de flujos km ²	%	Superficie cárcavas km ²	%	Superficie Mov. complejos km ²	%	Total de movimientos en masa km ²	% respecto al total	Valoración
Chucumayo	Activo	1,682	4,792	0,066	0,19	0,534	1,52	0,534	1,52	0,539	1,536	0,009	0	1,682	4,79	5
	Inactivo	6,988	19,91	5,928	16,9	0,402	1,15	0,388	1,11	0	0	0,27	0,8	6,988	19,91	2
	Sin movimiento	26,432	75,3												75,31	1
	Total	35,102														

Tabla N° 6.6: Mapa de Pendientes

CUENCA	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Superficie unidad km ²	Porcentaje	Superficie de deslizamientos km ²	%	Superficie caídas km ²	%	Superficie de flujos km ²	%	Superficie cárcavas km ²	%	Superficie movimientos complejos km ²	%	Total de movimientos en masa km ²	% respecto al total	Valoración
Chucumayo	0 - 5°	Muy baja pendiente	0,348	0,991	0,005	0,01	0,004	0,01	0,117	0,33	0	0	0	0	0,126	0,359	1
	5°- 20°	Baja pendiente	4,741	13,51	0,967	2,75	0,115	0,33	0,379	1,08	0,042	0,119	0,004	0	1,507	4,293	3
	20° 35°	Pendiente moderada	16,617	47,34	3,01	8,58	0,421	1,2	0,235	0,67	0,317	0,903	0,083	0,2	4,066	11,584	5
	35°-50°	Pendiente fuerte	12,339	35,15	1,904	5,43	0,362	1,03	0,184	0,52	0,175	0,499	0,179	0,5	2,804	7,989	4
	>50°	Pendiente muy fuerte	1,057	3,011	0,107	0,31	0,036	0,1	0,008	0,02	0,005	0,014	0,012	0	0,168	0,479	2

Tabla N° 6.7: Mapa de Uso de suelos y cobertura vegetal

CUENCA	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Superficie unidad km ²	Porcentaje	Superficie de deslizamientos km ²	%	Superficie caídas km ²	%	Superficie de flujos km ²	%	Superficie cárcavas km ²	%	Superficie movimientos complejos km ²	%	Total de movimientos en masa km ²	% respecto al total	Valoración
Chucumayo	CPS	Cultivo permanente y semipermanente	5,544	15,79	3,318	9,45	0,204	0,58	0,458	1,31	0,126	0,359	0,042	0,1	4,148	11,82	5
	ENV	Escasa o nula vegetación	20,944	59,67	0,272	0,78	0,24	0,68	0,14	0,4	0,201	0,573	0,237	0,7	1,09	3,105	2
	VE	Vegetación estacional	8,548	24,35	2,404	6,85	0,493	1,41	0,286	0,82	0,212	0,604	0	0	3,395	9,672	4
	ZU	Zona urbana	0,039	0,111	0	0	0	0	0,038	0,11	0	0	0	0	0,038	0,108	1
	Lg	Laguna	0,027	0,07													
		Total	35,102														

6.5.-RESULTADOS OBTENIDOS

Para analizar y definir la zonificación de la susceptibilidad del terreno a movimientos en masa en cuenca de la quebrada Chucumayo, se han seleccionado los factores determinantes, anteriormente descritos.

El mapa de Susceptibilidad del terreno a movimientos en masa es el resultado de la integración de las variables anteriormente analizadas (mapas factores), mediante el uso del software ArcGis 9.1 y en base a la siguiente fórmula:

$$SMM = \frac{\sum SL * PVL + \sum SA * PVA + \sum SP * PVP + \sum SU * PVU}{\sum Np}$$

Donde:

SMM= Susceptibilidad a los movimientos en masa,

$\sum SL$ = Sumatoria de susceptibilidades de la variable Litología,

$\sum SA$ = Sumatoria de susceptibilidades de la variable Actividad de movimiento.

$\sum SP$ = Sumatoria de susceptibilidades de la variable Pendiente.

$\sum SU$ = Sumatoria de susceptibilidades de la variable Uso de suelo y cobertura vegetal.

PVL = Peso de la variable Litología,

PVP = Peso de la variable Pendiente,

PVA = Peso de la variable Actividad de movimiento,

PVU = Peso de la variable Uso de suelo y cobertura vegetal, y

ΣNp = número de parámetros.

Como resultado de este análisis, se obtiene el Mapa de Susceptibilidad (ver mapa N° 8), donde se puede visualizar los grados de susceptibilidad obtenidos.

6.5.1.-Categorías de Susceptibilidad en el Área de Estudio

Los diferentes niveles de susceptibilidad definidos en la presente tesis, se caracterizan por lo siguiente (El Hamdouni, 2001):

Susceptibilidad muy baja:

Los terrenos no muestran ninguna propensión natural a generar movimientos en masa en las condiciones en que se encuentran actualmente. No se identifica en ellos ninguna superficie de ruptura de orden métrico o superior.

Susceptibilidad baja:

Los terrenos no muestran ninguna propensión natural a generar movimientos en masa de magnitud significativa, en las condiciones en que se encuentran actualmente. Se identifica en ellos alguna superficie de ruptura de orden métrico o superior.

Susceptibilidad moderada:

Los terrenos muestran cierta propensión natural a generar movimientos en masa de magnitud significativa aún en las condiciones en que se encuentran actualmente.

Susceptibilidad alta:

Los terrenos muestran gran propensión natural a generar movimientos en masa de magnitud significativa en las condiciones en que se encuentran actualmente.

Susceptibilidad muy alta:

Los terrenos muestran gran propensión natural a generar movimientos en masa de magnitud significativa en las condiciones en que se encuentran actualmente e incluyen masas movilizadas abundantes y laderas residuales en condiciones muy inestables.

6.5.2.-Susceptibilidad a movimientos en masa en la quebrada Chucumayo

En la figura N° 6.7 se puede observar la distribución de los grados de susceptibilidad a los movimientos en masa.

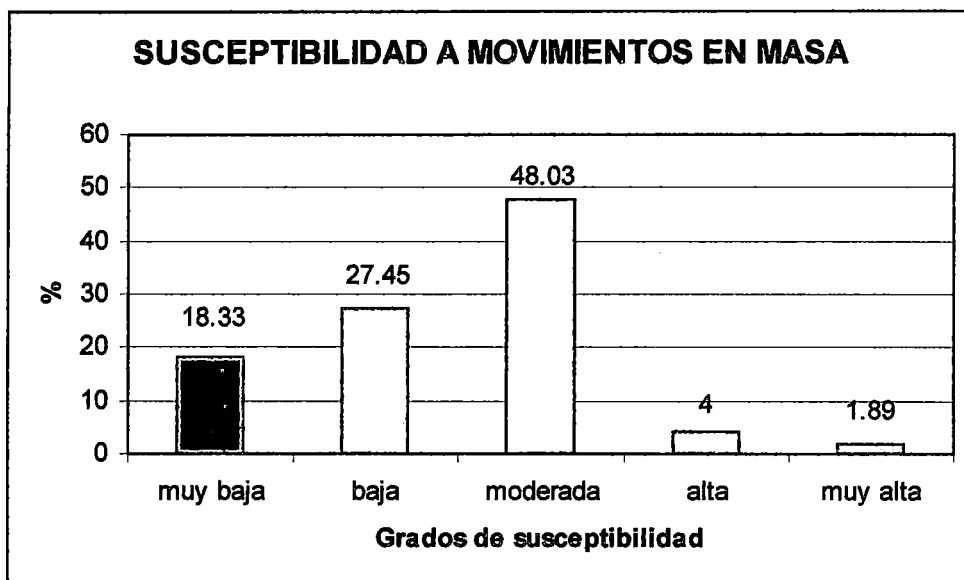


Figura N° 6.7: Histograma de frecuencia relativa de cada grado de susceptibilidad a los movimientos en masa

Los resultados obtenidos para hallar la susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa mediante el método bivariado son los siguientes:

Muy Baja Susceptibilidad: 18.33 % de la cuenca.

Localizada en la zona alta y oeste de la cuenca, la zona alta está ocupada en su totalidad por rocas andesíticas cubiertas por depósitos coluvio-deluviales, evidenciándose que estos materiales no son propensos a la generación de movimientos en masa, esta litología presenta características más compactas, es una zona con pendientes bajas (5° - 20°) y moderadas (20° - 35°).

La zona oeste corresponde a rocas traquiandesíticas, en las cuales se ha inventariado la menor ocurrencia de movimientos en masa.

Baja Susceptibilidad: 27.45 % del área de la cuenca.

Terrenos con algunas zonas relativamente inestables, localizados en algunos sectores de la cuenca media-baja, zona oeste y zona alta. Sectores en las inmediaciones de las comunidades campesinas de Huillpa y Matara.

Moderada Susceptibilidad: 48.03% del área de la cuenca

Son zonas con cierta tendencia a la ocurrencia de movimientos en masa, se ubican principalmente en la cuenca media-baja de la zona de estudio, en depósitos de movimientos en masa, depósitos coluviales y rocas volcánico-sedimentarias. Zonas con pendientes entre media (20° a 35°) a fuerte (35° a 50°).

Alta Susceptibilidad: Con el 4% del área de la cuenca

Laderas con pendientes que varían entre media (20° a 35°) a fuerte (35° a 50°).

Fueron localizadas principalmente en depósitos de movimientos en masa activos.

Son áreas poco estables y muy susceptibles a los movimientos en masa como deslizamientos, caídas, flujos de detritos; así como a procesos de erosión en cárcavas.

Muy alta Susceptibilidad Con el 1.89 % del área de la cuenca

Son áreas con muy alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa. En estas zonas, es muy probable que ocurran movimientos en masa.

Son áreas donde han ocurrido movimientos en masa, incluye la mayoría de los movimientos en masa activos, corresponden al área del abanico proluvial de la quebrada Chucumayo, depósitos de deslizamientos activos y zonas de cárcavas.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.-CONCLUSIONES

- La cuenca de la quebrada Chucumayo presenta el 24.71 % del total de su área afectada por movimientos en masa. Los movimientos en masa predominantes son los deslizamientos y los flujos de detritos, y en menor proporción caídas y movimientos complejos. Las litologías más afectadas son los depósitos de deslizamientos, depósitos coluviales y rocas volcánicas-sedimentarias.
- La distribución de los movimientos en masa en la zona de estudio está controlada por la litología. Así los sectores que presentan mayor ocurrencia de estos eventos son la cuenca media y baja de la quebrada debido básicamente a la naturaleza de las rocas que afloran en esos sectores: depósitos de deslizamientos y rocas volcánico-sedimentarias, las cuales encuentran cubiertas por depósitos superficiales de variado espesor, más susceptibles a la formación de estos fenómenos. El sector de la cuenca alta no presenta mayor número de ocurrencias de peligros geológicos, debido a la naturaleza del tipo de rocas que afloran en el lugar compuesta de rocas volcánicas andesíticas más resistentes a la meteorización y a los fenómenos de remoción en masa.

- La interacción entre los depósitos superficiales (no consolidados en las laderas de los cerros) y la actividad agrícola inciden en la generación de los movimientos en masa, debido al mal sistema de riego empleado por los pobladores en el sector de la cuenca media-baja especialmente en los anexos de Matara y Huillpa.
- Los movimientos en masa se localizan principalmente en ambas márgenes de la quebrada Chucumayo, donde las condiciones litológicas, precipitaciones pluviales, presencia de agua y pendientes (moderada a abruptas) les son favorables para la ocurrencia de estos eventos.
- La Susceptibilidad a los movimientos en masa en la cuenca de la quebrada Chucumayo, calculada mediante el método bivariado, es mayoritariamente moderada comprende la zona de la cuenca media-baja donde se han asentado comunidades campesinas como Huillpa y Matara. La zona señalada como de muy Alta Susceptibilidad corresponde al área del abanico proluvial, depósitos de deslizamientos activos y zonas de cárcavas.

7.2.- RECOMENDACIONES

Una vez concluida la presente tesis, se considera importante realizar la ejecución de algunas obras de ingeniería y medidas alternativas para la reducción de los efectos de los movimientos en masa en las zonas

consideradas como de Moderada, Alta y muy Alta Susceptibilidad (ver Mapa N° 9) , el estudio de diseño de estas obras podrían ser materia de investigación de otro trabajo, de esta manera se recomienda:

- La elaboración del Mapa de Peligrosidad que tenga en cuenta los factores detonantes como la sismicidad (aceleraciones sísmicas) y precipitación pluvial (datos hidrometeorológicos) como complemento del presente trabajo.
- La construcción y mantenimiento de diques transversales con materiales locales y revestimiento en la zona media y baja de la quebrada Chucumayo, ante los posibles daños y desastres que pueda ocasionar la presencia de huaycos. El distanciamiento entre diques dependerá de las condiciones del terreno, de la profundidad y pendiente del cauce.
- Para el control de erosión de laderas se recomienda la construcción de zanjias de coronación para el caso de captaciones de agua ubicadas en las zonas de Buena Vista y Matara, cuyas dimensiones dependerán del tipo de suelo y de la pluviosidad de la zona.
- Reforestación de las laderas de ambos flancos de la quebrada con plantas nativas y plantas que se reproduzcan rápidamente, esta acción permitirá ofrecer una defensa natural del suelo contra la erosión.

- Se recomienda la ejecución de barreras de roca al pie del talud para el control de caídas de rocas en la zona llamada “Rostro de Cristo”, debido a que este evento podría dañar considerablemente el camino hacia las cataratas de Atankallo.

BIBLIOGRAFÍA

De Tesis:

- El Hamdouni, R. (2001). “Estudio de movimientos de ladera en la cuenca del río Ízbor mediante un SIG: Contribución al conocimiento de la relación entre tectónica activa e inestabilidad de vertientes”. Tesis Doctoral; Universidad de Granada. 429 pp.
- Irigaray, C. (1995). “Movimientos de ladera: inventario, análisis y cartografía de la susceptibilidad mediante un Sistema de Información Geográfica. Aplicación a las zonas de Colmenar (Málaga), Rute (Córdoba) y Montefrío (Granada)”. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Jiménez J.D. (2005). “Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un SIG en la cuenca vertiente al embalse de Rules-Granada”. Universidad de Granada.

De libros:

- Ayala-Carcedo, F.J. & Corominas J. (2003). “Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG”. Fundamentos y Aplicaciones en España. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Medio Ambiente Nº 4. p 21-33 y 169-179, Madrid, España.

- Hansen, (1984); “Strategies for classification of landslides” Slope Stability; Brundsen, D. and Prior, D.H. (eds.); John Wiley & Sons Ltd. New York. 1-25.
- Kuroiwa, J. (2002). Reducción de Desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza, Lima- Impresión Quebecor World Perú S.A.
- Salazar H. (1983). Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí (Hojas: 24-k y 25-k). Boletín N° 36 Serie Carta Geológica Nacional. INGEMMET. Lima.

De revistas:

- IAEG Commission on Landslides (1990). “Suggested nomenclature for landslides”. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, N° 41, pp. 13-16
- Lamas, F.; El Hamdouni, R.; Fernández, T.; Irigaray, C. y Chacón J. (1997). “Influencia de las lluvias medidas entre noviembre de 1996 y marzo de 1997 en la generación de movimientos de ladera en Andalucía Suroriental” IV Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables; Alonso, E.; Corominas, J.; Chacón, J.; Oteo, C. y Pérez, J.(eds.). Granada. Vol. I, 213-225.
- Martínez, A., Medina, J. (Dic. 2000). Evaluación de la Amenaza y Vulnerabilidad de Matucana, PREDES, Lima, Perú.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), información hidrometeorológica (precipitaciones diarias) desde el año 1964 hasta el 2004.
- Silgado E. (1978). Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú (1513 – 1974). INGEMMET, Boletín Serie C. Nro. 3.
- Tavera, H. & Burfon E.(1998). Revista Física de la Tierra, N° 10, pp 187-210.Lima.
- Varnes, D.J (1978) “ Slope movement type and processes”. In: landslides analysis and control. Special Report 176, Transportation Research Board, Washington, pp. 11-33.
- Van Westen, C.J., Rengers, N.& Terelien, J.(1997). Prediction of the occurrence of slope e instability phenomena through GIS-based hazard zonation. Geol.Rundschau, pp. 86,404-414.

ANEXOS

INGEMMET													
INVENTARIO DE PELIGROS GEOLOGICOS EN PERU													
FICHA DE INVENTARIO													
I UBICACIÓN GEOGRAFICA													
1 FICHA N°			2 LATITUD			3 LONGITUD			4 COTA		5 FRANJA N°		6 CUADRANGULO (IGN)
7 REGION / DPTO.			8 PROVINCIA			9 DISTRITO			10 PARAJE / CASERIO / LUGAR				
11 CUENCA HIDROGRAFICA			12 FECHA			13 EFECTUADO POR			14 FOTOGRAFIA (S)				
II TIPOLOGIA													
15 TIPO DE PELIGRO						16 NOMBRE ESPECIFICO			17 DENOMINACION				
Caida		Vuelco	Flujo	Desplaz. lateral		Reptación							
Deslizamiento		Mov. Complejo		Otro Peligro Geológico									
III DESCRIPCIÓN													
18 PROCESOS O CAUSAS NATURALES						DEL ENTORNO GEOGRAFICO			19 ACTIVIDAD ANTRÓPICA				
FACTORES DE SITIO			DEL ENTORNO GEOGRAFICO			FACTORES ANTRÓPICOS							
Substrato de mala calidad (muy meteorizado)			Precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta)			Excavaciones, Voladuras (cortes en el pie de ladera o talud)							
Alternancia de rocas de diferente competencia			Deshielo y/o retroceso glaciar			Sobrecargas (rellenos: en la corona de un talud)							
Rocas muy fracturadas o diaclasadas			Aguas subterráneas: Infiltraciones / presión de poros			Ocupación inadecuado del suelo por el hombre (Áreas vulnerables)							
Orientación desfavorable de discontinuidades			Dinámica Fluvial (Socavamiento del pie de un talud)			Desembalse violento de presas o lagunas naturales							
Naturaleza del suelo (incompetente)			Colmatación del cauce fluvial (sedimentación)			Aprovechamiento de recursos hídricos							
Material de remoción antiguo, susceptible.			Dinámica marina (erosión de costas)		Dinámica eólica	Deforestación o sobrepastoreo de laderas							
Pendiente del terreno		Morfología	Actividad volcánica		Sismicidad y/o fallas activas	Mal sistema de riego; uso inadecuado de agua de escorrentia							
Ausencia o escasez de vegetación			Rotura de un dique morrénico		Otro factor:	Colapso de alguna estructura inducida por sismo		Activ. Minera					
Otro factor:			Otro Peligro Geológico		Otro factor:	Otro factor:							
20 EVIDENCIAS VISUALES DEL MOVIMIENTO EN MASA													
DESPLIZAMIENTO / DESPLIZAMIENTOS COMPLEJOS/FLUJOS DE TIERRA						INUNDACIONES			EXTENSION (m²)				
ESTILO		FORMA DE LA ESCARPA	Recta	Circular	Elongada	Continua	Llanura inundable	Circunlacustre	Litoral	ALTURA DE AGUA ALCANZADA (m):			
Escarpa única		Irregul.	Semicircular	Parabólica	Discontinua	Terraza baja	Depresión topográfica	Otra área	Carretera o vía				
Escarpas sucesivas		DIMENSIONES	Longitud de escarpa (m)		Desnivel entre escarpa y pie (m)		ZONA INUNDADA O INUNDABLE	Urbana / rural	Ágícola/pastos	Otra			
Escarpas múltiples		SUPERFICIE	Plana	Saltos	Principal (m)	Secundar. (m)	Altura de terraza (m)	Pendiente longitudinal del río					
Enjambre de escarpas		VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO	Extr. Rápido	Muy Rápido	Rápido	Moderado	CURSO PRINCIPAL	Anastomosado	Meándrico	Rectilíneo			
Reactivación		DISTRIBUCIÓN O ACTIVIDAD	Retrogresivo		Progresivo		REPTACIÓN						
Asentamientos		Agrietamientos	Longitudinal	Long. (m)	Prof. (m)	Separac. (m)	Ladera suave	Ladera abrupta	Avance cara libre a quebrada	Área afectada			
Desviación de cauce y/o embalse		Depósito de flujo	Distancia recorrida (m)	Longitud de embalse (m)	Altura embalse (m)	Volumen de material deslizado (m ³)	Zonas involucradas	Pastizales	Cultivos	Bofedales	Corte artificial		
DERRUMBES O COLAPSOS / CAIDA DE ROCAS / VUELCO						Galería mina	Área urbana	Tierra de cultivo	Área cársica/dolinas	Otra			
ARRANQUE		Tipo de rotura			Taludes			Dimensiones del área afectada					
Talud rocoso fracturado		Cuña	Planar	Vuelco	Mixto	Ladera	Acanalado	Corte artificial	EROSION DE LADERAS				
(Roca /suelo)		Regular	Irregular	Continua	Discont.	Altura (m)	Volumen de depósito (m ³)	Tipo de erosión	Cárcavas	Surcos	Laminar		
Sedimento		CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO			EFECTOS PRINCIPALES			Terrenos Dañados	Cultivos	Pastizales	Obras civiles		
Acumulación de bloques en la ladera		Bloques aislados	Tamaño bloques (m)	Enterramiento de viviendas (N°)	Derrumbe de tierras (m ²):	Obstrucción de cauce (m):	Obstrucción de vía (m):	EROSION FLUVIAL O DE RIBERAS					
FLUJOS (De detritos, de lodo, avalancha de rocas, avalancha de detritos)		Canchales o talus de detritos	Obstrucción de vía (m):	Obstrucción de cauce (m):	Obstrucción de vía (m):	Longitud erosionada (m)	Márgen Derecha	Izquierda	Ambas	Área afectada			
DEPOSITO		MATERIAL	Grueso >50%	Fino >50%	Homog.	Heterog.	Terraza	Terraplén	Estructura	Urbana	Agrícola		
Cono/abanico		TAMAÑO DE CLASTOS			EFECTOS PRINCIPALES			21 MOVIMIENTOS EN MASA ANTIGUOS (RECONOCIDOS O INFERIDOS)					
Escombrera		Bloq/Bol(%)	Gr (%)	Ar/Lim (%)	Obstrucción de vía (m):	Erosión de cauce (m):	Tipo	Deslizamiento	Flujo de detritos	Avalancha de detritos	Movimiento complejo		
Chorreras		Área	Altura	Volumen	Enterramiento de viviendas (N°)	Erosión de Puente:	DIMENSIONES PRINCIPALES	Longitud de escarpa antigua (m):	Salto visible (m)	Desnivel entre escarpa y pie de (m)			
Dimensiones del depósito de flujo		Distancia recorrida' del flujo (m)	Run up	Embalse de cauce (m)	Erosión de tierras de cultivo:	Otra:	Estado del movimiento en masa antiguo	Estabilizado	Reactivado				
FLUJO DE MATERIAL		Canalizado	No canalizado	Bloques de roca aislados o material de remoción identificable	CARACTERÍSTICAS DE EMBALSES O REPRESAMIENTOS ANTIGUOS								
ALUD O AVALANCHA DE NIEVE-HIELO / AVALANCHA DE DETRITOS		Agrietamientos en el glaciar	Rompimiento de dique morrénico	Huellas de flujo violento en las paredes del cauce (m)	Distancia recorrida (m)	Desviación de curso fluvial	Laguna o embalse natural	Cono proluvial antiguo con vegetación más joven	Área:				
Avalancha de nieve y/o roca		Ruptura de dique o embalse de un río, producido por un derrumbe o deslizamiento	Volumen (m ³)	Valle de Represamiento con modificación de pendiente del río	Canchales cubiertos con vegetación	Área:	Restos de pueblo sepultado	Depósitos aluviales extensos en valle con poca dinámica actual	Abanicos aluviales extensos en la desembocadura de ríos o quebrada	Depósito coluvial antiguo con gran granulometría			
ARENAMIENTO													
Características		Dunas aisladas	Campo de dunas	Dep. eólicos	Médanos	Dimensiones del depósito antiguo	Área (m ²)	Altura embalse (m)	Long. Embalse				
Efectos o daños principales		Áreas de cultivo	Áreas urbanas	Invasión de vías	Tipo represamiento (Según Costa & Schuster, 1988)								
Extensión o área afectada													

OTRAS CARACTERISTICAS ENCONTRADAS:				OTROS PROCESOS GEOLOGICOS ANTIGUOS IDENTIFICADOS			
				Areas cársticas desarrolladas		Dunas o campo de dunas fósiles	
				Vestigios de cursos de agua o meandros abandonados			
				Otro:			
				25 EDAD ESTIMADA DEL FENOMENO			
Activo		Inactivo-Joven		Inactivo-maduro		Viejo	
22 OCURRENCIA ACTUAL (d/m/a)				CLASIFICACION Y ESTADO DE LA ACTIVIDAD		Latente	
23 OCURRENCIAS ANTERIORES				Reactivado			
24 RECURRENCIA DEL PELIGRO				Estabilizado		Alta	
Periódico		Ocasional		Excepcional		Baja	
				Sin registro histórico (>500 años)		Reciente (20 a 100 años)	
				Antiguo (<500 >100 años)		Actual < 20 años	

IV ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROLOGICOS

26 ASPECTO GEOMORFOLÓGICO PRINCIPAL						27 PENDIENTE DEL TERRENO						28 RED DE DRENAJE		Río Principal	
VALLE	Fluvial	Glaciar	Cañón	Inundable	Represamie.	Muy baja	Baja	Media	Fuerte	Muy fuerte	Abrupta	Río Tributario			
	Lomada	Colina	Montaña	Monte Isla	Volcán	<5°	5-20°	20-35°	35-50°	50-70°	>70°	Qda/Río Secund.			
LADE-RA	Glaciar	Acantillado	Estructural	Depósito eólico	29 FORMA DEL TERRENO						30 PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS				
	Detritos de vertiente	Escombrera o canchal	Morrena	Depósito de remoción	Uniforme	Variable ()				Filtraciones	Oconales	Bofedales			
	Terraza	Abanico	Meseta	LLanura	Playa	Escalonada	Convexa	Cóncava	Mixta	CARACTER		Escasa	Permanente	Estacional	
31 CUBIERTA VEGETAL	Abundante	Escasa	Regular	Nula	32 TIPO DE VEGETACION		Sembrios o cultivos		Pastos naturales		Arbustos				

V ASPECTOS GEOLOGICO-ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS

33 LITOLOGIA DEL SUBSTRATO						34 DEPOSITOS SUPERFICIALES O SUELOS											
Sedim.	Litología Predominante					Aluv.	Fluv.	Prof.	Col.	Del.	Eól.	Res.	Lac.	Mar.	Flu-glac.	Glac.	Antr.
Volc-sed						35 TIPO DE SUELO (% clastos)						36 GRADO DE SATURACION					
Volcanic.	Formación/Grupo					Bloques	Bolón	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Seco	P. Sat	Med.Sat	Satur.		
Intrusivo	Unidad/Complejo					37 SUELOS GRANULARES (COMPACIDAD)						38 SUELOS COHESIVOS (CONSISTENCIA)				39 ESPESOR (m)	
Metam.	Suelto	Med. denso	Denso	Muy Denso	Muy Blando	Blando	Med. comp	Compacto	Muy Compacto	Duro							
40 ESTRUCTURAS Y DISCONTINUIDADES EN LAS ROCAS						41 INTENSIDAD DE FRACTURAMIENTO						42 GRADO DE ALTERACION					
Fallamiento	Plegamiento					F1	F2	F3	F4	F5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	
Fracturamiento	Diaclasamiento	Esquistosidad			Estratificación												
Planar	Cuña	Vuelco	Mixto	Favorable al talud	Desfavorable al talud	Horizontal											

VI DAÑOS OCASIONADOS () O PROBABLES ()

43 CARRETERA (Km)	44 CAMINO RURAL (Km)	45 VIA FÉRREA (m)				
46 VIVIENDAS AFECTADAS	47 VIVIENDAS DESTRUIDAS	48 CULTIVOS O PASTIZALES (has)				
49 MUERTOS / DESAPARECIDOS	50 HERIDOS	48 DAMNIFICADOS				
52 CANAL (m)	53 PUENTE (m)	54 REDES DE ENERGIA (m)				
55 GASEODUCTO / OLEODUCTO (Km)	56 PATRIMONIO NATURAL O CULTURAL					
57 OTRA INFRAESTRUCTURA MAYOR						
58 CARACTERÍSTICAS DE LOS DAÑOS	Sin daños / no registrados	Leves	Moderados	Severos	Destrucción, total	Probables

VII CALIFICACION DE RIESGO

59 GRADO DEL PELIGRO	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
60 VULNERABILIDAD	Baja	Media	Alta	Muy alta
61 RIESGO ESTIMADO				

VIII OTRAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

62 MEDIDAS U OBRAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACION REALIZADAS	SI	NO	CUAL (ES)
---	----	----	-----------

DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS ADOPTADAS:

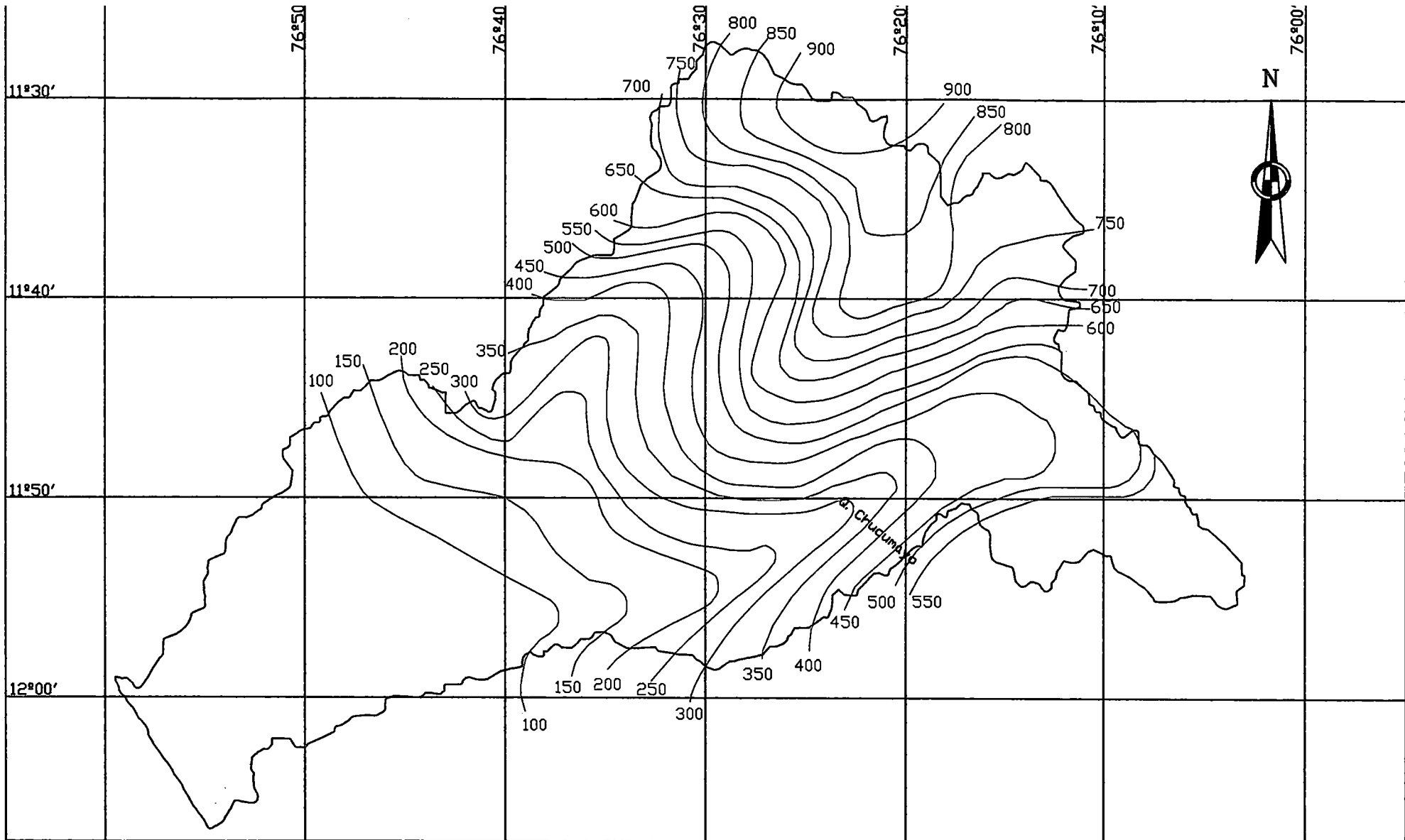
63 RECOMENDACIÓN DE OBRAS DE PREVENCIÓN:

CROQUIS (planta o perfil):

IX FUENTE DE INFORMACION (64)

TESIS UNIV.	BOL. TECNICO	REVISTA	INF. TECNICO	ART. PERIODISTICO	INFORM. CAMPO	FOTOINTERPRETAC.
AUTOR (S):						
TÍTULO ESTUDIO:						

FECHA:



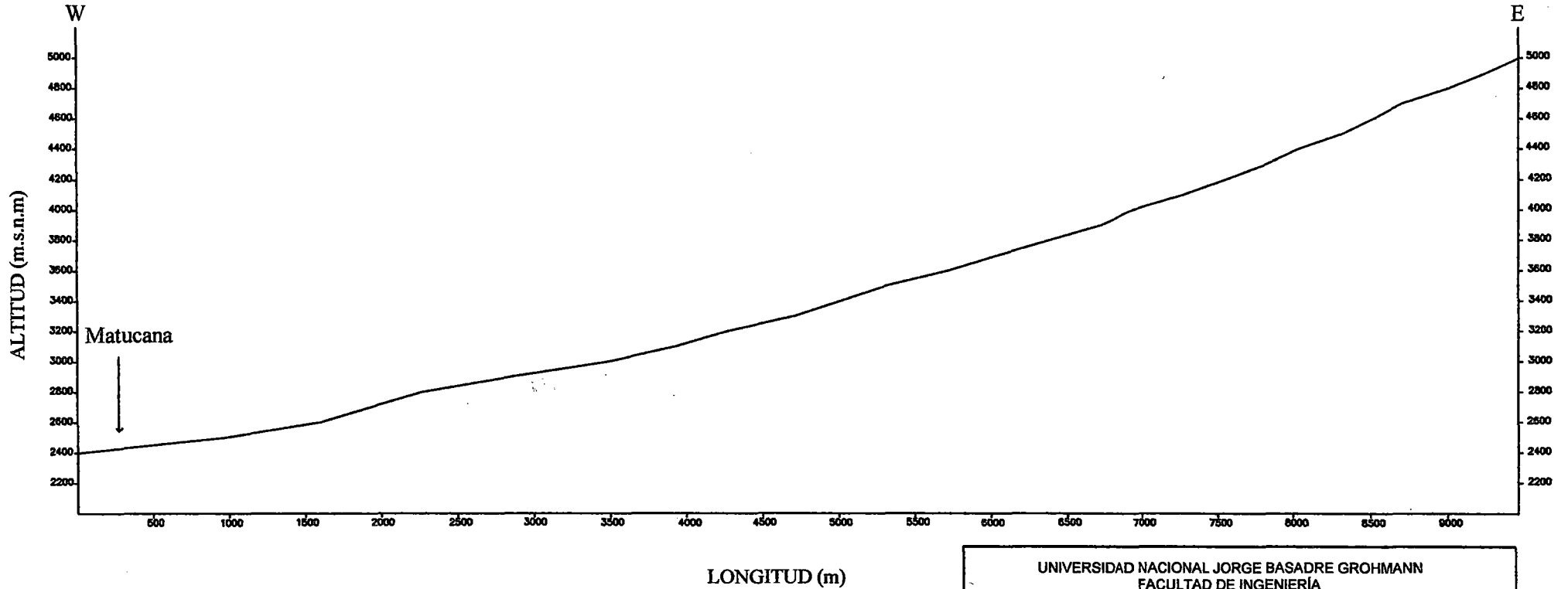
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Geológica-Geotécnica
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Estudio de Movimientos en Masa de la Quebrada Chucumayo
 (Distrito Matucana, Provincia Huarochirí, Región Lima)

**MAPA DE ISOYETAS ANUALES
 DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC**

Escala:	Provincia:	Distrito:	Anexo N°:
1:50 000	HUAROCHIRÍ	MATUCANA	2

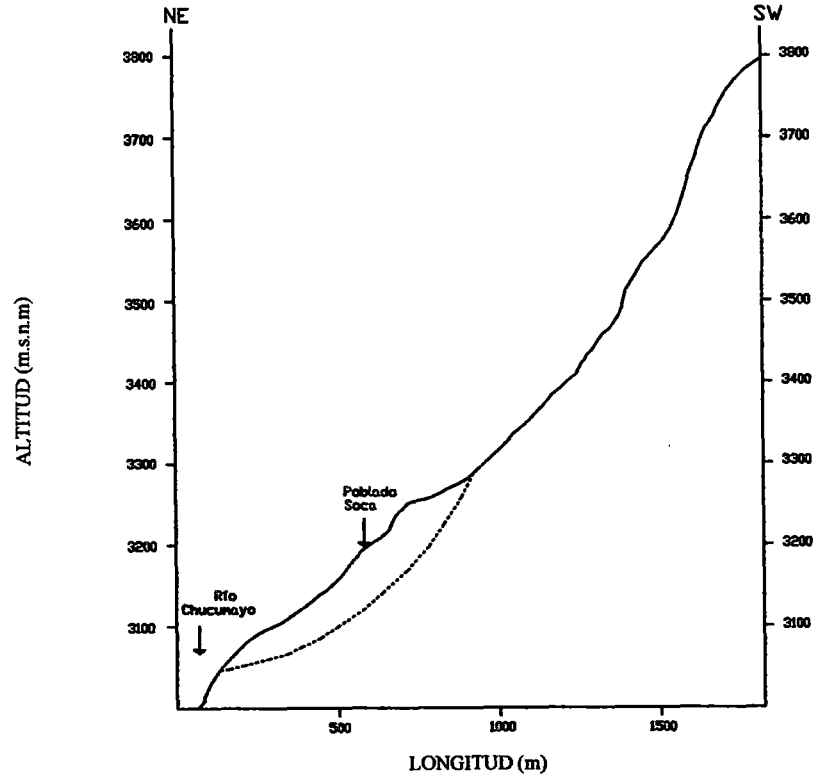
EJE LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
Escuela de Ingeniería Geológica-Geotécnica			
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO			
Estudio de Movimientos en Masa de la Quebrada Chucumayo (Distrito Matucana, Provincia Huarochiri, Región Lima)			
PERFIL LONGITUDINAL			
Escala:	Provincia:	Distrito:	Anexo N°:
Gráfica	HUAROCHIRÍ	MATUCANA	3

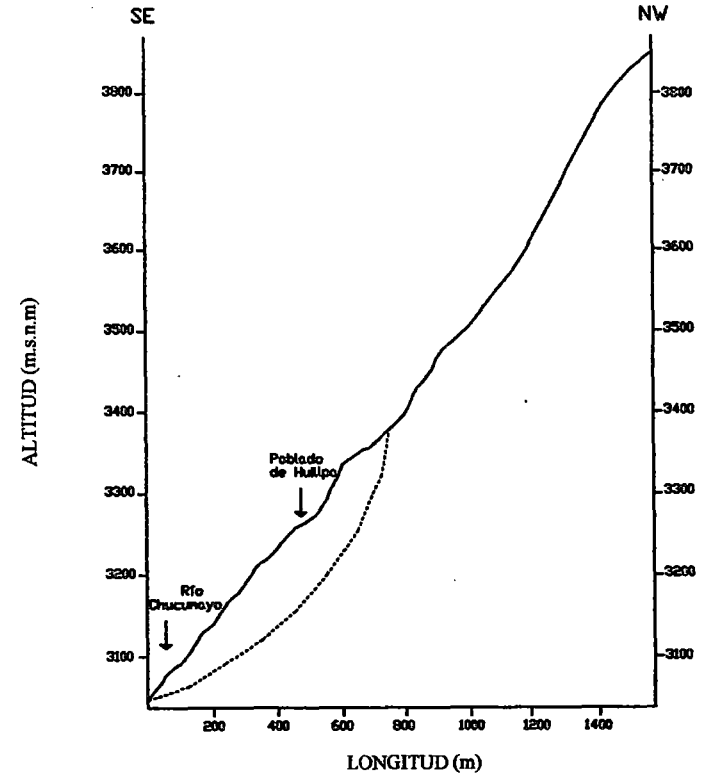
PERFIL LONGITUDINAL DE LOS EVENTOS

PERFIL A - A'



PERFIL DEL DESLIZAMIENTO DE MATARA

PERFIL B - B'



PERFIL DEL DESLIZAMIENTO DE HUILLPA

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Geológica-Geotécnica
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

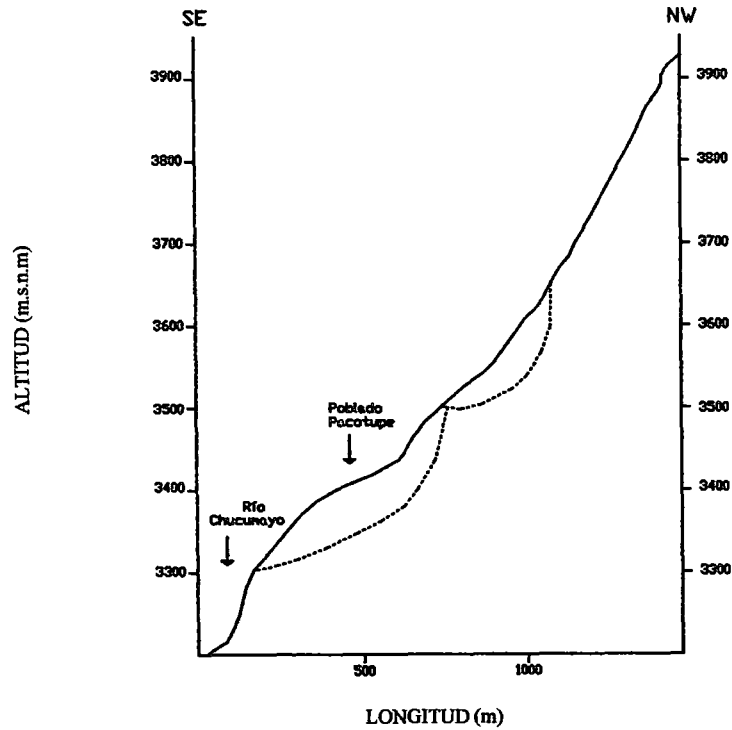
Estudio de Movimientos en Masa de la Quebrada Chucumayo
 (Distrito Matucana, Provincia Huarochirí, Región Lima)

PERFIL LONGITUDINAL

Escala: V 1:1000 H 1:25 000	Provincia: HUARACHIRÍ	Distrito: MATUCANA	Anexo N°: 4
-----------------------------------	--------------------------	-----------------------	----------------

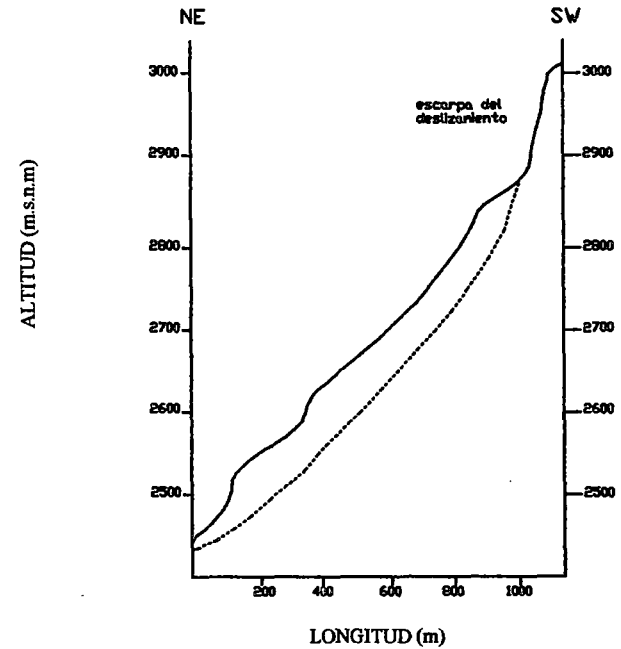
PERFIL LONGITUDINAL DE LOS EVENTOS

PERFIL C - C'



PERFIL DE DESLIZAMIENTO DE PACOTUPE

PERFIL D - D'



PERFIL DE DESLIZAMIENTO DE LOS OLIVOS

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Geológica-Geotécnica
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Estudio de Movimientos en Masa de la Quebrada Chucumayo
 (Distrito Matucana, Provincia Huarochirí, Región Lima)

PERFIL LONGITUDINAL

Escala: V 1:1000 H 1:25 000	Provincia: HUAROCHIRÍ	Distrito: MATUCANA	Anexo N°: 5
-----------------------------------	--------------------------	-----------------------	----------------