

**ANÁLISIS HISTÓRICO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMÁTICOS Y DE REMOCIÓN EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA**

**INFORME FINAL**

**MICROCUENCA MOLLEBAMBA**

**Gilberto Romero  
Alfonso Díaz  
Rolando Espinoza  
Maren Salz**

**Documento:**

**Análisis Histórico de eventos climáticos extremos y sus Impactos en Apurímac y Cusco y Caracterización y evaluación De riesgos de desastres ocasionados por peligros climáticos y de remoción en masa en la microcuenca Mollebamba**

Martín de Porres 161 - San Isidro - Lima - Perú  
Teléfonos: 051 1 2210251; 051 1 4423410  
E mail: postmast@preDES.org.pe  
Web: <http://www.preDES.org.pe>

*Documento del Estudio*

***“Análisis histórico de eventos climáticos extremos y sus Impactos en Apurímac y Cusco y Caracterización y evaluación De riesgos de desastres ocasionados por peligros climáticos y de remoción en masa en la microcuenca Mollebamba”***

Nombre del solicitante  
PACC – Programa de adaptación al cambio Climático

Coordinación PACC:  
Arq. Lenkiza Angulo Villarreal - Coordinadora Nacional

Ejecución:  
Centro de Estudios y Prevención de Desastres - PREDES

Equipo Técnico de PREDES

Gilberto Romero Zeballos – Responsable del Estudio  
Alfonso Díaz Calero – Investigador principal  
Rolando Espinoza Prado – Estudio de Geología  
Maren Salz – Asistente GIS  
Julio Meneses Bautista - Asistente GIS

Fotografías:  
Banco de fotos PREDES / ver referencia

Queda terminantemente prohibido su impresión o difusión sin permiso expreso del Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC).

## INDICE

1	RESUMEN	10
2	INTRODUCCIÓN	12

<b>3</b>	<b>HIPOTESIS</b>	13
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b>	13
4.1	Objetivo General	13
4.2	Objetivos Especificas	14
<b>5</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	14
<b>6</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	15
6.1	Acceso	16
6.2	Distribución vertical de los centros poblados mayores	16
<b>7</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	17
7.1	Marco teórico	17
7.2	Secuencia metodológica:	19
7.2.1	Metodología para la elaboración de la Cronología de eventos climáticos y geodinámicos que están en función de las percepciones de la gente.	19
7.2.2	Metodología para la elaboración de los mapas parlantes	21
7.2.3	Metodología de levantamiento de información en campo	22
7.2.3.1	Zona	23
7.2.3.2	Comunidad	23
7.2.3.3	Ubicación Geográfica	23
7.2.3.4	Factores intrínsecos para la generación del evento	23
7.2.3.5	Cronograma de campo y recojo de información de peligros por PRM	26
7.2.3.6	Codificación de los eventos.	27
7.2.4	Metodología para procesos de automatización y caracterización de peligros de remoción en masa	28
7.2.4.1	Recopilación de Información para el Estudio	29
7.2.4.2	Definición de los datos Geográficos	30
7.2.4.3	Atributos	30
7.2.4.4	Definición de modelo para el análisis geográfico:	30
7.2.4.5	Diseño de la Geodatabase	31
7.2.4.6	Diseño de modelo funcional	32
7.2.4.7	Elementos de la aplicación del diseño funcional	33
7.2.4.8	Procesos de automatización para determinar Susceptibilidad a Eventos Remoción en Masa	34
<b>8</b>	<b>RESULTADOS</b>	37
8.1	Morfología de la microcuenca	37
8.2	Zonas de vida	39
8.2.1	Estepa Espinosa Montano Subtropical	40
8.2.2	Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	40
8.3	Demografía	40
8.3.1	Población	40
8.4	Ocupación y uso del territorio	41
8.4.1	Red de Centros Poblados	41
8.4.1.1	Centros Poblados Mayores	41
8.4.1.2	Distribución de los centros poblados	42
8.4.1.3	Articulación vial en la microcuenca	42
8.4.2	Red de infraestructura vial	43
8.4.2.1	Caracterización de las vías	44
8.5	Condiciones físicas de la microcuenca	44
8.5.1	Características Fisiográficas y Topográficas.	44

8.5.1.1	Topografía de la Parte Alta	45
8.5.1.2	Topografía de la parte media	46
8.5.1.3	Topografía de la parte baja	46
8.5.2	Condiciones Geológicas Regionales	49
8.5.3	Condiciones Geológicas Locales	49
8.5.3.1	Estratigrafía en relación a los procesos de remoción en masa	49
8.5.3.1.1	Depósitos Aluviales (Q-AI)	49
8.5.3.1.2	Formación Socosani (Jm-sa)	50
8.5.3.1.3	Formación Alpabamba (NM-al/tbr)	50
8.5.3.1.4	Grupo Tacaza (Nm-ta/sr)	50
8.5.3.1.5	Formación Ancunquina (KIS-ar-i)	50
8.5.3.1.6	Formación Labra (JS-yu/la)	51
8.5.3.1.7	Formación Murco (KI-mu)	52
8.5.3.1.8	Grupo Barroso (NQPL-ba/d)	52
8.5.3.1.9	Formación Puente (JM-yu/ca)	53
8.5.3.1.10	Grupo Yura (Formación Cachios (JM-yu/ca) – formación Hualhuani (KI-yu/hu))	53
8.5.3.1.11	volcánico chacoma (n-cha)	53
8.5.4	Geología Estructural	54
8.5.4.1	Tectónica de la microcuenca Mollebamba	55
8.5.4.2	Efectos de los Sismos en el Área de Estudio	55
8.5.5	Geomorfología de la Microcuenca	58
8.5.5.1	Geoformas de los procesos de remoción en masa.	58
8.5.5.1.1	Afloramientos rocosos no glacializados	58
8.5.5.1.2	Abanico Aluvial Activo	59
8.5.5.1.3	Abanico Aluvial Inactivo	60
8.5.5.1.4	Formación de Coluvios	60
8.5.5.1.5	Deslizamiento Activo	60
8.5.5.1.6	Erosión en Cárcavas	61
8.5.5.1.7	Terraza Aluvial	61
8.5.5.1.8	Glaciares	62
8.5.5.1.9	Caída de Rocas	62
8.5.5.1.10	Superficie Cubierta por Material Morrénico Disperso	63
8.5.6	Morfometría	65
8.5.6.1	Pendiente en laderas en centro poblados	65
8.5.7	Sismicidad en la Microcuenca	68
8.6	Peligros Climáticos Y Peligros Geológicos	69
8.6.1	Clima	69
8.6.2	Principales peligros climáticos:	72
8.6.2.1	Heladas	73
8.6.2.2	Sequía	73
8.6.2.3	Granizadas	73
8.6.2.4	Vientos fuertes	74
8.6.2.5	Inundaciones	74
8.6.3	Principales peligros geológicos	74
8.6.3.1	Huayco	75
8.6.3.2	Deslizamiento	76
8.6.3.3	Caída de rocas	78

8.6.3.4	Erosión hídrica	78
8.6.3.5	Aluviones	79
8.6.3.6	Sismos	79
8.6.4	Tipificación y codificación de PRM	82
8.6.5	Puntos críticos	83
8.6.5.1	Caída de rocas - CBIA5	83
8.6.5.2	Deslizamiento - DIBA21	84
8.6.5.3	Deslizamiento - DBIA24	84
8.6.5.4	Erosión hídrica - EBDM4	85
8.6.5.5	Erosión hídrica – EBDA3	85
8.6.5.6	Caída de rocas - CMDA31	86
8.6.5.7	Deslizamiento - DMDA68	87
8.6.5.8	Deslizamiento - DMDA72	87
8.6.5.9	Deslizamiento - DMDA69	88
8.6.5.10	Deslizamiento - DMDA74	88
8.6.5.11	Deslizamiento - DMDA65	89
8.6.5.12	Deslizamiento - DMDA41	89
8.6.5.13	Caída de Rocas - CMDA21	90
8.6.5.14	Huayco - HMIA5	90
8.6.5.15	Aluvión - ABIA2	90
8.6.5.16	Deslizamiento - DBIA4	91
8.6.5.17	Deslizamiento DBIA10	91
8.6.5.18	Caída de rocas - CBIA4	91
8.6.5.19	Canal de riego quebrada Parcuvo - DMDM35	92
8.6.5.20	Reservorios de agua sector Silco	92
8.6.5.21	Peligros asociados a territorio sector Santa Rosa - EAIM11	93
8.6.5.22	Caída de rocas sector Santa Rosa CAIM28	94
8.6.5.23	Caída de rocas sector Santa Rosa CAIM29	95
8.6.5.24	Deslizamiento aluvial DBIM25	95
8.6.5.25	Deslizamiento coluvial - DBDM6	96
8.6.5.26	Deslizamiento crecimiento de valle zona Calcauso DMIA39	96
8.6.5.27	Desprendimiento de roca Antabamba - Mollebamba - CBDA32	97
8.6.5.28	Grietas de desecación - CMIM13	98
8.6.5.29	Deslizamiento pequeño - DBIM78	99
8.6.5.30	Deslizamiento activo - DBIA77	99
8.6.5.31	Caída de rocas por camino de herradura - CMIA9	100
8.6.5.32	Deslizamiento activo - DBIA16	101
8.7	Susceptibilidad del territorio a la generación de PRM	101
8.8	Análisis de Vulnerabilidad	104
8.8.1	Identificación y evaluación de los elementos vulnerables	104
8.8.2	Vulnerabilidad de los Centros Poblados	104
8.8.2.1	Mollebamba	104
8.8.2.2	Silco	106
8.8.2.3	Vito	108
8.8.2.4	Calcauso	109
8.8.2.5	Santa Rosa	111
8.8.3	Vulnerabilidad de la Infraestructura de Riego	112
8.8.3.1	Canal de Matara Mollebamba	112
8.8.3.2	Canal Acoycho	113

8.8.3.3	Canal Antacuy A	114
8.8.3.4	Canal Condori	114
8.8.3.5	Canal de Trapiche	115
8.8.3.6	Canal Alto de Vito	116
8.8.3.7	Canal Bajo de Vito (Atero)	116
8.8.4	Vulnerabilidad de la infraestructura vial ante deslizamientos y otros eventos	117
8.8.4.1	Carretera Mollebamba – Antabamba	118
8.8.4.2	Carretera Mollebamba – Challhuanca	119
8.8.4.3	Carretera Mollebamba – Bocatoma Canal Condori (Aguas termales)	121
8.8.4.4	Carretera Silco – Calcauso	122
8.8.4.5	Carretera desvío a Vito	124
8.8.4.6	Carretera desvío Trapiche – Mina Buenaventura	126
8.9	Cronología de eventos climáticos y geológicos	127
8.9.1	Análisis de información.	127
8.10	Lluvias como factor desencadenante de eventos de geodinámica externa.	132
8.11	Procesos antrópicas que aceleran y magnifican los peligros	133
<b>9</b>	<b>DISCUSION</b>	131
9.1	Correlación entre Hipótesis, Validez de la hipótesis y lo que se logró como Hallazgos y limitaciones	135
9.2	En relación a los métodos empleados para este estudio	137
9.3	Escenarios de riesgo a futuro en la microcuenca Mollebamba.-	138
9.3.1	Escenarios de riesgo ante eventos de remoción en masa (pesimista)	138
9.3.2	Escenario optimista	139
9.3.3	Escenario posible	139
9.3.4	Escenario de riesgo ante eventuales sismos	140
9.4	Análisis y discusión de resultados	140
9.4.1	Análisis y discusión de resultados en relación a las hipótesis específicas	140
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	142
<b>11</b>	<b>PROPUESTAS</b>	142
11.1	A corto plazo	146
11.2	A mediano plazo	147
11.3	A largo plazo	147
<b>12</b>	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	147
<b>13</b>	<b>BIBLIOGRAFIA CITADA</b>	148
<b>14</b>	<b>GLOSARIO</b>	150
<b>ANEXOS</b>		
1	Calculo de Parámetros Fisiográficos de la microcuenca Mollebamba	154
2	Perfiles trasversales de la microcuenca.	158
3	Tablas de eventos de Remoción en Masa sobre red Vial y red de Canales	159
4	Cronología de eventos	169
5	Álbum de Mapas	172
6	Fichas de proyecto de reducción de riesgos	173

## RELACIÓN DE CUADROS

### Capitulo 6

Cuadro 6.1	Interconexión Vial ruta 1	16
------------	---------------------------	----

Cuadro 6.2	Interconexión Vial ruta 2	16
Cuadro 6.3	Altitudes de los centros poblados en la microcuenca Mollebamba	16

## Capítulo 7

Cuadro 7.1	Talleres comunales en la microcuenca Mollebamba	20
Cuadro 7.2	Fichas de datos para toma de información en campo	23
Cuadro 7.3	Factores condicionantes del territorio para cada proceso de remoción en masa	25
Cuadro 7.4	Cronograma de campo y recojo de información de peligros por PRM	26
Cuadro 7.5	Cuadro de codificación de eventos	28
Cuadro 7.6	Cuadro de información generada dentro del estudio	29
Cuadro 7.7	Categoría de Susceptibilidad	35

## Capítulo 8

Cuadro 8.1	Características fisiográficas de la Microcuenca Mollebamba	38
Cuadro 8.2	Zonas de Vida	40
Cuadro 8.3	Centros Poblados, categoría y población en la Microcuenca Mollebamba	41
Cuadro 8.4	Población por centro poblado urbano	41
Cuadro 8.5	Resumen de Unidades Geológicas	54
Cuadro 8.6	Relación de puntos de huaycos en la microcuenca	76
Cuadro 8.7	Relación de PRM	82
Cuadro 8.8	Áreas de susceptibilidad a PRM	102
Cuadro 8.9	Relación de evento y área territorial de afectación en un escala temporal	129
Cuadro 8.10	Afectación de los eventos climáticos - geológicos en la microcuenca Mollebamba	131
Cuadro 8.11	Codificación y recurrencia de eventos	132
Cuadro 8.12	Efectos de la saturación por precipitaciones	134

## Capítulo 9

Cuadro 9.1	Correlación entre Hipótesis, Validez de la hipótesis y lo que se logró como Hallazgos y limitaciones	135
------------	--	-----

## RELACION DE FIGURAS

### Capítulo 6

Figura 6.1	Mapa de ubicación de la microcuenca Mollebamba	15
------------	--	----

### Capítulo 7

Figura 7.1	Desarrollo de la cronología de eventos en los talleres comunales	21
Figura 7.2	Elaboración de mapas parlantes en los talleres comunales	22
Figura 7.3	Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro sobre el canal (Deslizamiento Vito, Qda, Chaupimayo – Comunidad Vito)	27
Figura 7.4	Código de eventos	28
Figura 7.5	Componentes Básicos de los Datos Geográficos	30
Figura 7.6	Bosquejo de estructura de información	31
Figura 7.7	Bosquejo de la estructura el modelo funcional	32
Figura 7.8	Esquema Modificado de la propuesta dada por Vargas Cuervo	36



## Capítulo 8

Figura 8.1	Mapa sinóptico de red de Centros Poblados	43
Figura 8.2	Mapa de límites y sectores de la microcuenca Mollebamba	48
Figura 8.3	Zonas de depositación en el río Mollebamba, en la parte media de la microcuenca entre el centro poblado Silco - Vito	49
Figura 8.4	afloramiento rocoso propio de la formación en estudio	50
Figura 8.5	Parte alta de la comunidad de Santa Rosa	51
Figura 8.6	Zona de Santa Rosa, en la parte alta aflora material rocoso que demuestra la existencia de esta formación	51
Figura 8.7	Deslizamiento antiguo en la ladera derecha de la quebrada Chaupimayo frente al centro poblado Vito	52
Figura 8.8	Zona de la carretera Silco – Vito donde se aprecia fallas regionales que cortan la carretera	53
Figura 8.9	Comunidad de Calcauso, apreciamos pliegues de venas de cuarcita, esto por el esfuerzo compresivo de las rocas por encontrarse en una zona de fallamiento.	55
Figura 8.10	Mapa Geológico Local del Microcuenca Mollebamba	57
Figura 8.11	Abanico aluvial que esta activo generando erosión	59
Figura 8.12	Zona de terrazas en el sector “a” en la margen derecha y “c” en la margen izquierda al borde del curso del río Mollebamba en el Sector Silco.	62
Figura 8.13	Antiguos glaciares extintos que generaron erosión y deserción de material	62
Figura 8.14	Zona de erosión producto de superficie cubierta por material morrénico disperso	63
Figura 8.15	Mapa Geomorfológico – Geodinámico de la Microcuenca Mollebamba	64
Figura 8.16	Mapa de Pendientes de la Microcuenca Mollebamba	67
Figura 8.17	Precipitación media en la cuenca Mollebamba	70
Figura 8.18	Comparación de precipitación en sectores de la microcuenca Mollebamba	70
Figura 8.19	Variación térmica en Mollebamba	71
Figura 8.20	Variación térmica en Mollebamba bajo	71
Figura 8.21	Variación térmica en Yanahuarajo	72
Figura 8.22	Variación térmica en Sequeña	72
Figura 8.23	Mapa de causas y efectos de los sismos causados por la fallas	77
Figura 8.24	Mapa de Procesos de Remoción en Masa	81
Figura 8.25	Tipo y registro de eventos	82
Figura 8.26	Incidencia de PRM sobre la infraestructura	83
Figura 8.27	Deslizamiento sobre carretera Mollebamba - Challhuanca	84
Figura 8.28	Deslizamiento sobre carretera Mollebamba - Challhuanca	85
Figura 8.29	Deslizamiento sobre carretera Mollebamba - Challhuanca	86
Figura 8.30	Zona de alto grado de intemperismo y fracturamiento de rocas	86
Figura 8.31	Deslizamiento generado por actores antrópicas	87
Figura 8.32	Bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina	88
Figura 8.33	Bloqueo o desgaste del canal Condori	89
Figura 8.34	Canal de Riego Quebrada Parcuayo	92
Figura 8.35	Reservorios De Agua Sector Silco afectados por manantes y fallas geológicas	92

Figura 8.36	Peligros asociados a territorio sector Santa Rosa	93
Figura 8.37	Caída de rocas sector Santa Rosa	94
Figura 8.38	Caída de rocas sector Santa Rosa	95
Figura 8.39	Deslizamiento de material gravoso arenoso	95
Figura 8.40	Deslizamiento coluvial	96
Figura 8.41	Deslizamiento Crecimiento de valle zona Calcauso	97
Figura 8.42	Deslizamiento Crecimiento de valle zona Calcauso	97
Figura 8.43	Grietas de Desección	98
Figura 8.44	Deslizamientos pequeños	99
Figura 8.45	Deslizamientos producto e factor antrópico por el corte de talud	99
Figura 8.46	Caída de rocas por camino de herradura en el centro poblado de Vito	100
Figura 8.47	Caída de rocas afectando canales de riego y a la población de Vito	101
Figura 8.48	Mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de eventos de remoción en masa	103
Figura 8.49	Imagen Satelital con la ubicación de centro poblado Mollebamba	105
Figura 8.50	Esquema de la vulnerabilidad del Centro Poblado Mollebamba	105
Figura 8.51	Imagen satelital muestra ubicación del Centro Poblado Silco, al costado de quebrada por donde podría discurrir caudal extraordinario como producto de represamiento y desembalse	107
Figura 8.52	Centro poblado Silco	107
Figura 8.53	Centro poblado Vito	108
Figura 8.54	Imagen Satelital de la Qda. Chaupimayo en el Centro poblado Vito	109
Figura 8.55	Imagen Satelital del Centro poblado Calcauso	110
Figura 8.56	Centro Poblado Calcauso	110
Figura 8.57	Centro Poblado Santa Rosa, zona de mayor concentración en la comunidad	111
Figura 8.58	Canal Matara	113
Figura 8.59	Canal Acoycho – Antacuy A	114
Figura 8.60	Canal Condori	115
Figura 8.61	Canal de trapiche	116
Figura 8.62	Canal Alto De Vito, Canal Bajo de Vito (Atero)	117
Figura 8.63	Carretera Mollebamba – Antabamba	118
Figura 8.64	Mapa de la carretera Mollebamba – Antabamba	119
Figura 8.65	Carretera Mollebamba – Challhuanca	120
Figura 8.66	Mapa de la carretera Mollebamba – Challhuanca	120
Figura 8.67	Carretera Mollebamba – Bocatoma Canal Condori	121
Figura 8.68	Mapa carretera Mollebamba – Bocatoma Canal Condori	122
Figura 8.69	Carretera Silco - Calcauso	123
Figura 8.70	Mapa de la carretera Silco - Calcauso	123
Figura 8.71	Carretera desvío a Vito	124
Figura 8.72	Mapa de la carretera desvío a Vito	124
Figura 8.73	Carretera desvío Trapiche - Mina Buenaventura	125
Figura 8.74	Mapa de la carretera desvío Trapiche - Mina Buenaventura	126
Figura 8.75	Relación de tipo y recurrencia de eventos	128
Figura 8.76	Correlación de eventos y ámbito espacial	129
Figura 8.77	Correlación de evento en el tiempo	131

## 1. RESUMEN

La Microcuenca Mollebamba está ubicada en la provincia Antabamba, región Apurímac, es físicamente muy variada, en sus aspectos geológicos y geomorfológicos.

En ella se están produciendo procesos geológicos externos que adoptan la forma de eventos de remoción en masa, los cuales se intensifican por efecto de lluvias intensas y actividades antrópicas que en varias ocasiones han producido daños y periódicamente afectan a la infraestructura física en el territorio, así como algunos centros poblados.

El presente estudio es un diagnóstico de los procesos de remoción en masa que ocurren actualmente en la microcuenca Mollebamba, provincia Antabamba, región Apurímac, se analiza la vulnerabilidad de la infraestructura de riego, infraestructura vial y de los centros poblados ante dichos eventos, se identifica los puntos críticos donde se están produciendo las principales afectaciones y a partir de allí se formulan propuestas de medidas técnicas para reducir la vulnerabilidad y mejorar la seguridad física.

Contiene un mapeo de elementos de geomorfología, geología y pendientes, bajo el supuesto de que los procesos geodinámicos son elementos fundamentales para la generación de procesos de remoción en masa, pero que son activados y acelerados por factores antrópicos y eventos climáticos extremos, como precipitaciones, radiación solar, variación térmica, etc.

El estudio permitió identificar 137 puntos donde se producen procesos de remoción en masa, localizados en la parte media y baja de la microcuenca, así como un modelo que expresa el comportamiento en función de factores sólidos como geología, geomorfología y pendientes, que demuestra la inestabilidad y la susceptibilidad del territorio en los mismos puntos identificados en campo<sup>1</sup>.

Se caracterizó las vulnerabilidades de cada una de las cinco comunidades ante eventos de remoción en masa, siendo que Mollebamba tiene las mayores vulnerabilidades en sus vías hacia Antabamba, hacia Challhuanca y hacia la Mina Buenaventura, en Silco el sistema de riego y el mismo centro poblado están vulnerables ante la probabilidad de huaycos por la quebrada del mismo nombre (evento que ya ha sucedido en el pasado), Vito como centro poblado es vulnerable por su emplazamiento en una delgada e inclinada ladera, bordeada de precipicios en los cuales se están produciendo dos deslizamientos que amenazan destruir los dos principales canales de riego de la comunidad; en Calcauso, los canales de riego están altamente agrietados y deteriorados como producto de un sismo, sin que hayan sido rehabilitados hasta ahora, fallas geológicas locales son elementos adicionales a la gran actividad geodinámica que se produce en esa zona.

En suma, los procesos de remoción en masa están muy activos en la microcuenca Mollebamba, por sus características geológicas, geomorfológicas, por su elevada pendiente y quebrada topografía, a lo cual se agregan actividades humanas que incrementan estos procesos, como son: el corte de taludes para la construcción de vías y canales de riego, la disminuida cobertura vegetal como producto del pastoreo de ganado en áreas de gran pendiente, la infiltración de agua de los canales y el riego por inundación en laderas deleznable, así como la socavación de laderas por extracción de materiales para construcción.

La red de canales de riego que surgen en la parte media de la microcuenca y que permiten el riego de los cultivos de maíz en la parte baja, están en alto riesgo de sufrir daños importantes, el cual se incrementa con precipitaciones intensas. Considerando las características geomorfológicas de la microcuenca también favorece a la

<sup>1</sup> No fue posible un modelo que incluya precipitaciones por no existir registros en la zona de estudio.

afectación de vías, entre las importantes, la de mayores afectaciones es la que une Mollebamba con la localidad de Challhuanca, ciudad ubicada fuera de la microcuenca, la cual atraviesa gran cantidad de zonas inestables,

En síntesis la conformación particular de la microcuenca Mollebamba ayuda a los procesos de remoción en masa que se podrían acelerar como producto eventos climáticos.

#### Palabras claves

- Remoción en masa
- Geodinámico
- Vulnerabilidad
- Riesgo
- Clima
- Infraestructura
- Población

## 2. INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático es una realidad. Investigadores de diferentes partes del mundo han corroborado que este proceso está produciéndose y que se ha acelerado por el

efecto invernadero que se produce debido a la emisión de gases en demasía que no pueden ser absorbidos por el ambiente natural.

El Perú es uno de los países que ya está sufriendo los impactos negativos del cambio climático, siendo una evidencia de ello el retroceso glaciar que se está produciendo en los andes peruanos. Pero también se ha podido observar cambios importantes en el comportamiento del clima durante los últimos años en la parte alto andina, donde se presentan eventos climáticos que alteran la variabilidad climática causando afectación a la agricultura principalmente.

Dentro de ese contexto, surge la iniciativa de llevar a cabo el Programa de Adaptación al Cambio Climático impulsado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE, la cual ha tenido acogida por el Ministerio del Ambiente, el cual lidera dicho Programa, siendo ejecutado en sus componentes regionales, por los gobiernos regionales de Cusco y Apurímac y contando con la asesoría y facilitación del Consorcio Intercooperation-Libélula-Predes. El PACC a través de su acción, se propone contribuir al desarrollo de capacidades de los actores locales y regionales, con el fin de enfrentar de manera planificada los efectos del cambio climático.

El PACC tiene como finalidad lograr que poblaciones e instituciones públicas y privadas de las regiones Cusco y Apurímac, implementen medidas de adaptación al cambio climático, habiéndose además capitalizado aprendizajes e incidido en las políticas públicas a nivel nacional y en las negociaciones internacionales.

Como parte del PACC está previsto el Diagnóstico de Vulnerabilidad y condiciones de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático, en las regiones Cusco y Apurímac, desarrollado con la participación de autoridades, instituciones y poblaciones afectadas. (Resultado 1).

Así mismo, el PACC se propone la Implementación en las regiones Cusco y Apurímac, de medidas de adaptación priorizadas en concertación con los actores regionales y locales (Resultado 3).

En esta perspectiva el PACC impulsó a que los gobiernos regionales de Cusco y de Apurímac seleccionaran microcuencas donde implementar medidas de adaptación, para lo cual consideraron que en ellas se estén produciendo afectaciones negativas por efecto de eventos climáticos. En el caso de Cusco la microcuenca seleccionada ha sido Huacrahuacho en la provincia de Canas y en el caso de Apurímac es la microcuenca Mollebamba en la provincia Antabamba.

En ambas microcuencas se ha programado la realización de un Diagnóstico Rápido que permita identificar la problemática de Vulnerabilidad al Cambio Climático y medidas de adaptación que podrían ser propuestas para su implementación.

Este es el marco en el cual se inscribe el presente estudio denominado **Análisis Histórico de Eventos Climáticos Extremos y sus Impactos en Apurímac y Cusco y Caracterización y Evaluación de Riesgos de Desastres ocasionados por Peligros Climáticos y de Remoción en Masa en las Microcuencas Huacrahuacho y Mollebamba**

El presente Informe se refiere íntegramente a la microcuenca Mollebamba, no incluye el análisis histórico de eventos climáticos extremos y sus impactos a nivel de las regiones Apurímac y Cusco a que se refiere el Objetivo Específico 1 del capítulo 4.

Este estudio no incluye la caracterización y evaluación del riesgo de desastres asociado a peligros climáticos directamente, pero si su incidencia sobre eventos de remoción en masa y los impactos que éstos últimos podría tener para la infraestructura física y los centros poblados en la microcuenca Mollebamba<sup>2</sup>.

### 3. HIPOTESIS

La actividad geodinámica natural en la microcuenca de Mollebamba, está regida por su constitución geológica, su geomorfología y la cobertura vegetal, sobre la cual actúan elementos meteorológicos.

En la microcuenca Mollebamba hay referencias de manifestaciones del Cambio Climático, en términos de modificaciones en el régimen de precipitaciones e incremento gradual de temperatura, las cuales podrían estar contribuyendo al incremento de la erosión, a deslizamientos y formación de huaycos. Adicionalmente, dentro del marco del Cambio Climático, también hay referencias de que se estaría produciendo cambios en la variabilidad climática que también alteran la frecuencia de los mencionados eventos y la magnitud de los mismos.

Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se intensifican e incrementan su potencial de peligro en épocas húmedas, por efecto de precipitaciones que aceleran la erosión y facilitan la formación de huaycos, deslizamientos y caudales.

Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se han intensificado debido a intervenciones humanas en el territorio, que se producen en forma continua, siendo los principales, el cambio de uso del suelo (incorporación de nuevas áreas agrícolas, abandono de áreas agrícolas), la deforestación, asentamientos humanos, instalación de infraestructura física (vial y de riego principalmente), la forma de regadío que favorecen la erosión del suelo, etc.

En la microcuenca de Mollebamba en el pasado han ocurrido eventos de geodinámica externa que han producido daños a centros poblados, infraestructura vial y productiva, que actualmente constituyen peligros para las comunidades.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivos General

Realizar un análisis de los riesgos de desastres desencadenados por eventos climáticos extremos acontecidos en los últimos 40 años en Apurímac y Cusco, y una identificación y análisis de los peligros climáticos y de remoción en masa, así como de la vulnerabilidad de los centros poblados y la infraestructura, en las Microcuencas Huacrahuacho y Mollebamba

### 4.2 Objetivos Específicos

#### Objetivo Especifico 1

---

<sup>2</sup> En cambio el Estudio sobre Sistemas productivos y Percepciones si hace una caracterización y evaluación de los peligros climáticos y los impactos directos sobre la agricultura y ganadería y sobre la seguridad alimentaria en la microcuenca Mollebamba.

Inventariar los desastres desencadenados por eventos climáticos extremos en las regiones Apurímac y Cusco en los últimos 40 años y efectuar un análisis histórico de estos; según tipo, recurrencia, áreas afectadas, e impactos físicos, sociales y económicos, estableciendo los cambios operados en el tiempo y sus tendencias.<sup>3</sup>

### **Objetivo Específico 2**

Realizar una identificación y mapeo de los peligros de origen climático y de los fenómenos geodinámicos en las microcuencas Mollebamba y Huacrahuacho, que puedan ser desencadenados por estos y una identificación de los factores antrópicos que puedan estar intensificándolos o creando condiciones para su generación.

### **Objetivo Específico 3**

Realizar una identificación de los elementos expuestos a los peligros y una evaluación de las condiciones de vulnerabilidad y riesgo que enfrentan los centros poblados, y la infraestructura prioritaria (vías e infraestructura de riego), elaborando fichas técnicas para reducir el riesgo en las áreas críticas, en las microcuencas Mollebamba y Huacrahuacho

## **5. ANTECEDENTES.**

En la microcuenca Mollebamba no se ha realizado un estudio con los mismos objetivos o similares al que ha planteado el PACC y al que se refiere este informe. Sin embargo, a nivel de la región Apurímac se ha conocido los estudios y planes que a continuación se enumeran, los cuales han sido consultados y sirvieron de marco de referencia para el presente estudio:

- a. Diagnóstico de sequía y desertificación realizada por ITDG en coordinación con la Gerencia de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Apurímac.
- b. Plan de prevención y atención de desastres de la región Apurímac
- c. Plan de Operaciones de Emergencia de la Región Apurímac
- d. Plan Regional de Contingencia de lluvias y nevadas 2008
- e. Plan Regional de Contingencia ante la ocurrencia de eventos fríos y/o heladas 2008
- f. Estudio Mapa de Peligros de la ciudad de Abancay realizado por el Programa Ciudades Sostenibles del INDECI.

Sin embargo se hace referencia a estudios similares elaborados por PREDES en otras microcuencas del país, dentro de las cuales se menciona como los más relevantes: Estudio de Riesgo asociado a Huaycos e Inundaciones en los distritos San Mateo, Matucana, San Jerónimo de Surco, Ricardo Palma y Santa Cruz de Cocachacra, en la Cuenca del río Rímac, región Lima provincias, año 2000-2001, que sirvieron de base para planes de ordenamiento urbano en las capitales distritales y la identificación de medidas para reducir el riesgo de desastres. También se mencionan el Diagnóstico de Peligros en la microcuenca del río Qochoq en la provincia Calca, región Cusco, realizado en el 2008 y que permitió zonificar el riesgo y proponer medidas de gestión de riesgo de nivel distrital.

## **6. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

<sup>3</sup> Este Objetivo no es cubierto por el presente Informe porque corresponde a una actividad paralela que viene desarrollándose a nivel regional.

La microcuenca Mollebamba se ubica entre las siguientes coordenadas geográficas expresadas en coordenadas UTM, ubicadas en la zona 18 del esferoide internacional:

**Coordenadas Geográficas:**

Latitud: 14° 33' 00 – 14° 76' 00 Sur  
Longitud: 72° 78' 00 – 73° 05' 00 Oeste

**Coordenadas (UTM):**

Latitud (Y):	8415149	8415146
Longitud (X):	739197	710475

Políticamente la microcuenca Mollebamba pertenece en su mayor parte al distrito Juan Espinoza Medrano y un área de la parte sur al distrito Sabaino, ambos de la provincia de Antabamba, región Apurímac.

Los límites de la microcuenca son los siguientes:

**Norte** : Comunidad Matara, Comunidad de Antilla.

**Sur** : La Unión Cotahuasi (Arequipa), Parinacochas (Ayacucho).

**Este** : Comunidad de Antabamba.

**Oeste** : Comunidad de Caraybamba (Aymaraes).

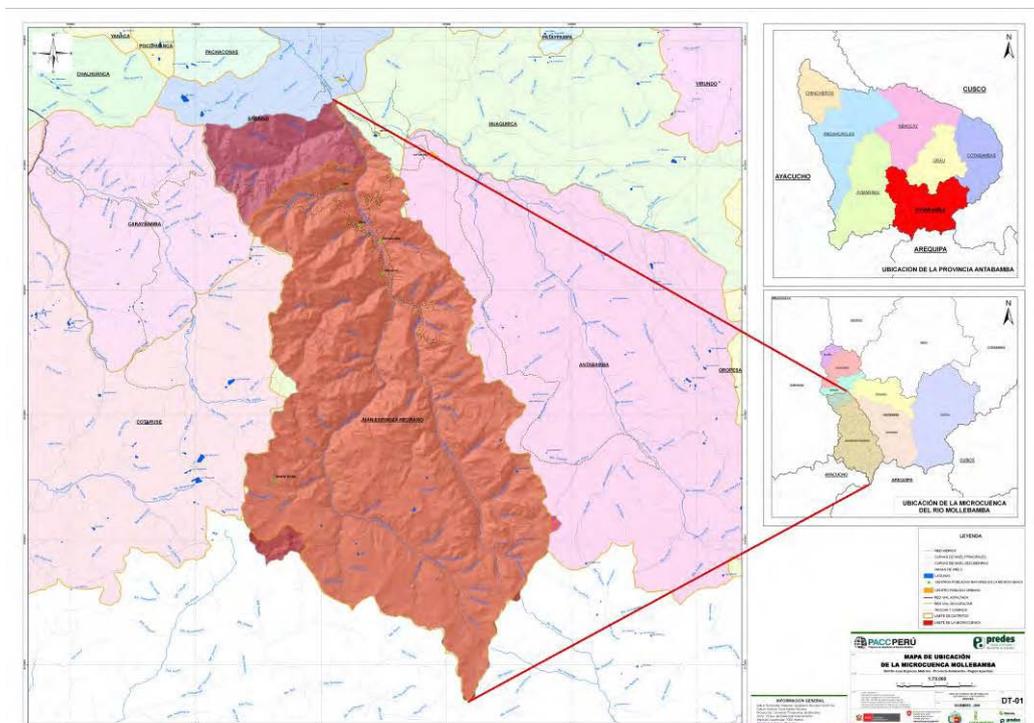


Grafico 6.1  
Mapa de ubicación de la microcuenca Mollebamba

**6.1 Acceso**

Existen dos accesos a la microcuenca Mollebamba, el primero desde el Este por la ruta de Antabamba y la segunda por el oeste desde Challhuanca.

**Ruta 1:** Abancay - Santa Rosa – Antabamba – Juan Espinoza Medrano (Mollebamba)

Cuadro N° 6.1  
Interconexión Vial 1

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO	CATEGORIA	ESTADO
Abancay – Santa Rosa	75 Km.	1.00 h.	Interdept. (ruta 26)	Bueno
Santa Rosa – Antabamba	72.5 Km.	3.00 h.	Trocha carrozable	Regular
Antabamba – Mollebamba	32.5 Km.	1.30 h.	Trocha carrozable	Regular

Elaboración: PREDES – Fuente: datos del IIDA 2008.

**Ruta 2:** Abancay - Challhuanca - Juan Espinoza Medrano

Cuadro N° 6.2  
Interconexión Vial 2

RUTA	DISTANCIA	TIEMPO	CATEGORIA	ESTADO
Abancay – Challhuanca	180 Km.	2.00 h.	Interdept. (ruta 26)	Bueno
Challhuanca – Mollebamba (Juan Espinoza Medrano)	80 Km.	2.00 h.	Trocha carrozable	Regular

Elaboración: PREDES – Fuente: datos del IIDA 2008.

## 6.2 Distribución vertical de los centros poblados mayores

Los centros poblados se ubican a lo largo de la microcuenca Mollebamba, pero es la zona baja donde se concentra los mayores y mas importantes centros poblados, es así que de los 4 centros poblados urbanos de la microcuenca, se puede definir que Mollebamba y Silco se encuentran dentro de la zona Baja, Vito y Calcauso en el limite de la zona baja y media y la comunidad de Santa Rosa se ubica en la parte alta, pero representa una minima cantidad de población en relación al total de la microcuenca.

Cuadro 6.3  
Altitudes de los centros poblados en la microcuenca Mollebamba

Centro Poblado Urbano	Altitud en m.s.n.m
Calcauso	3537
Mollebamba	3290
Silco	3331
Vito	3527
Santa Rosa	4500

## 7. METODOLOGÍA

## 7.1. Marco teórico

El Centro de Estudios y Prevención de Desastres tiene un enfoque sobre los desastres que se sintetiza en una frase: *Los desastres no son naturales*<sup>4</sup>

Si bien algunos peligros naturales desencadenan desastres, sin embargo, estos últimos no tienen por qué ser considerados “naturales”.

Un desastre es la correlación entre eventos naturales peligrosos (con una magnitud capaz de producir daños) y determinadas condiciones de vulnerabilidad, que se traducen en formas socioeconómicas y físicas vulnerables (como viviendas con deficiencias técnicas en su construcción, ubicación de viviendas e infraestructuras en suelo inestable, cultivos poco resistentes a temperaturas bajas en zonas donde la temperatura periódicamente es muy baja, etc.)

No todo fenómeno natural es peligroso. Algunos, por su tipo y magnitud, así como por lo sorpresivo de su ocurrencia, constituyen peligros. Por ejemplo, un terremoto, una helada, una sequía severa, lluvias torrenciales.

El peligro que representa un fenómeno natural puede ser permanente o pasajero. En todos los casos se le denomina así porque es potencialmente dañino.

Vulnerabilidad es la susceptibilidad de sufrir daño. La vulnerabilidad de una unidad social depende de su nivel de exposición al peligro, de su nivel de fragilidad o resistencia a la acción del peligro y de la capacidad de responder ante el peligro y recuperarse.

La exposición alude a la localización en términos espaciales y temporales, o sea en el lugar donde el peligro se desenvuelve y en el periodo en que ocurre.

Una unidad social está expuesta y frágil a la acción de un peligro, si es no ha sabido construir su hábitat y sus medios de vida considerando los cambios estacionales y recurrentes que se producen en el ambiente donde habita.

No todas las sociedades son igualmente vulnerables, algunas sociedades si han captado esos cambios y han desarrollado diversas estrategias para estar protegidas ante eventos de la naturaleza que pueden causarles daños.

Las condiciones de vulnerabilidad de una sociedad se van gestando en el proceso de desarrollo y pueden ir acumulándose progresivamente configurando una situación de riesgo.

Detrás de las condiciones de vulnerabilidad física existen causas que explican su existencia, por lo general son de índole socioeconómica, cultural, desconocimiento sobre el medio natural, pérdida de relación equilibrada con el medio natural, falta de acceso a tecnologías apropiadas.

No solamente las sociedades humanas y sus medios de vida son vulnerables a eventos de la naturaleza, sino que la misma naturaleza es susceptible de daño ya sea por acción humana o por eventos de la misma naturaleza. Las intervenciones humanas equivocadas afectan ecosistemas, agotan algunos recursos no renovables y depredan cobertura vegetal que constituye la coraza de protección que tiene el suelo

<sup>4</sup> Tomado de “Como entender los Desastres Naturales”, Gilberto Romero y Andrew Maskrey en “Los Desastres no son Naturales”, Andrew Maskrey Compilador, 1993, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, <http://www.desenredando.org>

ante eventos altamente erosionables como son el agua, el viento, entre otros. Eventos climáticos puntuales o de carácter más sostenido pueden destruir ecosistemas, medios de vida y recursos naturales con los cuales la sociedad humana cuenta para realizar su existencia.

Los riesgos de desastres se configuran en el mismo proceso de desarrollo, son los actores del desarrollo quienes con sus decisiones y actividades tendientes a mejorar sus condiciones de vida y lograr un mayor confort, generan condiciones de vulnerabilidad frente a probables eventos de la naturaleza, cuando ignoran la forma cómo funciona ésta o a pesar de conocer, realizan intervenciones en ella para aprovechar sus recursos, con efectos e impactos negativos, en el corto, mediano o largo plazo. Las intervenciones humanas también tienen efectos en la aceleración e incremento del potencial destructivo de algunos eventos naturales climáticos y geológicos.

Los riesgos que luego se convierten en desastres, cuando no han podido ser controlados a tiempo, se generan en el mismo proceso de desarrollo y son procesos construidos socialmente en los que participan los actores del desarrollo. Para poder reducir los riesgos de desastres hay que incorporar el enfoque de prevención en el proceso del desarrollo, que supone conocer el riesgo y conceptualizar un desarrollo que reduzca riesgos y que no los incremente.

Uno de los principales actores de la reducción de riesgos es la población, para lo cual necesita tomar conciencia sobre los riesgos y comprometerse en participar en su reducción. La población es víctima de desastres, que le han causado diverso tipo y grado de daños y pérdidas, cuando no considera los procesos naturales se localiza en zonas donde ocurren eventos, desarrolla actividades que suscitan mayor actividad geodinámica, exacerbando los peligros o incluso creando nuevos peligros. Pero la población también es sujeto de transformación y como producto de esas experiencias negativas, a lo largo del tiempo ha diseñado estrategias para protegerse, afrontar y recuperarse, conocimientos y experiencias, que deben ser sistematizados.

El estudio adoptó una metodología participativa, donde los actores locales dan a conocer la información y conocimientos sobre los eventos que consideran peligros, y sobre el proceso que han seguido, los desastres ocurridos en el pasado y los elementos que consideraron más vulnerables.

Se puso especial atención a la información histórica de los últimos 40 años para preguntarse por a) cambios del clima sostenidos en el tiempo, y b) cambios en la variabilidad climática.

No existen registros de información geológica, meteorológica e hidrológica de la microcuenca Mollebamba, dado que no hay estaciones de registro en el lugar ni cerca, pero tampoco hay estudios de estas características y a esta escala, realizados previamente en la zona.

### **La participación de la población se dio a través de dos mecanismos:**

Participación en Talleres con comunidades  
Acompañantes informantes en el recorrido de campo.

La participación en talleres permitió a) realizar un mapeo de eventos que causaron desastres en la comunidad incluyendo fechas y localización b) validar (confirmando, corrigiendo y ajustando) información contenida en el mapa base, c) orientación para realizar el recorrido de campo y d) validar los resultados del estudio en la fase final.

## 7.2. Secuencia metodológica:

En una primera fase se produce una aproximación a la problemática de la zona de estudio a través del acopio y análisis de información cartográfica y documental.

En una segunda fase el equipo técnico realiza el recorrido de campo para verificar información recibida de la población local a través de talleres y entrevistas, para ello utiliza los equipos de observación y medición adecuados. Se recoge información sobre características de los peligros y de las vulnerabilidades que permiten dimensionar los probables daños y pérdidas que se podría tener a futuro.

En relación a la información de campo el estudio siguió cuatro pasos, siendo los dos primeros compartidos con el Estudio de Sistemas Productivos y Percepciones a través de los talleres comunales.

Se definieron metodologías específicas para cada uno de los pasos, desde el trabajo de campo hasta el procesamiento de la información:

- a. Elaboración de la Cronología de eventos climáticos y geodinámicos que están en función de las percepciones de la gente.
- b. Elaboración del Mapa Parlante en el que se localiza la infraestructura y los peligros a los que esta expuesta.
- c. Trabajo de campo, para validar la información recogida en talleres y para ubicar los peligros y caracterizarlos utilizando criterios litológicos, estructurales, geomorfológicos, topográficos, antrópicos y climáticos.
- d. Procesamiento de información cartográfica y de carácter espacial así como para el desarrollo de modelos para la elaboración del mapa de susceptibilidad del territorio obteniendo resultados que se direccionada a responder las hipótesis planteadas.

### 7.2.1 Metodología para la elaboración de la Cronología de eventos climáticos y geodinámicos que están en función de las percepciones de la gente.

En la microcuenca Mollebamba se realizaron 5 talleres, uno en cada centro poblado, con el objetivo de obtener información que permita una visión primera de la problemática de cada comunidad y facilitar la organización del trabajo de campo. El taller se denominó en el idioma quechua “Kuskaymanta Yachayninchis”, que significa *Conociendo juntos la comunidad*. Los temas que se trabajaron en dichos talleres fueron; mapa parlante, percepción de la población sobre los riesgos, transecto de la comunidad, fuentes de información sobre el clima, el taller se desarrolló en cada una de las comunidades como primera actividad de entrada a la comunidad antes de empezar el trabajo de campo.

Los participantes en los talleres fueron líderes comunales y población en general.

Comunidad	Fecha	Participantes		
		Mujeres	Varones	Total
Mollebamba	23/08/2009	13	16	29
Calcauso	25/08/2009	44	60	104
Vito	29/08/2009	14	16	30
Silco	31/08/2009	15	13	28
Santa Rosa	02/09/2009	2	13	15

Los talleres fueron conducidos por el personal de PREDES que realizaba los estudios sobre Sistemas productivos-Percepciones y sobre Riesgos de eventos de remoción en masa.

En cada taller, se conformó un grupo de trabajo de 12 a 30 personas, hombres y mujeres, preferentemente mayores de 30 años, quienes tenían la tarea de recordar los eventos climáticos y geológicos que se habían producido en la comunidad en los últimos 40 años.

Una vez conformado el grupo de trabajo, se indicó a los participantes que cierren los ojos y todos retrocedan en el tiempo hasta 1970 y a partir de ese año recuerden qué eventos climatológicos (helada, sequía, nevada, viento fuerte, lluvias torrenciales, granizadas) o geodinámicos (huaycos, inundaciones, deslizamientos, derrumbes, caída de rocas) ocurrieron en la comunidad y causaron daños en personas, cultivos, animales, viviendas, infraestructura física, si faltó alimentos.

Seguidamente se hizo una lluvia de ideas donde cada participante indicó un evento ocurrido y la fecha aproximada en el que ocurrió, luego se puso a consideración del grupo para validar si el evento realmente ocurrió y la fecha más aproximada. Se utilizó diversos medios ayudar en la recordación de las fechas de los eventos, como por ejemplo: relacionando con el nacimiento de sus hijos, con su unión de pareja, la fecha en que su hijo o hija entró al colegio.

Una vez identificado el evento se pidió que describan como se presentó y cuales fueron los daños que causó, pero además que ubiquen en qué lugar de la comunidad ocurrió.

Una vez construida la matriz de eventos, se trabajó con los participantes la priorización de peligros en la comunidad, para lo cual se hizo la siguiente pregunta ¿Cuál de todos los peligros ocurridos fue el mas perjudicial? En los talleres realizados en cuatro de las cinco comunidades (Mollebamba, Vito, Silco y Calcauso) los asistentes llegaron a la conclusión de que el evento más perjudicial en la microcuenca Mollebamba es la Helada, en un segundo lugar ubicaron a la Sequía.

En la comunidad Santa Rosa localizada en la parte alta de la microcuenca, por encima de 4200 m.s.n.m, la conclusión fue que el evento más perjudicial es la Nevada, en un segundo lugar está la sequía.

A partir de esta priorización se trabajó los Impactos de los dos eventos priorizados más perjudiciales.

Se hizo un análisis de los efectos, impactos, causas, acciones de prevención, acciones de respuesta, acciones de recuperación, por actividad productiva.

Las respuestas de las preguntas fueron consensuadas con los participantes para llenar cada una de las columnas de las matrices y tener información sobre los efectos e impactos de los eventos.



Figura 7.1

Desarrollo de la cronología de eventos en los talleres comunales

### 7.2.2 Metodología para la elaboración de los mapas parlantes

Es la representación grafica de los elementos de la realidad, evento o suceso, logrado con la participación de personas que conocen el medio local.

En cada taller, se conformó un grupo de trabajo de 6 a 8 personas, hombres y mujeres, que conozcan al territorio, a quienes se les expuso el objetivo del trabajo a realizar, que fue: identificar los lugares donde ocurren huaycos, deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, inundaciones y otros similares, y que han causado daños en la infraestructura de riego, en los cultivos, en los centros poblados y en las vías de transporte.

Los participantes trabajan con los siguientes materiales:

- Mapas Base con las características topográficas e hidrográficas, localización de los principales centros poblados y vías.
- Papel transparente que permite sobreponer y sobre escribir usando el mapa de base, plumones de diferentes colores.

Se inicia con la definición de los límites territoriales de la comunidad, luego la infraestructura de riego trazando el recorrido de los canales principales de la comunidad. Posteriormente se definió la actualización de la infraestructura vial, la

ubicación aproximada de los centros poblados mayores de la microcuenca, guiándose por la red hídrica y por la topografía que conforma su medio.

Finalmente se ubican las áreas de cultivo de una forma tentativa, que permita tener ideas del uso actual de los suelos dentro de la microcuenca.

Luego se identifica todos los peligros geológicos de remoción en masa, deslizamientos, caída de rocas, reptación de suelos, huaycos, que aquejan o impactan sobre las infraestructuras generando ambientes inestables, que alteran el funcionamiento normal de las actividades económicas y sociales culturales de la población.



Figura 7.2

Elaboración de mapas parlantes en los talleres comunales

### 7.2.3 Metodología de levantamiento de información en campo

Con el fin de identificar los peligros y procesos geológicos, priorizando las áreas donde está localizada la infraestructura productiva, económica y física de la microcuenca se realizó recorrido de campo para observación física.

Los recorridos de campo fueron programados previamente con la población en los talleres comunales

La observación física de campo se registró en la siguiente ficha:

### Cuadro 7.2

### Fichas de datos para toma de información en campo

FICHA DE DATOS	
Zona:	
Comunidad:	
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Norte:	
Este:	
Altitud:	
FACTORES INTRINSECOS PARA LA GENERACIÓN DE EVENTOS	
Aspecto estructural	
Aspecto litológico	
Aspecto antrópico	
Aspecto Geomorfológicos - topográfico	

A continuación se define los conceptos contenidos en la ficha:

#### 7.2.3.1 Zona

Hace referencia a la zona donde se encuentra el punto a ser observado. Para el presente trabajo se consideró pertinente sectorizar la microcuenca en zona alta, media y baja, para la codificación de la localización de los eventos.

En la base de datos se tiene información de las zonas donde se encuentran los puntos levantados en el recorrido de campo.

#### 7.2.3.2 Comunidad

Se refiere a la jurisdicción a la que pertenece el área visitada. Se cuenta con información de la clasificación de los puntos en función de la comunidad en la cual se encuentra.

#### 7.2.3.3 Ubicación Geográfica

Para georreferenciar los peligros y los puntos observados, donde se producen Procesos de Remoción en Masa PRM, se utilizó equipos GPS con altímetro barométricos y una precisión de 3 metros en promedio que para la escala de trabajo es bastante aproximado a la realidad.

Considerando los protocolos cartográficos que regía la elaboración de los informes se definió utilizar coordenadas UTM para la toma de las coordenadas, así como considerar la Zona 18 SUR del esferoide internacional.

#### 7.2.3.4 Factores intrínsecos para la generación del evento

Los criterios para la identificación de los puntos de PRM se definieron en función de las características intrínsecas del territorio, es así que el factor litológico, el factor estructural, topográfico y antrópico cobraron importancia a la hora de identificar los PRM.

##### a. El factor estructural

Se consideró como relevante puesto que se encuentra directamente relacionado con la generación de material detrítico o bloques que conforman zonas potencialmente inestables para ser movilizados.

Las estructuras comprenden principalmente planos de estratificación, sets de diaclasas, grietas de tensión y fallas, siendo necesaria que éstas sean caracterizadas en cuanto a su abertura, relleno y rugosidad. La presencia de diversos sets estructurales y de estructuras que conforman planos de ruptura mayores en la roca podrá permitir la generación de cuñas que representan posibles planos de deslizamiento en las laderas. De igual forma actuaría la estratificación, sobre todo si se trata de rocas alteradas y meteorizadas. La condición y orientación de las estructuras es bastante relevante, encontrándose que estructuras abiertas con rellenos de minerales blandos o estructuras poco rugosas, tenderán a conformar planos de debilidad en el macizo; por otro lado estructuras en la dirección del manto del talud generarán condiciones inestables para la ladera.

En la evaluación de peligro de generación de derrumbes o caídas de rocas, las fallas geológicas intervienen como un factor importante ya que condicionan la generación de bloques o material suelto, susceptibles a ser removidos ya sea por vibraciones sísmicas o, en un contexto de cambio climático, debido a la saturación de agua producto de precipitaciones intensas que afectarían directamente las fracturas.

## **b. El factor litológico**

El segundo factor que se consideró para identificar los peligros producto de los PRM es la litología ya que para el caso de rocas o caracterización de partículas mayores en un suelo, la litología es un factor que influirá en la resistencia a la meteorización y alteración de la roca. La presencia de minerales secundarios, característicos de alteraciones hidrotermales, aceleraría los procesos de meteorización, influyendo de manera relevante en factores como la pérdida de resistencia, facilidad para incorporar agua.

## **c. El factor antrópico**

Es un factor exógeno, ajeno a los procesos de formación natural, pero es de mucha relevancia, ya que ejerce gran influencia sobre la estabilidad de laderas y la generación de eventos de remoción en masa. Hay actividades económicas productivas que contribuyen a eliminar la cobertura vegetal en las cuencas, como tala de bosques, agricultura migratoria, minería, construcción de infraestructura, etc.

## **d. Aspecto Geomorfológico - Topográfico**

Los rasgos geomorfológicos que condicionan eventos de remoción en masa son principalmente la topografía, pendientes, cambios fuertes de pendientes de las laderas y la extensión y altura de las laderas. Estas características inciden en la velocidad, energía y volumen de las remociones que puedan originarse.

Así también, cualquier modificación de ellos puede transformar una ladera estable en inestable y generar remociones.

La topografía escarpada y ángulos altos de pendientes de laderas es el primer factor geomorfológico a considerar, siendo propicios principalmente para la generación de flujos, deslizamientos y derrumbes. En casos específicos, la generación de flujos se ve favorecida por la existencia de laderas de topografía abrupta que disminuyen la estabilidad de los depósitos, donde el escurrimiento de agua superficial actúa como agente desestabilizador. Las pendientes tanto de laderas como de cauces, mientras mayores son, otorgan una alta capacidad de transporte y energía a los flujos.

Pendientes mayores a 25° en la parte alta de la microcuenca, son favorables para el desarrollo de flujos o 'aluviones' aunque algunos podrían generarse sobre pendientes menores que no sobrepasan los 15°.

Estas características son las que definen los criterios para la ubicación y Georreferenciación de los PRM, estos puntos de peligros tienen que ser tipificados y caracterizados para poder definir las características de origen y procesos de desarrollo.

Esta información será útil para la corroboración de los modelos de susceptibilidad que se genera interactuando los factores intrínsecos.

**Cuadro 7.3**  
**Factores condicionantes del territorio para cada proceso de remoción en masa**

Procesos de Remoción en masa Factores Condicionantes	Caída de rocas	Deslizamiento	Huaycos	Reptación de suelos	Erosión Hídrica
Geología estructural	x	x	x		x
Litología	x	x	x		
Geomorfología	x	x	x	x	
Topografía	x	x	x	x	x
Actividad antrópicas	x	x	x	x	x
Hidrometeorología	x	x	x	x	x

En función de la tabla se ve que los factores de mayor relevancia en la microcuenca Mollebamba para la generación de los PRM son la Topografía, Hidrometeorología, y actividades antrópicas en segundo Plano la Geomorfología y la Geología Estructural así como la Litología.

### 7.2.3.5 Cronograma de campo y recojo de información de peligros por PRM

Cuadro 7.4

DIA	ACTIVIDADES	2009														
		AGOSTO										SETIEMBRE				
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Taller de línea de base	■														
2	Salida al campo para reconocimiento de la parte baja de la microcuenca, margen derecha		■													
3	Salida al campo para reconocimiento de la parte baja de la microcuenca, margen izquierda			■												
4	Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro y caracterización física e identificación de elementos vulnerables de la infraestructura (Mollebamba, margen derecha de Quebrada Parcujo)				■											
5	Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro y caracterización física e identificación de elementos vulnerables de la infraestructura (Mollebamba, margen izquierda de Quebrada Parcujo)					■										
6	Sistematización de información de campo recopilada hasta la fecha						■									
7	Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro y caracterización física e identificación de elementos vulnerables de la infraestructura en Calcauso (Quebrada Sillajasa)							■								
8	Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro y caracterización física e identificación de elementos vulnerables de la infraestructura (Silco, Quebrada Silco)								■							
9	Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro y caracterización física e identificación de elementos vulnerables de la infraestructura (Silco, Quebrada Silco) camino a Vito									■						
10	Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro y caracterización física e identificación de elementos vulnerables de la infraestructura (Vito, Quebrada Chaupimayo)										■					
11	Sistematización de información de campo recopilada hasta la fecha											■				
12	Viaje a la comunidad de Santa Rosa y recorrido en dirección Sur Oeste												■			
13	Salida al Campo en la parte alta de la cuenca en sentido hacia la Quebrada Janahuarajo													■		
14	Retorno por la Ruta Santa Rosa – Mollebamba. Revisión de información levantada en campo														■	
15	Salida al campo parte baja de la microcuenca, margen izquierda, con geólogo y el asistente para complementar información.														■	



Figura 7.3

Recorrido de campo, para toma de puntos de peligro sobre el canal  
(Deslizamiento Vito, Qda, Chaupimayo – Comunidad Vito)

#### 7.2.3.6 Codificación de los eventos.

Para la sistematización y ubicación de los distintos PRM que se identificaron en campo se codificó utilizando una matriz con los siguientes aspectos: tipo de PRM, Ubicación en función del Margen, Ubicación en función del sector Alta, Media, Baja; Nivel de afectación alto, medio, bajo y el orden ascendente desde las partes bajas a las partes altas

Cuadro 7.5  
Cuadro de codificación de eventos

TIPO DE PRM	UBICACIÓN EN FUNCION DEL MARGEN	UBICACIÓN EN FUNCION DEL SECTOR	NIVEL DE AFECTACION	ORDEN ASCENDENTE	CODIGO
ALUVION	MARGEN DERECHA	CUENCA ALTA	ALTO	1	ADAA1
CAIDA DE ROCAS		CUENCA MEDIA	MEDIO	2	CDMM2
DESLIZAMIENTO	MARGEN IZQUIERDA			CUENCA BAJA	BAJO
EROSION HIDRICA		4	EIBB4		
HUAYCO		5	HIBBI5		

Ejemplo de Código de un PRM.

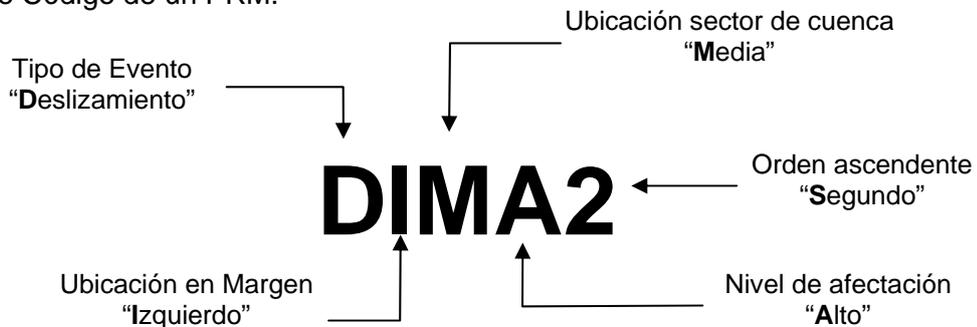


Figura 7.4  
Código de eventos

### 7.2.4 Metodología para procesos de automatización y caracterización de peligros de remoción en masa

Modelar y representar las características físicas de una microcuenca que está sujeta a procesos geodinámicos intensos significa integrar gran cantidad de información que involucra la amenaza como agente activo del riesgo representado básicamente por la susceptibilidad del territorio a la generación de procesos de remoción en masa, así como a los puntos críticos identificados en campo, considerando variables litológicas, estructurales, geomorfológicas, topográficas, antrópicas y climáticas.

Otro componente del riesgo y que se incluye en la representación es la Vulnerabilidad como agente pasivo del riesgo, pero la vulnerabilidad expresada en la exposición de la infraestructura prioritaria de uso común donde resalta los canales de riego, la red vial y los centros poblados dentro de la microcuenca.

Esta metodología explica el modelo conceptual y funcional que se usó para la elaboración de la estructura de la información y para el cruce de los aspectos temáticos que intervienen, así como las características de la información disponible y los procesos que involucra la automatización de información analógica a información digital georreferenciada.

El desarrollo del modelo está basado en la integración de un Sistema de Información Geográfico (SIG) a partir de información obtenida. Dicha información fue almacenada en una base de datos digital, para concentrarla en el software ARCGIS que permitió de manera directa realizar trabajos que tengan como fin planificar acciones de forma inmediata.

#### 7.2.4.1 Recopilación de Información para el Estudio

Antes de generar información cartográfica base y temática se definió las necesidades de información útil que servirá de base para el inicio del proceso, fue la siguiente:

##### **Información Estadística:**

Información recopilada del censo de población y vivienda del 2007 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática para la base de datos de los centros poblados mayores

##### **Cartografía Digital:**

La única información digital base, con la que se pudo contar es la siguiente:

Cuadro 7.6  
Cuadro de información generada dentro del estudio

Nombre	Descripción	Formato	Año	Escala
MAPA GEOLOGICO	Información generada en campo, producto de mapeo geológico a detalle.	SHP	2009	1:25 000
MAPA GEOMORFOLOGICO GEODINAMICO	Mapa que caracteriza la geomorfología en función de la morfometría, morfogénesis y morfodinámica.	SHP	2009	1:25 000
MAPA DE PENDIENTES	Mapa producto de un DEM que expresa las pendientes y variación de estas a la lo largo de la microcuenca expresa en grados sexagesimales.	RASTER	2009	1:25 000
MAPA DE PROCESOS DE REMOCION EN MASA	Mapa donde se ubican los distintos eventos y puntos de peligros identificados en la microcuenca.	SHP	2009	1:25 000
MAPA TOPOGRÁFICO	Mapa producto de restitución fotogramétrica que expresa el relieve de la microcuenca.	SHP	2009	1:25 000
IMAGEN SATELITAL	Imagen Aster con resolución de 15 m x 15 m	RASTER	2009	1:25 000
MAPA DE INFRAESTRUCTURA	Mapa que concentra información de los trazos de canales de riego, y del tramado vial y de los centros poblados en la microcuenca	SHP	2009	1:25 000

### 7.2.4.2 Definición de los datos Geográficos

Los *datos* describen las diferentes observaciones realizadas en un estudio, que se recogen y almacenan en un sistema, mientras que la *información* está constituida por datos almacenados, analizados y procesados que responde a preguntas y resuelve problemas.

Existen dos tipos de Datos los Datos Geométricos y los datos alfanuméricos, los cuales fueron anexados permitiendo generar información para cada ente geométrico.

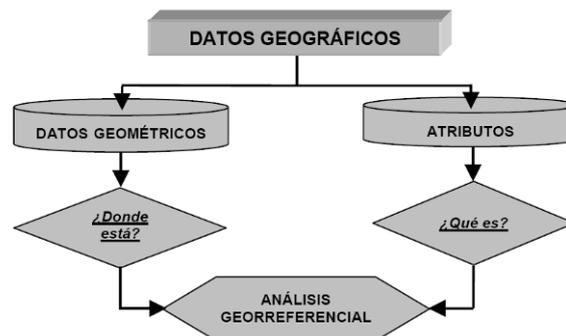


Figura 7.5  
Componentes Básicos de los Datos Geográficos

### 7.2.4.3 Atributos

Los atributos son los datos descriptivos o alfanuméricos de los elementos geográficos que representa la realidad. Generalmente, se conocen los datos no espaciales y se encuentran almacenados en tablas de atributos los cuales podrían dividirse en tablas de atributos básicos, y tablas de atributos de relación que permiten incorporar elementos de caracterización a los componentes geográficos.

### 7.2.4.4 Definición de modelo para el análisis geográfico:

En función de las características del medio donde se desarrolla el proyecto, y en relación a los análisis y resultados que se espera, se optó por asumir al modelo entidad - relación para justificar la parte conceptual del proceso, el modelo entidad relación se eligió porque garantiza la organización de todas las entidades con sus relaciones en un solo esquema de representación de las cosas como son en la realidad. Este modelo es un medio efectivo para mostrar los requerimientos de información, organización y documentación necesarios para desarrollar el SIG y las clases de datos que se estarán manipulando, junto a esto, el modelo lógico es la parte donde se diseña la base de datos el cual contendrá la información alfanumérica y los niveles de información gráfica que se capturarán con los atributos que describen cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellas.

Es en esta etapa que también se elaboran las estructuras en que se almacenarán todos los datos, tomando como base el modelo conceptual desarrollado anteriormente.

Se trata de hacer una descripción detallada de las entidades, los procesos y análisis que se llevarán a cabo, los productos que se espera obtener y la preparación de los mapas finales para los usuarios.

También se define los geo - procesos que se estarán llevando a cabo más adelante y las consultas que se vayan a realizar comúnmente, ya que de la estructura de las bases de datos (gráficas y alfanuméricas) dependen los resultados obtenidos al final; es por lo anterior, que en esta etapa, se hace un diseño detallado de lo que contendrá la información cartográfica y de la presentación que tendrán los productos normalmente.

#### 7.2.4.5 Diseño de la Geodatabase

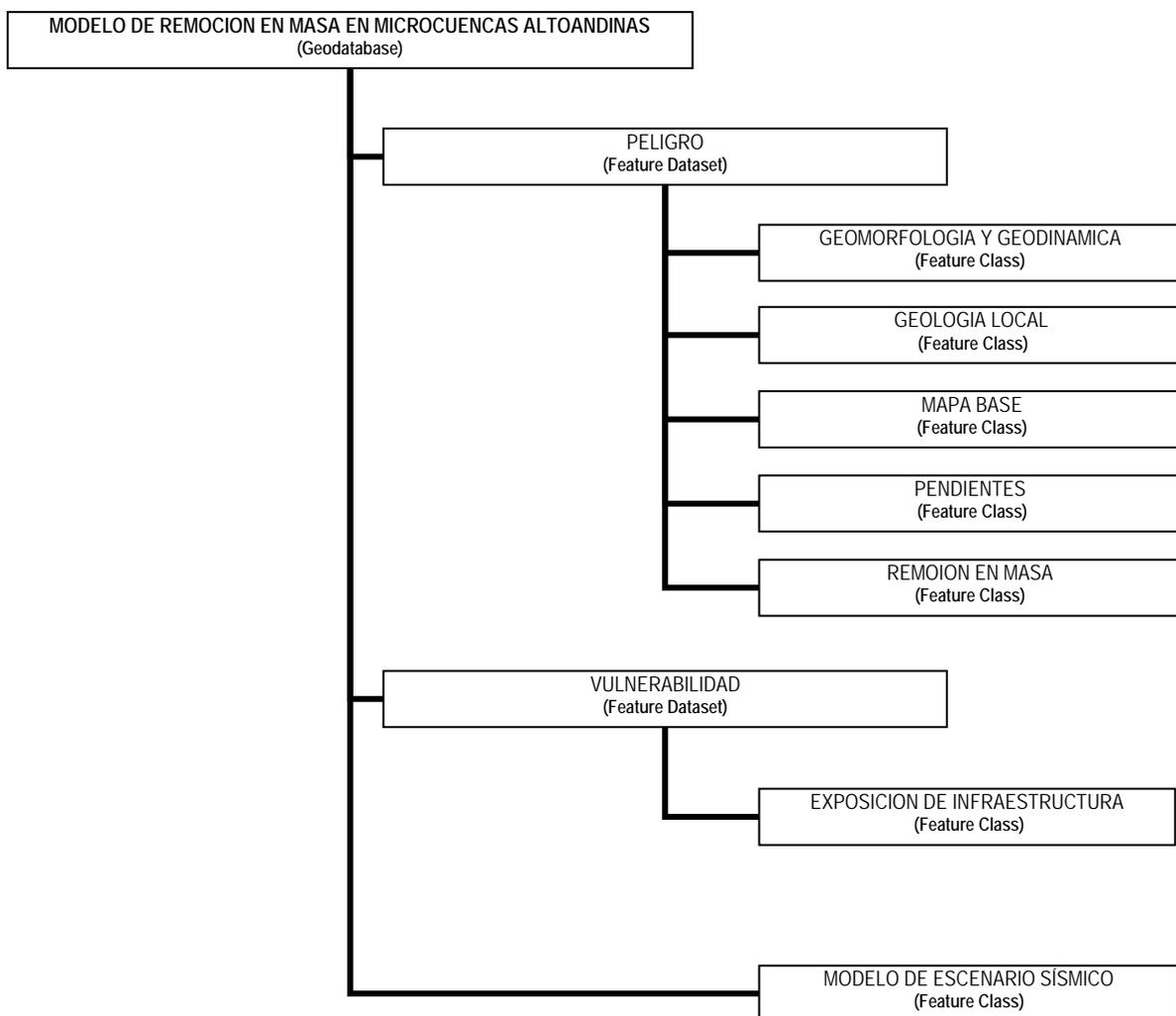


Figura 7.6  
Bosquejo de estructura de información

### 7.2.4.6 Diseño De Modelo Funcional

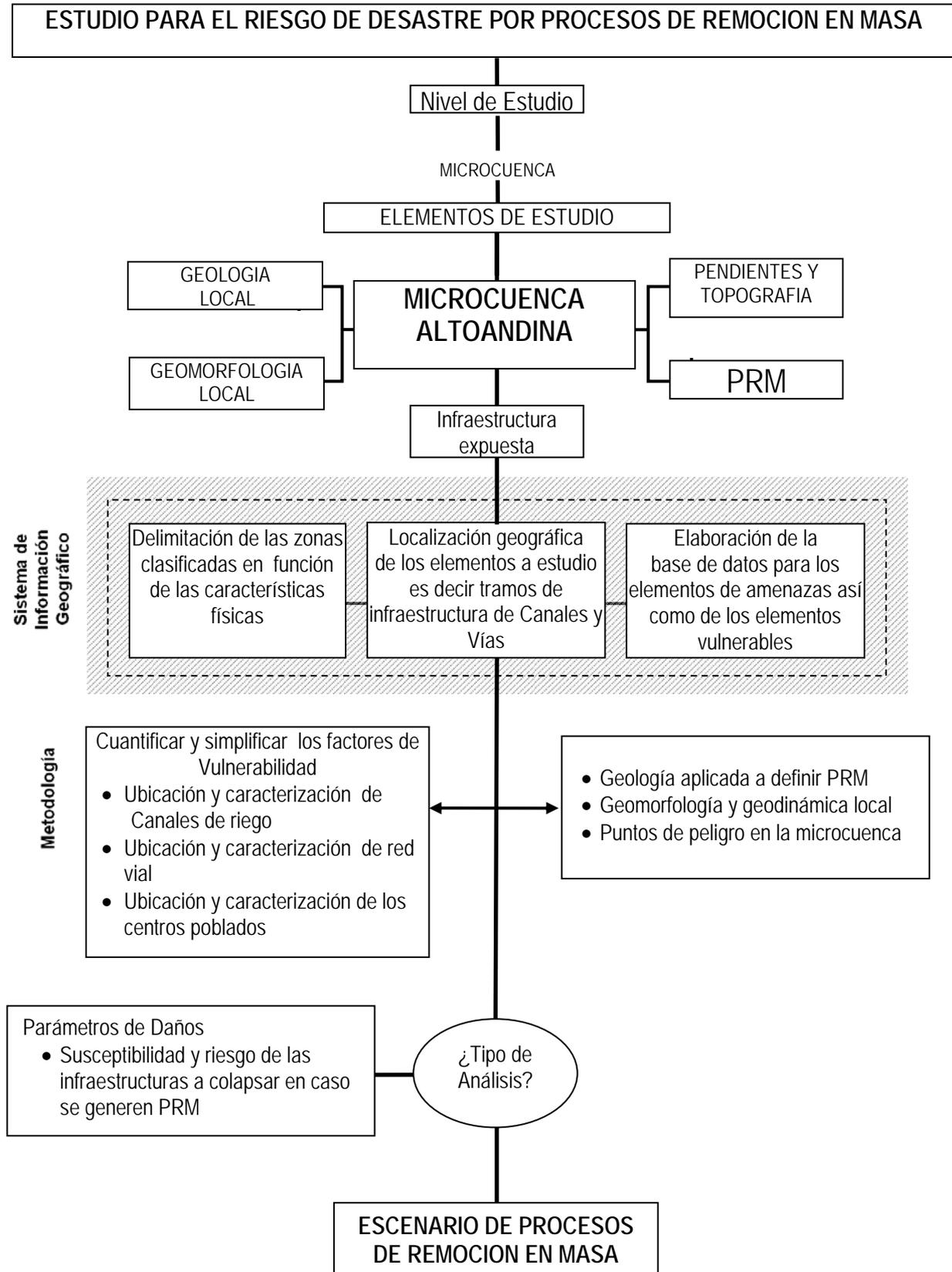


Figura 7.7  
Bosquejo de la estructura el modelo funcional

Cabe resaltar que el modelo funcional desarrollado para este trabajo esta en función de los procesos que se van a desarrollar, que a su vez esta en función de la disponibilidad de información, es por ello que para el caso de peligros climáticos, no se va a desarrollar un modelo funcional, debido a la inexistencia de información que sirva de insumo para ese modelo, de esta forma se restringe el desarrollo de estos conceptos y generación de escenarios producto de los modelos a aquellos eventos que corresponden a Procesos de Remoción en Masa.

#### **7.2.4.7 Elementos de la aplicación del diseño funcional**

La aplicación de los SIG en el estudio de los peligros naturales normalmente está limitada por la cantidad y calidad de información disponible y en el caso particular del presente estudio se determinó trabajar primero con insumos propios sobre condiciones geológicas, geomorfológicas y topográficas y posteriormente cotejarlas con otros aspectos como cobertura vegetal y usos del suelo, a ser proporcionados por el IMA y con datos de precipitaciones proporcionados por el SENAMHI. Pero debido a insuficiencia de datos meteorológicos adecuados y la no disponibilidad de los insumos a cargo del IMA y SENAMHI se vio necesario realizar los procesos en función de los datos generados por PREDES referentes a los factores intrínsecos del territorio como son Geología, Geomorfología, y Topografía.

Para el diseño funcional de la cartografía y planos que seria producto de información analógica se definió el siguiente procedimiento:

- Creación de la Geodatabase donde se organizara la información
- Georreferenciación de mapas en Arcgis 9.3 con error máximo de 0.01 en el eje de las abscisas y las ordenadas.
- Georreferenciación de Imágenes de satelital
- Generación de un DEM, para el desarrollo y generación de curvas de nivel, y posterior calibración con cartográfica fotogramétrico.
- Corrección de mapa de pendientes en función del DEM y observaciones de campo.
- Diseño de y digitalización de mapas geológico, geomorfológico, geodinámico,
- Con relaciona a la información de Vulnerabilidad se reprojecto las capas de límite urbano previamente sectorizado desde un Sistema Geográfico a un sistema proyectado en coordenadas UTM a partir del cual se lleno la base de datos para cada componente.
- Llenado de la base de datos tanto de la Información
- Definición de Proyección UTM
- Definición de las Zona del Esferoide Internacional
- Elaboración de un modelo conceptual para desarrollo de mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa en la microcuenca Mollebamba.

#### **7.2.4.8 Procesos de automatización para determinar Susceptibilidad a Eventos Remoción en Masa**

La susceptibilidad es la predisposición de un determinado territorio a la ocurrencia de algún evento de origen natural, debido a sus condiciones intrínsecas, condiciones que se evidencian en los procesos dinámicos del territorio que en el se desarrollan.

Para poder definir las condiciones de susceptibilidad de un territorio es necesario considerar dos aspectos bien marcados, en principio se tiene que definir las condiciones intrínsecas del territorio, en este caso se tomó la Geología, la cual influye en mayor o menor grado en la generación de PRM, que se refiere al tipo de depósito y el material constitutivo del territorio, la permeabilidad, la litología de las rocas y su estructura, la alteración y meteorización.

En la evaluación de peligros de generación de PRM, el factor geológico aparece como condicionante, puesto que es el que genera la independencia de bloques susceptibles a ser removidos.

Otro factor relevante es la geomorfología y muy importante en la microcuenca Mollebamba debido que tiene una morfodinámica muy intensa, es así que la topografía, la pendiente de las laderas, los cambios fuertes de pendiente, son elementos trascendentes en relación a la generación de los PRM.

El tercer factor es la cobertura vegetal que actúa como elemento de protección del suelo, allí donde existe este recurso.

El cuarto factor en importancia es el uso del suelo, es el elemento antrópico, caracterizado por actividades agrícolas, pecuarias y construcción de infraestructura física.

El elemento activo, desencadenante de los PRM son las precipitaciones, porque altera los procesos geológicos.

Estos elementos deben interactuar para poder determinar un modelo que nos permita conocer cual es el comportamiento de los factores intrínsecos cuando son alterados por los factores extrínsecos que en un contexto de cambio climático es la precipitación, pero por limitaciones de información, el presente modelo se limita a los factores intrínsecos del territorio, es decir que el resultado expresa la interacción de los elementos pasivos o intrínsecos en la microcuenca sin considerar el factor desencadenante.

En resumen, conociendo las características físicas de la microcuenca Mollebamba incluidos los aspectos intrínsecos y los aspectos extrínsecos podríamos zonificar los eventos de remoción en masa. En este caso se ha zonificado la susceptibilidad del territorio a la formación de Procesos de Remoción en Masa aplicando un método propuesto por Germán Vargas Cuervo, al cual se le aplicó algunos cambios o variaciones que nos permiten obtener resultados enmarcados dentro de las características de un estudio desarrollado dentro del contexto de cambio climático.

El criterio para adoptar la metodología de Vargas Cuervo fue el limitado acceso a información hidrometeorológica.

Considerando lo antes mencionado se tiene el diagrama metodológico que es una variación y adecuación de la metodología propuesta por **German Vargas Cuervo en la publicación de la Tesis Doctoral - Desarrollo de Métodos de Cartografía y Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa en los Andes Colombianos" - *Developpement de Methodes de Cartographie des Mouvements de Masse et de Zonage de l'Alea dans les Andes de la Colombie***".

Esta variación y adecuación se dio debido a la disponibilidad de información y objetivos del estudio **ya que lo presentado por German Vargas Cuervo** se fundamenta en el cálculo del peso o susceptibilidad es medida por la relación: Densidad de Superficie acumulada de movimientos en masa (según el tipo), por la superficie acumulada de una misma unidad cartográfica de parámetro (UCP) así:

$$W\% = \text{DZX} * 100 / \text{S} \text{ donde:}$$

**DZX** = Superficie acumulada de movimiento en masa de tipo X

(1. Flujos de suelo, 2. Flujos de detritos y 3. Deslizamientos).

**S** = Superficie total acumulada de la UCP

Para aplicar este método de análisis, se evaluó cada uno de las unidades de parámetro con cada uno de los tipos de movimientos en masa definidos

Para la zonificación de la susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa se tendrán en cuenta los mapas índices producto: ingeniería geológica, morfología, pendientes, conflictos de uso de los suelos.

De cada unidad de parámetro índice se establecieron las relaciones de densidad de cada uno de los movimientos clasificados. Esto permite obtener mapas de susceptibilidad por un movimiento específico de cada parámetro de estudio.

Para facilitar el análisis digital y obtener una representación cartográfica más clara se definen intervalos, que se conservan para todo el análisis. Para este caso se establecieron seis categorías como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro: 7.7  
Categoría de Susceptibilidad

VALOR	INTERVALO	CATEGORIA
1	< 0.25	Nula a Muy Baja
2	0.26 – 0.5	Baja
3	0.51 – 1	Media
4	1.01 – 2	Media Alta
5	2.01 - 4	Alta
6	> 4.01	Muy Alta

*Nota: La Categoría de Susceptibilidad del cuadro 7.7 esta sujeta a la evaluación de todos los factores presentados en la metodología presentada por Vargas Cuervo, en el caso del estudio no se aplica directamente ya que las variables de intervención fueron menores debido a la disponibilidad de información.*

DIAGRAMA METODOLOGICO DE ZONIFICACION DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

(Fuente primaria – Modelo de German Vargas Cuervo)

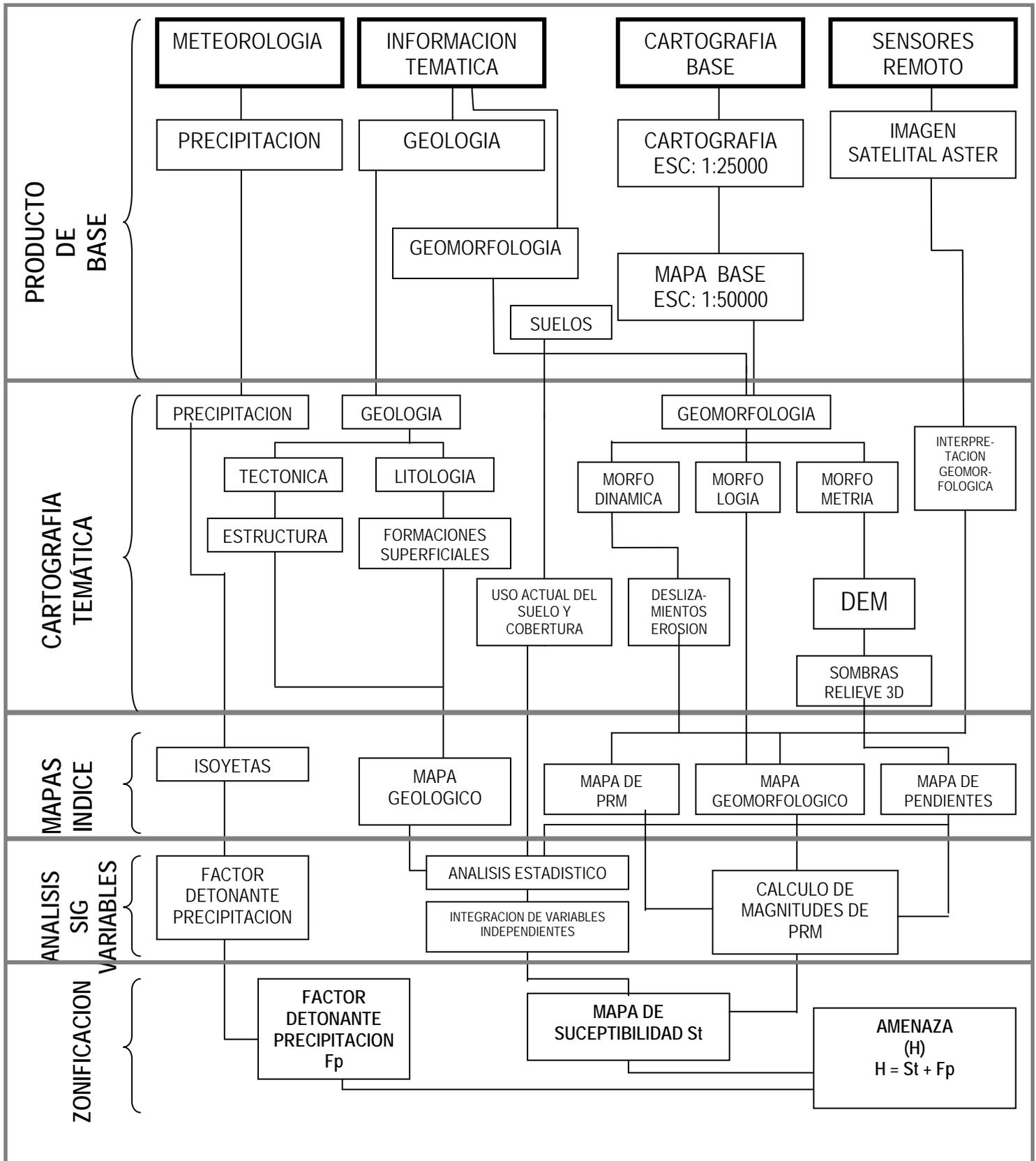


Figura 7.8

Esquema Modificado de la propuesta dada por Vargas Cuervo

## 8) RESULTADOS

Las actividades geodinámicas que se producen de manera natural en las microcuenca, esta regida por su constitución geológica, su geomorfología y la cobertura vegetal, sobre la cual actúan elementos meteorológicos, para lo cual es necesario realizar una identificación y mapeo de los peligros de origen climático y de los fenómenos geodinámicos, que puedan ser desencadenados por la acción de variables climáticas extremas.

Conociendo esto se define como necesario considerar todos los elementos y procesos que intervienen en la microcuenca Mollebamba dentro de los resultados partiendo desde el conocimiento de las características físicas, geológicas, pasando por el comportamiento y ocupación del territorio hasta definir los peligros ubicados espacialmente dentro de la microcuenca, respondiendo así las hipótesis y cumpliendo con los objetivos de la investigación.

### 8.1 Morfología de la microcuenca

Cuenca o microcuenca, es una unidad hidrológica y geofísica delimitada por la línea divisoria de aguas, son áreas naturales cuya topografía permite recolectar, almacenar y drenar las aguas que corren por su superficie formando un solo sistema pluvial.

Si el suelo fuese totalmente impermeable, la cuenca estaría definida topográficamente por la línea divisoria de aguas, sin embargo, en caso de suelos permeables, la cuenca real puede diferir de la cuenca topográfica, considerando la hidrología y el sentido de los acuíferos.

En el caso de la microcuenca Mollebamba se establece como límite la línea divisoria de aguas o la cuenca topográfica debido a que no existe un estudio de la hidrogeología que defina el curso de las aguas subterráneas en la microcuenca.

El presente estudio se define por la red conformada por el Río Mollebamba como curso principal al cual confluyen el río Yanahuarajo y el río Sequeña<sup>5</sup>, los cuales a su vez están formados por diversos cursos de primer y segundo orden.

La morfología de la cuenca se define en función de los parámetros fisiográficos que son de tres tipos:

- Parámetros de forma
- Parámetros de relieve
- Parámetros relativos a la red hidrográfica

(El detalle de los cálculos de parámetros fisiográficos se presenta en Anexos)

<sup>5</sup> En algunas partes del texto Yanahuarajo y Sequeña se denominarán como quebradas o sectores.

Cuadro N° 8.1  
Características fisiográficas de la Microcuenca Mollebamba

PARAMETROS FISIOGRAFICOS	VALOR
<b>Parámetros de Forma</b>	
Área de la cuenca (S)	698.19 Km <sup>2</sup>
Perímetro de la cuenca (P)	151.81 Km.
Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad	1,62
Factor de Forma de la cuenca	0.16
<b>Parámetros de Relieve</b>	
Amplitud del relieve	2020 m
Coeficiente de masividad	5.2 m/km <sup>2</sup>
Altitud Media de la cuenca	3992.5 m.s.n.m
Coeficiente orográfico	> 6
Pendiente media de la cuenca (%)	4.08 %
<b>Parámetros relativos a las red hidrográfica</b>	
Longitud del microcuenca principal (L)	65.21 Km.
Amplitud de cota	1800 m
Pendiente media del río principal de la cuenca (%)	0.408

Elaboración: PREDES Fuente: Mapa Base microcuenca Mollebamba

Los parámetros físicos en el área de la microcuenca Mollebamba, asociados a su capacidad de respuesta frente a precipitaciones nos ayudarán a determinar su comportamiento geomorfológico.

Si bien estos cálculos son más usados en hidrología, sin embargo son muy necesarios para el análisis geomorfológico, porque ayudan a definir matemática y geoméricamente la microcuenca Mollebamba, considerando que sus características intrínsecas es un factor relevante en la generación de procesos de remoción en masa (PRM)<sup>6</sup>.

Generalmente, los factores físicos o geomorfológicos son considerados en forma aislada, sin tomar en cuenta la interrelación que existe entre los distintos parámetros, dentro de un contexto de generación de procesos de remoción en masa, es así que para un mayor rigor científico se representa en forma numérica.

Considerando lo antes dicho se puede afirmar que la descripción sistemática de la geometría de una cuenca, requiere mediciones de aspectos lineales de la red de drenaje, forma de la cuenca, relieve del territorio, distribución de las pendientes.

Se considera muy importante el cálculo de parámetros que definen la elongación y los factores de forma, ya que estos índices nos dan una idea de los procesos de erosión, transporte y deposición de materiales dentro de la microcuenca.

En resumen, el valor del índice de compacidad nos indica que la cuenca es oval oblonga a rectangular oblonga, que expresa la regularidad de la cuenca, en el tiempo de concentración, o sea, tiempo que lleva el agua de los límites de la hoya para llegar a la salida de la misma.

<sup>6</sup> PRM Se denomina así a los fenómenos geológicos que en su mecanismo involucran la movilización de grandes volúmenes de materiales rocosos hacia niveles inferiores, bajo la acción directa de la gravitación terrestre. La presencia del agua en pequeñas cantidades, sin ser el agente principal, influye en el desarrollo de estos fenómenos

El factor de forma nos expresa si la cuenca es alargada o redonda. En el caso de la microcuenca Mollebamba, en función del valor obtenido, podemos decir que es una cuenca alargada, que implica mayor cantidad de material removido dada la gran distancia que recorre el flujo.

En la microcuenca Mollebamba, el coeficiente orográfico es mayor a 6, un valor adimensional, el cual indica que la microcuenca Mollebamba es muy abrupta con altas pendientes y de carácter empinado.

Estas interpretaciones nos permiten determinar las características fisiográficas de la microcuenca, importante para definir las características físicas de la misma y a la vez definir las condiciones intrínsecas que permiten determinar cual es la relación de estas características con la generación de procesos de remoción en masa.

## 8.2 Zonas de vida

La microcuenca presenta nueve zonas de vida natural según el sistema de clasificación desarrollado por Leslie R. Holdridge<sup>7</sup>, Este método trabaja con la temperatura media, la precipitación total anual, la altitud del lugar y hace uso de un diagrama de clasificación de zonas de vida.

Primero, se determina la biotemperatura promedio anual, a partir de las temperaturas promedio mensuales, con las correcciones señaladas para los meses por debajo de cero y una corrección para los que superen los 24°C en función de la latitud:  $t_{bio} = t - [3 * \text{grados latitud}/100] * (t - 24)^2$  (donde  $t$  = es la temperatura media mensual y  $t_{bio}$  = biotemperatura media mensual).

Después, haciendo uso del diagrama, se encuentra el punto donde se interceptan las líneas de biotemperatura y precipitación, que señala la pertenencia a un determinado hexágono, en el que están graficados los nombres de la vegetación primaria que existe, o que debería existir si el medio no hubiese sido alterado, de modo que los nombres se refieren a la vegetación natural clímax que hay o que podría haber en el lugar determinado. Después se observa el piso altitudinal al que pertenece la zona de vida (a la derecha del diagrama) que está determinado por las diferencias en la biotemperatura. Por último, se obtiene la región latitudinal (en la escala vertical del lado izquierdo), cada una con un equivalente en el piso altitudinal del lado derecho del diagrama.

Cuando se representan en un mapa, las zonas de vida se señalan mediante un color y el uso de unas siglas, formadas por dos grupos de letras separadas por un guión: el primer grupo, en minúsculas, corresponde a las iniciales del nombre dado a la humedad, el segundo, en mayúsculas, a la inicial de la biotemperatura; por ejemplo: bosque húmedo Tropical, se rotularía como bh-T.

Este método es el más usado en el Perú desde la década de los setenta y la información que aquí se presenta ha sido proporcionada por el IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente) del Estudio de Zonificación Ecológica Económica de la Región Apurimac, la cual ha sido adaptada a la microcuenca Mollebamba.

<sup>7</sup> Este subtítulo sobre Zonas de Vida está basado en la Clasificación de Leslie R. Holdridge, Mapa Ecológico del Perú, ONERN,

Cuadro 8.2  
Zonas de Vida

ZONAS DE VIDA	Área (Has)	%
Bosque húmedo Montano Subtropical	4258.06	6.11
Tundra pluvial Alpino Subtropical	39859.75	57.22
Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	4827.66	6.93
Páramo húmedo Subalpino Subtropical	5773.87	8.29
Páramo pluvial Subalpino Subtropical	5141.57	7.38
Páramo muy húmedo Subalpino Subtropical	7039.96	10.11
Bosque espinoso Subtropical	88.21	0.13
Nival Subtropical	1104.21	1.59
Estepa espinosa Montano Subtropical	1571.33	2.26

Fuente: Estudio de Zonificación Ecológica Económica de la Región Apurímac, IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente)

Del total de zonas de vida, en dos de ellas se desarrolla la mayor cantidad de actividades económicas productivas, y son las siguientes:

### 8.2.1 Estepa Espinosa Montano Subtropical

Esta zona de vida, de acuerdo al diagrama de Holdridge, tiene un promedio de evapotranspiración potencial total anual variable, se caracteriza por un relieve empinado con una fisiografía que ocupa grandes y alargadas laderas del flanco occidental y de las paredes de los valles interandinos. El escenario edáfico muestra suelos de naturaleza calcárea, relativamente profunda, de textura tendente a arcillosa, bajos en contenido orgánico, pertenecientes a los grupos edafogénicos Xerosoles, Kastanozems y litosoles sobre materiales litológicos diversos.

### 8.2.2 Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

Zona de vida que fisiográficamente es denominada inclinada, con escasas áreas de topografía suave, ya que su mayor parte se sitúa sobre laderas de los valles interandinos, los suelos son por lo general de profundidad media, de textura variable entre media y fina, el material litológico esta caracterizado por calcáreas, pueden ser asimiladas a combisol eutricos (Fértiles) kastanozems, y algunas phaeozems. Los litosoles y rendzinas (sobre material calcáreo) aparecen en aquellos lugares de suelos superficiales y empinados

## 8.3 Demografía

### 8.3.1 Población

Se ha tomado la población del X Censo Nacional de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, en el año 2007, datos que fueron cotejados con los padrones de socios de las organizaciones comunales donde figura la cantidad de familias y con los consensos establecidos entre instituciones en la etapa de integración de estudios en el marco del PACC.

La microcuenca Mollebamba está conformada por el distrito Juan Espinoza Medrano y por el sector sur del distrito Sabaino.

**Cuadro 8.3**  
**Centros Poblados, categoría y población en la Microcuenca Mollebamba**

<b>Distrito</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Total de Familias Por comunidad</b>	<b>Total Población Microcuenca Estimada</b>	<b>%</b>
Juan Espinoza Medrano	Calcauso	161	445	23%
	Mollebamba	203	649	33%
	Silco	70	363	18%
	Vito	166	437	22%
	Santa Rosa	27	81	4%
<b>Microcuenca Mollebamba</b>		<b>627</b>	<b>1975</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** padrones comunales o, padrones electorales 2008, entrevistas con presidentes comunales y censo INEI 2007

Según la información presentada, el centro poblado de Mollebamba es el que presenta mayor población, el 33% del total. Siendo la comunidad de Santa Rosa la de menor población y que concentra el 4% del total de la población

## 8.4 Ocupación y uso del territorio

### 8.4.1 Red de Centros Poblados

La dinámica de los sistemas de centros poblados está marcada por las propias transformaciones y reestructuraciones territoriales que se suceden de manera permanente, que impactan en los distintos niveles de la vida, dichas transformaciones se derivan del carácter y naturaleza de los intercambios y redes económicas, de tal forma que sus efectos se pueden ver en la existencia de polarizaciones económicas, sociales y territoriales, estructuras duales, zonas de alta marginación y pobreza. Es por ello que los sistemas de centros poblados en la microcuenca Mollebamba así como en distintos lugares o espacios experimentan actualmente cambios y, en muchos casos, sin precedentes, precisamente por la intensidad y alcance de los intercambios.

Esto explica en gran medida las actividades que se realizan como trueques, ferias, etc. Pero también el abandono de muchos otros, aunado al hecho de que, los actores económicos prioricen nuevas actividades, que alteran las conductas y acciones típicas normales que definen la red de centros poblados en la microcuenca Mollebamba.

#### 8.4.1.1 Centros Poblados Mayores

**Cuadro 8.4**  
**Población por centro poblado urbano**

<b>Centro Poblado</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Categoría</b>
Mollebamba	560	28.35 %	Urbano
Vito	377	19.09 %	Urbano
Silco	363	18.38 %	Urbano
Calcauso	383	19.39 %	Urbano
<b>TOTAL</b>	<b>1683</b>	<b>100 %</b>	

**Fuente:** padrones comunales o, padrones electorales 2008, entrevistas con presidentes comunales y censo INEI 2007

Los centros urbanos dentro de la microcuenca concentra que conforma la red de centros poblados como un sistema que trasciende los límites físicos de la microcuenca, es así que el centro poblado Antabamba (capital de la provincia del

mismo nombre) representa un punto focal y entabla relaciones de jerarquía con los centros poblados que se ubican dentro de la microcuenca.

#### **8.4.1.2 Distribución de los centros poblados**

La mayor concentración de la población se da en la parte baja de la microcuenca, es en este sentido que se ubica la capital del distrito Juan Espinoza Medrano, el centro poblado Mollebamba a la margen derecho del río Mollebamba con 560 hab. (28.35% de la población total), al sur de este, en la margen izquierda del río principal se ubica el centro poblado Calcuaso con 383 habitantes lo que representa el 19.39% de la población de la microcuenca, al Nor Oeste del centro poblado Mollebamba se ubica el centro poblado Sillco con 363 habitantes lo que representa el 18.38% de la población total, al Nor nor Oeste del centro poblado Mollebamba se ubica el centro poblado Vito con 377 habitantes lo que representa el 19.09% del total.

Si los datos poblaciones totales obtenidos lo relacionamos con el área de la microcuenca Mollebamba que es de 698.19 Km<sup>2</sup> podríamos decir que la densidad de la población es muy baja debido a que solo llega a 3 hab/km<sup>2</sup>

En resumen, las condiciones geográficas de la microcuenca Mollebamba determinan y condicionan la ubicación y asentamiento de los centros poblados, cuatro de los cinco centros poblados se hallan ubicados en la parte media y baja con mínima articulación vial con la parte alta donde se halla Santa Rosa, lo cual limita el desarrollo integrado y sistémico de la microcuenca.

#### **8.4.1.3 Articulación vial en la microcuenca**

El distrito Juan Espinosa Medrano que es parte de la microcuenca Mollebamba conforma el sistema jurisdiccional de la región Apurímac, donde el centro poblado Mollebamba capital del distrito y centro urbano más importante en la microcuenca concentra funciones administrativas y de servicio como el servicio educativo, el de salud, actividades de carácter judicial, económico, etc.

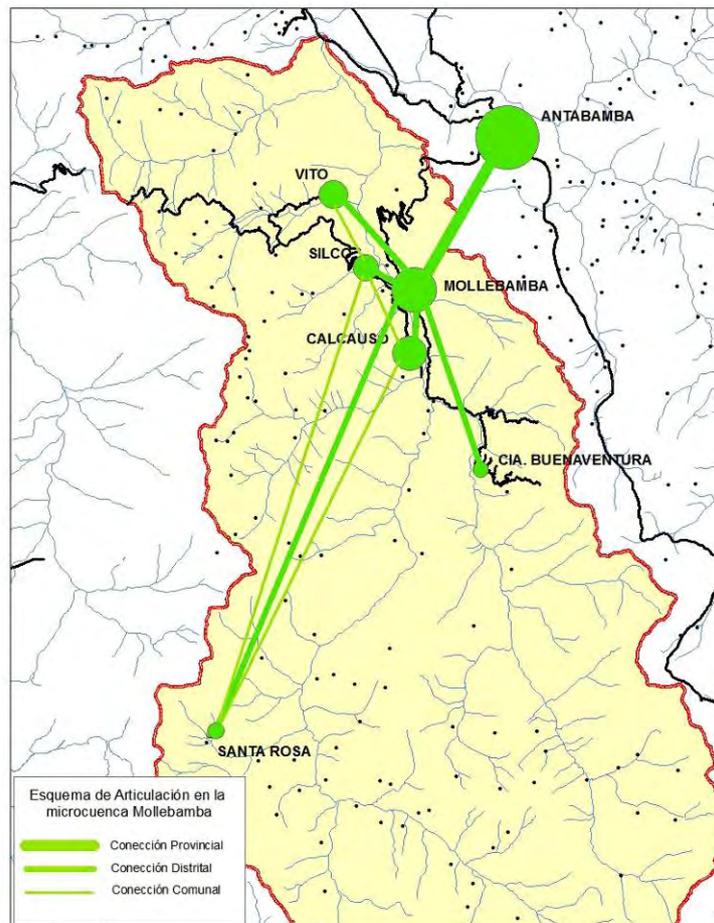


Figura 8.1  
Mapa sinóptico de red de Centros Poblados

El mapa muestra los núcleos de concentración poblacional que se expresan por el nivel de interconexión y por el sistema vial que los comunica, es así que se identificaron tres tipos de conexión.

El sistema de conexión provincial: Mollebamba es el principal núcleo dentro de la microcuenca y se comunica con Antabamba, capital provincial, por los distintos asuntos legales, educativos, económicos sociales, comerciales que entre estos dos focos se desarrollan.

En segundo lugar se encuentra la interconexión entre los distintos núcleos dentro de la microcuenca con la capital distrital, que es Mollebamba, resalta la comunicación que existe entre Silco – Mollebamba; Vito – Mollebamba, - Calcauso –Mollebamba y la Minera Buenaventura – Mollebamba.

En este sistema Mollebamba es el centro político administrativo que brinda servicios a las demás comunidades y centros poblados.

#### 8.4.2 Red de infraestructura vial

La red vial de la microcuenca Mollebamba es afirmada en su totalidad y cuenta con un total de 68.31 Km. lineales, el estado de conservación es regular, está sometida a procesos geodinámicos intensos que la afectan.

#### 8.4.2.1 Caracterización de las vías

- ✓ Mollebamba – Silco
- ✓ Silco – Vito
- ✓ Mollebamba – Calcauso
- ✓ Mollebamba – Antabamba
- ✓ Desvío Vito – Challhuanca (límite de microcuenca)
- ✓ Mollebamba – Mina Buenaventura

##### **Mollebamba - Silco:**

El tramo de la carretera tiene un tramo de 2.29 Km, intercomunicando los centros poblados de Mollebamba y Silco. El ancho de la vía varía desde 6 a 8 metros.

##### **Silco – Vito:**

El tramo de esta carretera tiene una longitud de 14.69 Km y esta conformada por el tramo principal hasta un desvío que dirige a la comunidad de Vito, en promedio la carretera presenta un ancho que va desde los 6 a 8 metros.

Carretera afirmada, cuyo trazo presenta varios puntos inestables producto de la desestabilización de los taludes.

##### **Mollebamba – Calcauso:**

El tramo de la carretera a Calcauso tiene una longitud de 8.17 Km y presenta un ancho que oscila entre 6 a 8 metros.

##### **Mollebamba – Antabamba:**

El tramo de la carretera desde Mollebamba hasta la línea de cumbre, rumbo a la ciudad de Antabamba tiene un tramo de 14.89 Km con una amplitud de vía de 6 a 7 metros.

##### **Vito – Challhuanca (límite de microcuenca):**

El tramo comprende 12.31 Km hasta la línea de cumbre, que es lugar hasta donde se midió, la vía tiene un ancho de hasta 7 metros.

##### **Mollebamba – Minera Buenaventura:**

La carretera tiene una longitud de 15.96 Km. Existe distintos puntos a lo largo de la carretera expuestos a procesos de remoción en masa generados por factores antrópicos.

#### 8.5 Condiciones físicas de la microcuenca

##### 8.5.1 Características Fisiográficas y Topográficas.

La microcuenca Mollebamba tiene un relieve muy accidentado y con pronunciadas pendientes.

Su mayor cota está en los límites de la parte Sur, donde llega a 5200 m.s.n.m y donde nacen los ríos que conforman el área de recepción de las lluvias, es en esta zona donde resalta dos grandes redes hídricas, la Qda Sequeña y la Qda Yanahuarajo, las cuales al unirse dan origen al río Mollebamba. Esta unión se realiza en la cota 3500

m.s.n.m, formando el cauce principal que en la intersección de los ríos tiene la forma de “Y”, a partir de este punto la microcuenca que tiene una mayor variabilidad fisiográfica, con grandes formaciones que la hace bastante abrupta y fisiográficamente muy compleja.

En la parte media el cauce del río Mollebamba presenta estrechamientos profundos (con taludes de 12 o más metros de altura de material de depósito aluvial fácil de erosionar), el cauce discurre en la forma de meandros debido a poca pendiente que dará lugar a sedimentación al pasar por la zona de Calcauso y Mollebamba. En algunos puntos se ha detectado material aluvional dentro del cauce que produce cierta dificultad para el flujo del agua, generándose pequeños remolinos que terminan en vórtices, los cuales pueden ser observados en la parte alta y media del cauce.

En la parte media el cauce del río Mollebamba presenta estrechamientos profundos (con taludes de 12 o más metros de altura de material de depósito aluvial fácil de erosionar), el cauce discurre en la forma de meandros debido a poca pendiente que dará lugar a sedimentación al pasar por la zona de Calcauso y Mollebamba. En algunos puntos se ha detectado material aluvional dentro del cauce que produce cierta dificultad para el flujo del agua, generándose pequeños remolinos que terminan en vórtices, los cuales pueden ser observados en la parte alta y media del cauce.

La parte media de la microcuenca presenta un relieve más irregular y con mayor desnivel de altitudes y cambios muy abruptos de pendiente, que la parte alta. Es la zona donde se desarrollan procesos muy intensos de erosión, transporte y sedimentación. Aquí se observa quebradas tributarias de alta pendiente, que contribuyen a definir de mejor la forma del relieve tan accidentado de la zona.

En general la microcuenca Mollebamba, presenta una muy fuerte disectación, que es factor importante de su gran inestabilidad geológica, característica que se da en mayor medida en la parte media y baja.

En caso de precipitaciones intensas se podrían desencadenar una serie de eventos de gran magnitud que alterarían fuertemente todos los procesos normales en la zona.

#### **8.5.1.1 Topografía de la Parte Alta**

El cauce alto de la microcuenca Mollebamba, se encuentra entre las cotas 5200 hasta 4000 m.s.n.m, siendo su característica más importante la longitud del curso principal, que en este caso es del Río Yanahuarajo con 32.2 kilómetros lineales. Esta información se obtuvo del Plano Base que representa la proyección ortogonal del territorio donde se consigna todas las características hidrográficas y topográficas de la microcuenca.

#### **Perfiles:**

El perfil transversal de la microcuenca, que se seleccionó es un punto medio en la parte alta y representa la conformación general de la zona, en los puntos (A - A'), representado en la figura 2.2 del anexo II

El perfil nos demuestra lo abrupto de la microcuenca en la parte alta y evidencia claramente que la quebrada Yanahuarajo es más profunda que la quebrada Sequeña, se ve que esta zona de la microcuenca también presenta, formaciones que varían de altitudes que van desde los 4900 m.s.n.m hasta los 4300 m.s.n.m, caracterizándose esta zona por presentar pendientes abruptas, lo que contribuye a la generación de eventos geodinámicos.

La pendiente promedio de los ríos principales considerando el nivel de cota máxima y mínima que recorre cada uno de ellos en la zona alta, nos da el valor de las pendientes en porcentaje, lo que va desde:

- ✓ Pendiente Máxima: de 5.0 %
- ✓ Pendiente Mínima: de 2.5 %
- ✓ Pendiente Media: 3.07%

#### **8.5.1.2 Topografía de la parte media**

La parte media de la microcuenca tiene relieve más abrupto con fuertes variaciones de pendiente en laderas y desnivel en el cauce, lo cual le da la característica de una microcuenca joven en proceso de formación de elevación.

Esta zona va desde los 4000 m.s.n.m a los 3500 m.s.n.m. y el curso principal tiene una longitud de 17.5 kilómetros lineales, donde 10.0 kilómetros lineales pertenecen a la Qda. Yanahuarajo y 7.5 kilómetros lineales corresponde al río Mollebamba. Esta información se obtuvo del plano base que representa la proyección ortogonal del territorio donde se consigna todas las características hidrográficas, topográficas de la microcuenca.

#### **Perfiles:**

El perfil transversal de la microcuenca, que se seleccionó es un punto medio en la parte media, que representa la conformación general de la zona, en los puntos (C - C') representado en la figura 2.4 del anexo II

Se evidencia que en la parte media la Qda. Yanahuarajo es mas profunda, pero la Qda Sequeña en esta sección presenta una mayor pendiente de las laderas en ambos márgenes, lo que podría significar una menor estabilidad en esta zona, si considerásemos a la pendiente como factor de mayor jerarquía.

La pendiente promedio de los ríos principales considerando el nivel de cota máxima y mínima que recorre en la zona media, nos da el valor de las pendientes en porcentaje:

- ✓ Pendiente Máxima: de 8.0 %
- ✓ Pendiente Mínima: de 3.3 %
- ✓ Pendiente Media: 4.17 %

#### **8.5.1.3 Topografía de la parte baja**

Las características fisiográficas de la microcuenca Mollebamba en la zona baja se definen básicamente por el tipo de material, ya que a diferencia de la forma típica de una microcuenca donde la desembocadura se caracteriza por tener un cono deyectivo o abanico fluvio – aluvial, la microcuenca Mollebamba termina en una zona muy accidentada, con características de cañón, con pendientes de las laderas tributarias al río Mollebamba que oscilan entre 70° y 90°.

La zona baja de la microcuenca va desde los 3500 m.s.n.m a los 3000 m.s.n.m punto de encuentro de los ríos Mollebamba y Antabamba, en esta parte el curso principal del río tiene una longitud de 10.6 kilómetros lineales, cuyo dato se obtuvo del plano base que representa la proyección ortogonal del territorio donde se consigna todas las características hidrográficas, topográficas de la microcuenca correspondiente al río Mollebamba.

### **Perfiles:**

Debido a que la zona baja de la microcuenca es muy accidentada producto de ser una microcuenca en formación, es necesario mostrar más de un perfil trasversal para poder así conocer cual es la conformación y desnivel de las altitudes en distintos puntos de este sector. Ver secciones E – E', F – F' y G – G' en la Figura 2.6, 2.7, 2.8 del Anexo II.

Las pendientes promedio de los ríos principales considerando el nivel de cota máxima y mínima que recorre en la zona baja, nos da el valor de las pendientes en porcentaje, lo que va desde:

Las pendientes en esta zona van desde los:

- ✓ Pendiente Máxima: de 5.5 %
- ✓ Pendiente Mínima: de 1.5 %
- ✓ Pendiente Media: 2.8 %

Los centros poblados mayores se ubican en la parte baja y el límite de la parte media (entre 2900 m.s.n.m y 2600 m.s.n.m).

En esta zona se inicia la depositación de material fluvial formando terrazas sedimentarias inundables en época de avenidas, entre las altitudes que van desde 3250 hasta los 3500, se observa que en esta zona el valle es más amplio, debido a la conformación de los materiales y al proceso de erosión y depositación del curso principal y de las quebradas tributarias.

Luego de evaluar las pendientes y el desnivel mediante técnicas de modelos de elevación digital y observación en campo con equipos como eclímetros y cálculos de parámetros fisiográficos, se pudo corregir y validar mapas que nos demuestra y representa la topografía de la microcuenca Mollebamba, que mediante perfiles y modelos de elevación digital nos confirman que las características en la zona son muy agreste, con laderas muy empinadas y de una topografía muy accidentada, con excepción de la parte alta de la microcuenca que van desde los 4800 a 5200 m.s.n.m, donde la topografía es menos abrupta que la parte media y baja, pero con pendientes que se puede considerara como un factor relevante para la generación de procesos de remoción en masa.

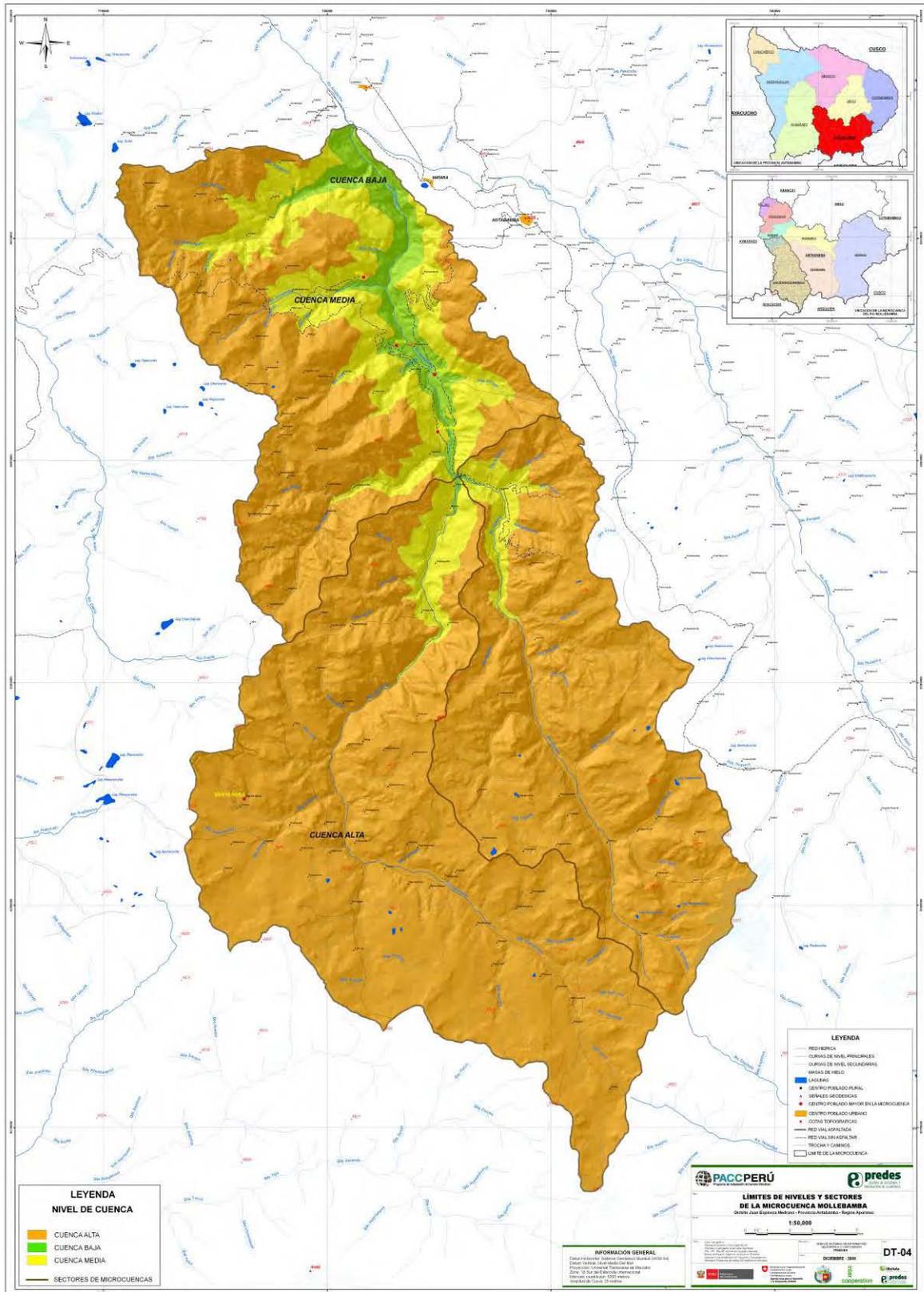


Figura N° 8.2  
Mapa de límites y sectores de la microcuenca Mollebamba

## 8.5.2.- Condiciones Geológicas Regionales

El área de estudio se encuentra ubicada geográficamente en la Vertiente Oriental de la Cordillera de los Andes Peruanos, presentando un paisaje que es resultado de los diferentes agentes erosivos asociados al levantamiento general de los Andes, se ubica al este de la divisoria continental y esta conformada por cadenas montañosas, formando un sistema de drenaje que es tributario de los grandes ríos que van hacia el vertiente del atlántico.

Esta constituida por unidades litológicas, cuyas edades van desde el jurasico, hasta el cuaternario reciente, siendo de naturaleza sedimentaria y volcánica. Lo que indica grandes procesos de geodinámica interna en toda la parte sur de la región.

El grado de intensidad de deformación que presentan las unidades litológicas mayores, como consecuencia de los eventos tectónicos ocurridos en la zona de estudio define tres zonas estructurales: zonas de falla regional, zonas no deformadas, zonas afectadas por la orogénesis andina

## 8.5.3 Condiciones Geológicas Locales

### 8.5.3.1 Estratigrafía en relación a los procesos de remoción en masa

#### 8.5.3.1.1 Depósitos Aluviales (Q-AI)

El material aluvial se halla en los cauces antiguos y recientes en las laderas de los valles y quebradas de la microcuenca, formando terrazas en distintos procesos de erosión y en distinto estado de formación.

Los depósitos aluviales están constituidos mayormente por bolones, gravas cantos redondeados angulosos, este tipo de depósitos se hace mas evidente en el poblado de Mollebamba, debido a la ampliación del valle en esta sección del río.



Figura Nº 8.3

Zonas de depositación en el río Mollebamba, en la parte media de la microcuenca entre el centro poblado Silco - Vito

#### 8.5.3.1.2 Grupo Barroso (NQPL-ba/d)

Esparcido ampliamente por la microcuenca, representa el 17% del área de la microcuenca en todas las partes altas donde existen indicios de material andesíticos de textura porfirítica de color gris oscura y fenocristales de plagioclasa, Pertenece al terciario de la serie Plioceno Pleistoceno.

Esta formación se expresa por la dispersión de material en las partes alta de la microcuenca, generando gran cantidad de material suelto susceptible a ser removido por las pendientes pronunciadas.



Figura N° 8.4  
Afloramiento rocoso propio de la formación en estudio

#### 8.5.3.1.3 Formación Alpbamba (NM-al/tbr)

Corresponde al mioceno medio del terciario, constituida por tobas brechoides riolíticas a dacíticas con niveles de areniscas tobaceas y conglomerado basal, al referirnos a este tipo de material queremos dar a entender que es material volcánico, y que este material es estéril (no sirve para la cultivo).

En nuestra zona de estudio se encuentra muy alejada de la población ya que se encuentra en zonas despobladas, en la parte sur entre los ríos Sequeña y Yanahuarajo, lo que no implica alguna incidencia directa sobre eventos que afectan a algún agente vulnerable.

#### 8.5.3.1.4 Volcánico Chacoma (n-cha)

Son flujos andesíticos afaníticos y porfiríticos, donde se ubican los denuncios mineros se caracterizan por ser eriazos con pequeños afloramientos, y distribución errática de coluvios en las partes altas estas son zonas denunciadas para la explotación de minerales.

#### 8.5.3.1.5 Grupo Tacaza (Nm-ta/sr)

Son una serie de rocas volcánicas, son de naturaleza predominantemente volcánica en nuestra zona los afloramientos son más extensos y se encuentran principalmente en la parte sur.

En toda la zona la secuencia se intercalan capas de derrames andesíticos y brechas tufaceas y se caracteriza por tener una pendiente entre 1° - 11°

La presencia de este material volcánico nos indica que la zona esta cubierta por sedimentos volcánicos lo cual no es de mucha relevancia en el sentido de población, ya que la zona esta deshabitada en su mayoría, pero existe una relación directa de esta formación, con la perdida de áreas de cultivo, producto del procesos de intemperización y de trasporte.



Figura Nº 8.5  
Parte alta de la comunidad de Santa Rosa

#### 8.5.3.1.6 Formación Ancunquina (KIS-ar-i)

Pertencen al cretácico medio superior, su composición mineralógica está compuesta por calizas color claro con intercalaciones lutaceas, se caracteriza por tener sectores fracturados que asociados a las fuertes pendientes genera ambientes de inestabilidad, se ubica básicamente en la margen derecha del río Mollebamba, que va desde la desembocadura hasta la Qda. Paca aproximadamente.



Figura Nº 8.6  
Zona de Santa Rosa, en la parte alta aflora material rocoso que demuestra la existencia de esta formación

#### 8.5.3.1.7 Formación Murco (KI-mu)

La litología de la formación mara se puede distinguir tres miembros .El inferior se caracteriza por la predominancia de areniscas, el intermedio es lutaceo con alguna intercalaciones de areniscas y conglomerados con clastos de cuarcita y el superior está constituido por areniscas y lutitas el color predominante de esta formación es rojo a marrón rojizo.

Se extiende entre la Qda. Silco, Qda. Palca, esta fracturada por dos fallas geológicas activas afectando directamente a la infraestructura vial en la microcuenca.



Figura N° 8.7

Deslizamiento antiguo en la ladera derecha de la quebrada Chaupimayo frente al centro poblado Vito

#### 8.5.3.1.8 Formación Labra (JS-yu/la)

Esta formación pertenece al grupo Yura, cuya composición de rocas es de Cuarцитas, Areniscas Cuarzosas y lutitas. Este material por su composición mineralógica es muy dura, escala de dureza 6-5 (Mosh).

La Formación Labra de areniscas cuarzosas, cuarcitas y lutitas, constituida por calizas con fauna del Jurásico-Cretácico, y la Formación Hualhuani, con cuarcitas, la que por su posición estratigráfica corresponde al Cretácico.

En el caso de la zona de estudio la unidad que aflora es una roca dura de grado de intemperización muy bajo.



Figura N° 8.8

Zona de la carretera Silco – Vito donde se aprecia fallas regionales que cortan la carretera

#### **8.5.3.1.9 Grupo Yura (Formación Cachios (JM-yu/ca) – formación Hualhuani (KI-yu/hu))**

Conformada por arenisca cuarzosa de color gris blanquecino a marrón, tiene un rumbo y buzamiento entres 40% - 25% al sur oeste, con presencia de gran plegamiento; el afloramiento en estudio está considerado como una arenisca cuarzosa que pertenece al Grupo Yura y que comprende Formación Cachios de rocas principalmente lutáceas.

Esta formación se expande por el curso del río Sequeña hacia la margen izquierda y derecha hasta llegar al río Yanahuarajo, es la zona de una gran diversidad de afloramientos y yacimientos mineros, lo que implica una gran actividad antrópicas en la zona, acelerando el proceso de meteorización.

#### **8.5.3.1.10 Formación Puente (JM-yu/pu)**

Se encuentra ubicada al centro de la microcuenca Mollebamba, entre la confluencia de los ríos Yanahuarajo y Sequeña, el tipo de rocas existentes son areniscas cuarzosas y lutitas carbonosas intercaladas con volcánicos.

En función de las características fisiográficas es unas zona de difícil acceso y alejada de los centros poblados e infraestructura en general.

#### **8.5.3.1.11 Formación Socosani (Jm-sa)**

Dicha formación está constituida por calizas grises azulinas y lutitas con intercalaciones de areniscas y de sedimentos volcanoclásticos hacia su base. La edad que se le asigna esta basada en los fósiles perteneciente al Jurásico Inferior y Jurásico Medio. Vemos la estratigrafía que no favorece al corte de carretera Silco -Vito en este caso por el tipo de material estratificado y el grado de dureza de la roca está sujeto a actividad sísmica.

Son estratos con una inclinación de 35°- 40° con una mediana alta a resistencia.

## Conclusión de Condiciones Geológicas Locales

En resumen de las 12 formaciones existentes en la microcuenca Mollebamba las formaciones Chuquibambilla y Mara están constituidas por material duro de bajo grado de intemperización, a diferencia de la formación Murco que presenta los mayores problemas de estabilidad amplificado a un mas por las fallas que la cortan.

El cuadro indica el porcentaje de las áreas que representa cada una de las formaciones siendo la formación Alfabamba la de mayor amplitud en la microcuenca con 21 Km<sup>2</sup>

**Cuadro 8.5  
Resumen de Unidades Geológicas**

<b>UNIDADES GEOLOGICAS DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA</b>				
<b>Nº</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>AREA EN KM2</b>	<b>PORCENTAJE DE LA CUENCA</b>
1	Depósitos Aluviales	Q-al	17.2	2%
2	Grupo Barroso	NQPL-ba/d	119.2	17%
3	Formación Alfabamba	NM-al/tbr	144.4	21%
4	Volcánico Chacoma	N-cha	90.2	13%
5	Grupo Tacasa	Nm-ta/sr	81.1	12%
6	Formación Ancunquina	KIS-ar-i	47.8	7%
7	Formación Murco	KI-mu	13.3	2%
8	Formación Labra	JS-yu/la	48.9	7%
9	Formación Hualhuani	KI-yu/hu	26.1	4%
10	Formación Puente	JM-yu/pu	37.4	5%
11	Formación Cachios	JM-yu/ca	11	2%
12	Formación Socosani	Jm-sa	61.4	9%
	<b>TOTAL MICROCUENCA</b>		<b>698.19</b>	<b>100%</b>

### 8.5.4 Geología Estructural

Considerando los procesos de formación de todo el sistema andino donde la formación de estructuras en distintos fases tectónicas, detallando la geología estructural local tenemos fallamiento principal, que es por movimiento en bloques, como se puede observar tres fases en alto grado e deformación evidenciado en las distintas unidades litológicas como consecuencia de los eventos tectónicos ocurridos en la zona de estudio.

La orogenia andina es posible diferenciar tres zonas estructurales con características propias en cada caso.

#### **a. Zona no deformada**

Está representada por rocas volcánicas (post orogénicas) y depósitos cuaternarios que no han sufrido mayores alteraciones estructurales, las rocas volcánicas conservan su estratificación horizontal o están levemente inclinadas, estas características se pueden apreciar en la parte alta de la microcuenca, específicamente en el sector de la comunidad de Santa Rosa.

## ***b. Zona de Falla Mollebamba***

La falla Mollebamba es una de las más grandes y nítidas de la microcuenca, que incluso trasciende los límites físicos de esta, sus efectos se aprecian claramente en el río Mollebamba a la altura del centro poblado del mismo nombre, esta falla tiene un rumbo promedio de N65°-70°W, con alto grado de buzamiento llegando a ser casi vertical, la parte Nor oeste se ramifica en fallas menores.

La existencia de esta falla es un indicador muy importante porque debido a los esfuerzos compresivos que existieron en la zona fallada se generó cizallamiento de la roca lo que aporta mucho material a las zonas de Mollebamba – Calcauso, generando inestabilidad en la zona, es así que se aprecia el deterioro de las vías por donde pasan las fallas. También se ve que existen centros poblados con infraestructura urbana colapsada, en este sentido Calcauso y Silco fueron los más afectados.

## ***c. Zona afectada por la Orogenesis Andina***

Esta representa por más del 70% de la microcuenca Mollebamba, el área deformada sigue los lineamientos generales del modelo estructural de la cordillera de los Andes es decir una dirección Nor oeste - Sur Oeste. Esta relacionada con la formación de la Cordillera de los Andes.

### ***Pliegues***

Se presentan en diferente grado, son rocas con esfuerzos compresivos, así por ejemplo las unidades del Grupo Yura, que son predominantemente lutitas están fuertemente comprimidas y fracturadas, en cambio las características litológicas de las cuarcitas y calizas hacen que las deformaciones y alteraciones que generan pliegues en la microcuenca son menores.

Las rocas que forman estas estructuras se encuentran comprimidas y fracturadas, por lo que estructuralmente son más sensibles a ser afectadas por la erosión. En estas condiciones pueden causar derrumbes, caída de rocas y otros fenómenos geodinámicos.



Figura 8.9

Comunidad de Calcauso, apreciamos pliegues de venas de cuarcita, esto por el esfuerzo compresivo de las rocas por encontrarse en una zona de fallamiento.

### **8.5.4.1 Tectónica de la microcuenca Mollebamba**

Entre las estructuras tectónicas de la microcuenca Mollebamba se identificó tres fallas que se concentran en la parte media baja de la microcuenca, precisamente donde se desarrolla la mayor cantidad de actividades, donde está instalada la infraestructura productiva y social de la microcuenca y una partes importante de centros poblados.

#### 8.5.4.2 Efectos de los Sismos en el Área de Estudio

Los sismos en la región tienen variados efectos, estos dependen de diversos factores como son el relieve (pendientes), estructura de la roca, presencia de fallas regionales y locales y las características climáticas de la región.

Los depósitos cuaternarios son los más susceptibles a fallar cuando ocurren estos eventos. Se debe a que se presentan en estructuras sueltas o poco consolidados y por hallarse depositados cerca o entre macizos rocosos como el caso de la comunidad de Silco y Calcauso, darían lugar inevitablemente a una refracción de las ondas sísmicas que incrementarían su nivel de vibraciones.

Entre los depósitos cuaternarios, los coluviales son las más inestables por su inclinación y poca cohesión. Ya que ante la presencia de un movimiento sísmico, pueden derrumbarse causando el bloqueo de carreteras y caminos.

En el caso de los macizos rocosos presentes en la microcuenca, conforman laderas empinadas y farallones que forman los afloramientos de la formación Soraya, la generación de un movimiento sísmico podría desencadenar caída de rocas y derrumbes, especialmente en aquellas zonas donde el buzamiento es concordante con la dirección de la pendiente, otra característica que se adiciona a este escenario es la intensa meteorización y si esto ocurriera en un ambiente inhabitado donde no existe infraestructura productiva o poblacional no causaría problemas mayores ya que es parte de la evolución propia del medio, pero si alguna obra de ingeniería o infraestructura civil se ubica cercana a estas laderas podría ocasionar desastres o afectación.

La zona más afectada por los sismos es la zona de Calcauso donde se aprecia rajaduras muy pronunciadas en las viviendas, estando un número importante de ellas como deshabitadas y abandonadas.

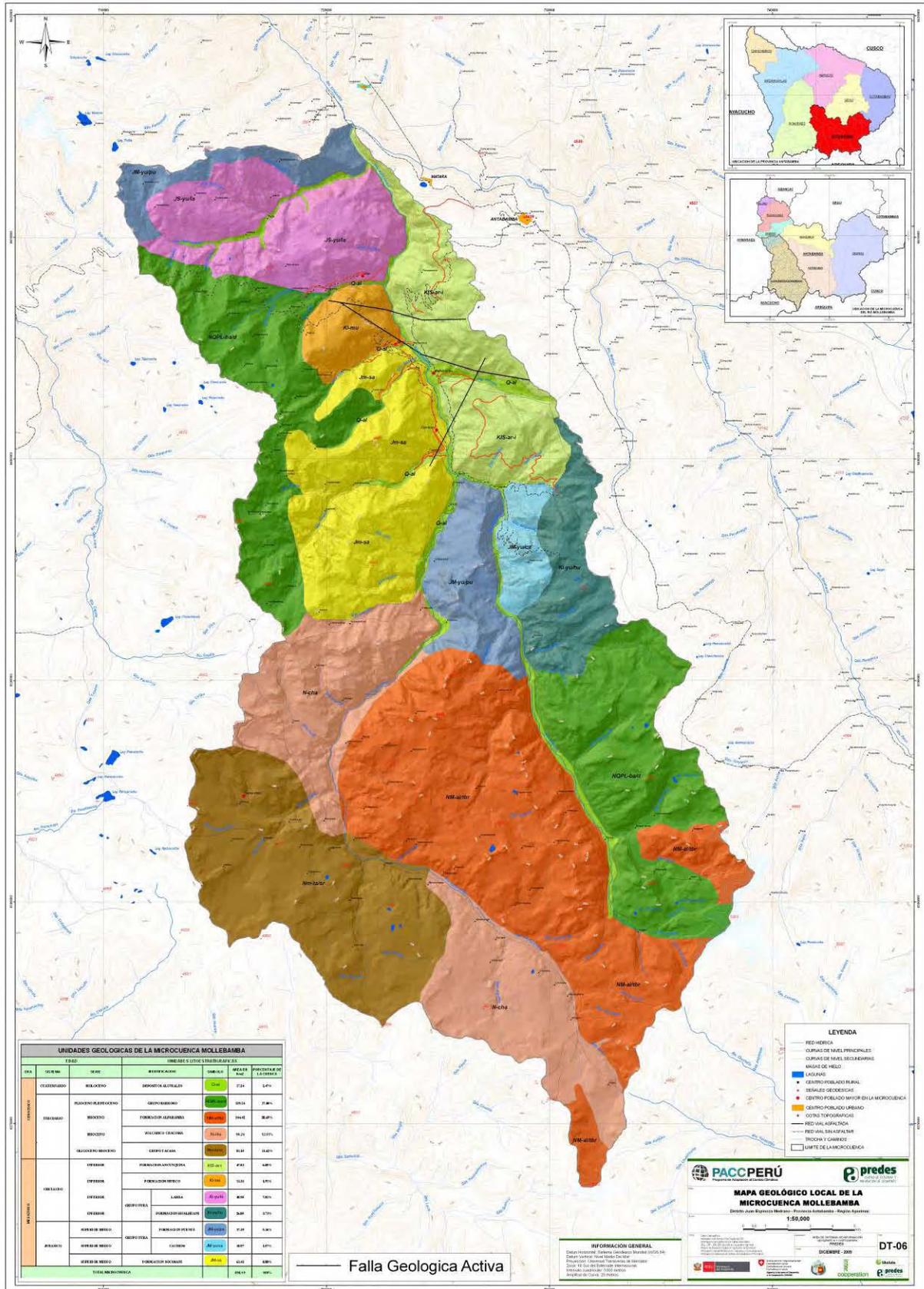


Figura N° 8.10  
Mapa Geológico Local De La Microcuenca Mollebamba

### **8.5.5 Geomorfología de la Microcuenca**

Para el análisis geomorfológico de la microcuenca Mollebamba, se consideraron distintos aspectos como la escala de trabajo que para el caso de este estudio es de 1:25000, el tipo de información temática, en el cual se consideró la zonificación de distintas Unidades Geomorfológicas, es decir distintas geoformas sobre un relieve, pero aplicando el criterio de implicancia en la generación de algún PRM.

Para la identificación de las distintas unidades geomorfológicas se tuvo como insumo el mapa base de la microcuenca a la escala 1:25000 con una amplitud de curva de 25 metros, así como la imagen aster de 15 metros de resolución espacial, insumos que permitieron delimitar la microcuenca.

La microcuenca Mollebamba se puede definir como una microcuenca en formación donde los procesos de erosión, transporte y sedimentación se encuentran en pleno desarrollo.

Para el análisis cuantitativo de la geomorfología en la microcuenca se realizó el cálculo de los parámetros fisiográficos, que permiten precisar cuales son las dinámicas que se producen en la microcuenca.

Los cálculos realizados sirven para determinar cuantitativamente cada indicador, el cual nos permite conocer el comportamiento de la cuenca ante la acción de los factores geodinámicos que actúan en ella.

Los resultados expresan que es una microcuenca muy extensa ubicada a una altitud en la cual se producen altas variaciones térmicas que favorecen la producción de suelos a partir de la fracturación de las rocas. Existe una gran cantidad de material suelto y deleznable en las laderas las cuales tienen una alta pendiente, el territorio tiene una topografía muy quebrada y diversa, sobre todo en la parte media y baja donde se ha identificado procesos de erosión intensa y caída de materiales por los taludes, así como zonas de acumulación de material coluvial.

Debido a la forma alargada de la microcuenca, se produce una mayor capacidad de arrastre de material debido al mayor recorrido del flujo.

En función de lo dicho se considera que los parámetros fisiográficos ayudan a conocer de forma cuantitativa los tipos de respuesta de la cuenca ante algún proceso geodinámico.

#### **8.5.5.1 Geoformas de los procesos de remoción en masa.**

##### **Unidades morfológicas de la zona de estudio**

En la microcuenca de Mollebamba se diferencian las siguientes unidades geomorfológicas:

##### **8.5.5.1.1 Afloramientos rocosos no glacializados**

Se encuentran en la parte norte de la microcuenca, afloran desde los 3200 m.s.n.m hasta los hasta los 4600 m.s.n.m. su constitución mineralógica es de grano muy compacto que va desde areniscas cuarzosas de grano medio a fino de color gris blanquecino, se encuentra intemperizado por la gradiente térmica de la microcuenca.

## **Génesis**

A comienzos del terciario toda la región estuvo sometida a un fuerte diastrofismo que afectó a todas las rocas originando pliegues y fallas de dirección NO-SE seguido de un magmatismo intenso que dio origen a las rocas del batolito de Apurímac y a los diques, estos últimos controlados por fallas y fracturas que se formaron durante y después del emplazamiento del batolito.

## **Morfodinámica**

Generalmente las rocas de los afloramientos rocosos caen a las quebradas más profundas, producto de factores como la meteorización y el intemperismo que aceleran el proceso de erosión.

### **8.5.7.1.2 Abanico Aluvial Activo**

Es el material aluvial depositado en forma de abanico, por acción de una corriente acuosa relacionado con el cambio de pendiente de un torrente o cercano a su nivel de base.

Estos abanicos activos se encuentran en la quebrada Sichahua, quebrada Silco, sector Silco.

## **Génesis.**

Todo tipo de material intemperizado que existe en la cabecera o partes altas de la microcuenca, es sujeta a procesos de transporte hacia la parte baja de menor pendiente, donde se deposita, llegando a alcanzar en algunos casos grandes extensiones.

## **Morfodinámica.**

Varía en función del tipo de material arrastrado y al caudal del río, si el material es fino este generará problemas de erosión, en la figura 8.18, se ve un abanico aluvial que está activo generando erosión y produciendo pérdida de áreas de cultivo en la microcuenca.



Figura 8.11  
Abanico aluvial que esta activo generando erosión

### 8.5.5.1.3 Abanico Aluvial Inactivo

Es el material detrítico depositado en forma de abanico, esto se forma por acción de una corriente acuosa relacionada con el cambio de pendiente de un torrente o cercano a su nivel de base, que ya no presenta peligro o alteración directa de ambientes aledaños.

#### **Génesis**

El origen de estos procesos, es la culminación de dinámicas activas y de transporte, producto de la estabilización de la zona.

#### **Morfodinámica**

Zona estable, que logró alcanzar la pendiente de reposo, nivel de estabilidad natural en una pendiente determinada, este tipo de geoformas se ubican o sectorizan en la quebrada Parcuo aledañas a centros poblados de Mollebamba y Silco.

### 8.5.5.1.4 Formación de Coluvios

Constituyen todas las zonas de depositación de las quebradas, en zonas cortas, que se caracteriza por tener materiales angulosos, este es un material fragmentado transportado y acumulado por la acción de la gravedad, generalmente se encuentran en los taludes de los cerros, son heterogéneos tanto en la forma como en el tamaño, estos coluvios son producto del intemperismo y de la gradiente térmica que en muchos casos llega a variar en 17° C como promedio en ciertas épocas del año, así como producto de acciones cizallantes producto de fuerzas de compresión generadas por fallas geológicas regionales y locales. Las zonas mas afectadas están en la jurisdicción de Santa Rosa y en menor grado en los territorios de Mollebamba, Silco, Vito y Calcauso, están constituidas por rocas granodiorita, diorita, caliza, areniscas compactas.

### 8.5.5.1.5 Deslizamiento Activo

Deslizamientos de masas rocosas o de suelos por la pérdida de estabilidad, que pueden ser por saturación de agua, presencia de materiales arcillosos que actúan como lubricantes o también pueden ser por las fuertes inclinaciones de las vertientes.

Las acciones antrópicas aceleran los procesos de deslizamientos por la utilización de laderas sin previo estudio, para la construcción de vías, infraestructura diversa, cultivo o asentamientos. En la zona hay claros ejemplos en la carretera de acceso al centro urbano Vito, así como en la carretera de Antabamba – Mollebamba.

#### **Génesis.**

En principio se originan por material suelto producto de erosión mecánica, que en condiciones de pendiente y desniveles de terreno se desliza afectando zonas que se encuentran dentro del área de influencia.

### ***Morfodinámica***

Depende mucho del factor antrópico, o el tipo de uso que da la población al territorio. Por ejemplo, la explotación de canteras rompiendo el talud natural de la ladera genera un desequilibrio del talud por lo cual se precipita, a lo cual se suman las lluvias que actúan como factor detonante.

#### **8.5.5.1.6 Erosión en Cárcavas**

Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de materiales en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava.

### ***Génesis***

Las cárcavas inicialmente tienen una sección en V con dimensiones menores, en tal sentido se denominan surcos, pero en función del grado y avance de erosión hídrica se van formando hasta llegar a ser cárcavas, pero al encontrar un material más resistente o interceptar el nivel freático se extienden lateralmente tomando la forma de una U.

### ***Morfodinámica***

Los procesos de formación conllevan a la erosión de suelos generando denudación de suelos, ocasionando una mayor susceptibilidad y exposición a diferentes elementos erosivos, generando una mayor pérdida de recurso suelo y de la biomasa que se ubica sobre esta superficie, expuesto a una mayor dinámica con las consiguientes pérdidas de áreas agrícolas

La cárcava más representativa es la que está en la margen izquierda de Calcauso con una longitud de 50 metros lineales.

#### **8.5.5.1.7 Terraza Aluvial**

Este fenómeno geológico característico de toda microcuenca en constante proceso de transformación se presenta en distintos puntos de la microcuenca Mollebamba pero los más representativos son los que se ubican al costado del centro urbano de Mollebamba, y en la parte baja de Silco.

Este tipo de eventos se forman por acción de escorrentías que arrastran material fino con gravas y arcillas. Este proceso fluvial se desarrolla en tres etapas las que se detalla a continuación.

### ***Morfodinámica***

**Erosión.-** El material es erosionado en la parte superior del microcuenca de Mollebamba y en las partes altas de las laderas, que tributan al río principal.

**Transporte.-** Todo el material es transportado a las partes bajas de la microcuenca, es aquí donde influye la pendiente del terreno, así como la capacidad de resistencia por la rugosidad del terreno a la caída de bloques.

**Sedimentación.-** Todo el material transportado se deposita en las partes bajas formando terrazas que son aprovechadas para parcelas de cultivo.



Figura 8.12

Zona de terrazas en el sector “a” en la margen derecha y “c” en la margen izquierda al borde del curso del río Mollebamba en el Sector Silco.

#### 8.5.5.1.8 Glaciares

Son masas de hielo depositadas durante los periodos climáticos glaciales sobre la superficie de las montañas por compactación y recristalización de la nieve.

Actualmente, en condiciones de temperatura muy baja se cubren de nieve las montañas.

En la microcuenca Mollebamba se ha identificado montañas que fueron glaciares ahora ya extinguidos, dentro del territorio de la comunidad Santa Rosa.



Figura 8.13

Antiguos glaciares extintos que generaron erosión y deserción de material

#### 8.5.5.1.9 Caída de Rocas

Se produce por gravedad, en forma ocasional

Se originan como consecuencia de procesos de fracturación de las rocas por efecto de variaciones térmicas extremas, que luego son removidas por sismos o precipitaciones intensas. Los bloques individuales de roca de distintos tamaños producen deterioro en la estructura del talud en la carretera de Silco – Vito, así como en la carretera Mollebamba - Challhuanca.

Los bloques grandes son los que pueden causar daños estructurales importantes en distintos puntos de carreteras, así como a la infraestructura de riego.

La caída de rocas que genera el daño estructural, depende de la pendiente. En el caso de la carretera Silco - Vito la pendiente por la que pasa la carretera varía entre 20°-38°.

#### 8.5.5.1.10 Superficie Cubierta por Material Morrénico Disperso

Son depósitos glaciares heterogéneos, en cuanto a forma y tamaño de los fragmentos se caracterizan por presentar aristas redondeadas por el poco transporte sufrido, formando los derrubios que se sitúan en las orillas del lecho glaciar.



Figura 8.14  
Zona de erosión producto de superficie cubierta por material morrénico disperso

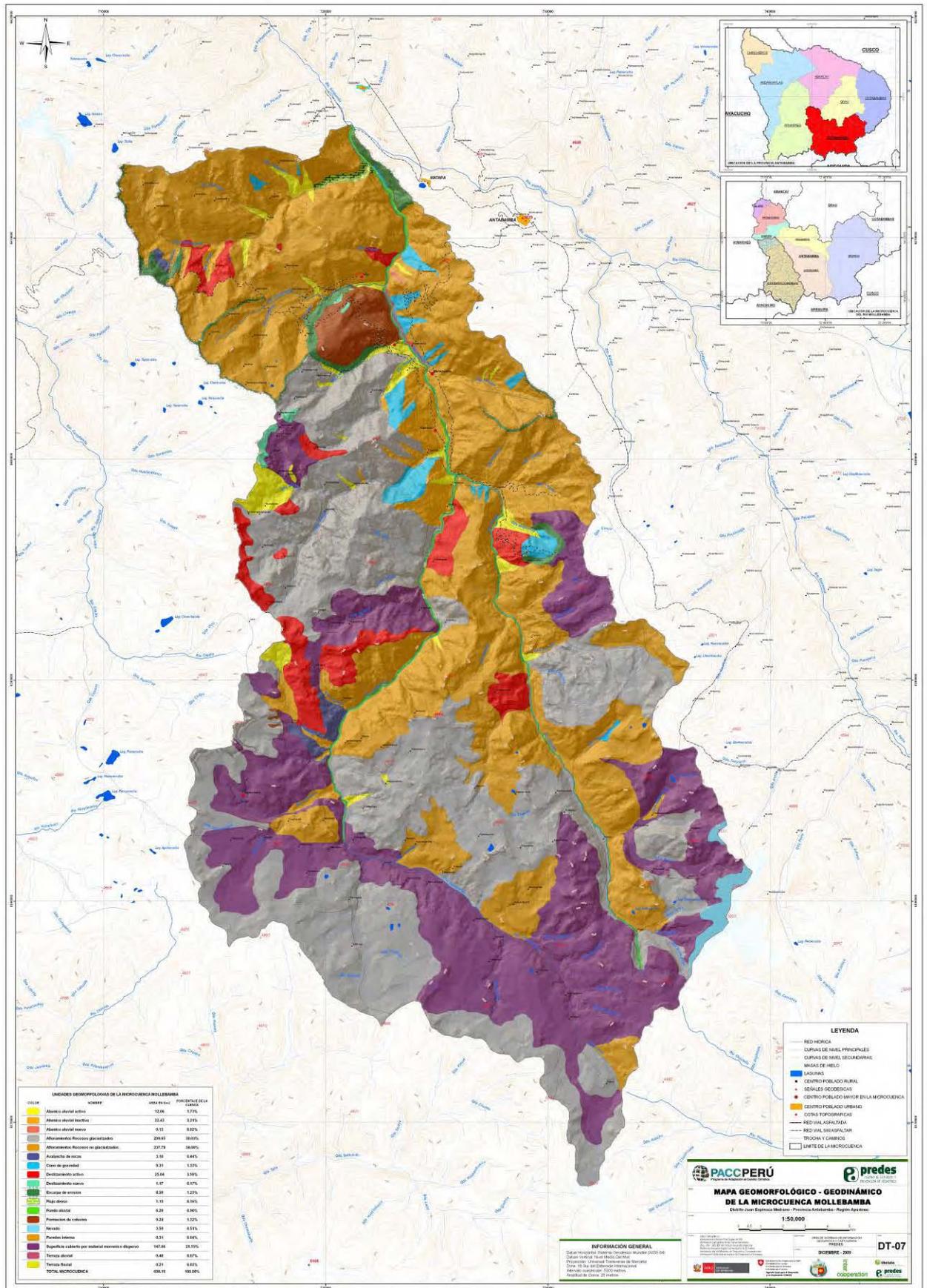


Figura 8.15  
Mapa Geomorfológico – Geodinámico De La Microcuenca Mollebamba

### 8.5.6 Morfometría

Los parámetros utilizados para determinar y definir la morfometría nos sirven para caracterizar un ambiente geomorfológico de la zona y además permite disminuir la influencia de la subjetividad en las conclusiones que se deriven de esos parámetros<sup>8</sup>.

Es así que los parámetros fisiográficos que son insumos para el análisis y la interpretación morfométrica, ya han sido calculados en el acápite 8.1 Morfología de la Microcuenca

En este caso la mayor cantidad de elementos que definen la morfometría de la microcuenca, están en función de las características del patrón de drenaje propuestos por Horton, lo que nos permiten conocer que el río Mollebamba es un río de orden 5, lo que se relaciona con los cálculos establecidos en los anexos y a su vez esto nos permite realizar inferencias acerca del estado de equilibrio de la red.

En este sentido la microcuenca Mollebamba presenta las características de una cuenca fuertemente disectada con un relieve altamente variado y empinado, con un sistema de drenaje dendrítico, con fuertes controles estructurales

En morfometría la pendiente actúa como factor que determina el comportamiento dinámico de la microcuenca en este sentido con pendientes que oscilan entre 5° a 15° en la partes altas, 20° a 60° en la partes bajas y de 60° hasta 89° de pendiente en laderas adenañas al curso principal se puede decir que los procesos erosivos, alteración de rocas y transporte de material coluvial, aluvial y fluvial son dinámicos, considerando más aún que la microcuenca Mollebamba está en proceso de formación.

#### 8.5.6.1 Pendiente en laderas en centro poblados

Otro factor de relevancia es conocer el valor de las pendientes de las laderas adenañas a los centros poblados, es importante conocer esto para poder definir con mayor agudeza las características geomorfológicas de estas zonas.

Como dijimos la morfometría expresa matemáticamente la forma de la microcuenca, pero no podemos dejar de lado la descripción de la microcuenca en función de sus pendientes y mas aun si este es un factor gravitante a la hora de transportar material coluvial, de definir la fuerza de un flujo determinado.

**Centro poblado Mollebamba:** Las laderas adenañas al centro poblado Mollebamba llegan a tener pendientes que van en valores de grado desde los 38° hasta un 79° de pendiente según el mapa de pendientes, esto implica altas pendientes que podrían ayudar a generar caída de rocas en caso de movimientos sísmicos

**Centro Poblado Calcauso:** ubicada a la margen izquierda de la desembocadura de la Qda Sillajasa, las laderas adenañas al centro poblado están en el rango de los 24° hasta los 47° exactamente, el problema es que en Calcauso existen zonas de afloramiento rocosos que presenta fracturamiento, que en caso ocurriese un evento sísmico podría generar el colapso y posterior caída de estas rocas, afectando al centro poblado.

---

<sup>8</sup> Nelson Doffo y Gustavo Gonzáles Bonorino, Departamento de Geología, Universidad nacional de Río Cuarto, Córdoba

**Centro poblado Silco:** El centro poblado Silco se ubica en el cono deyectivo de la quebrada del mismo nombre, el centro poblado se encuentra rodeado por el margen derecho laderas con pendientes que van desde 31° a 38° y por la margen izquierda va desde 18° a 38° aproximadamente

**Centro poblado Vito:** ubicada en la ladera izquierda de la quebrada de Chaupimayo donde para ambas márgenes las pendientes van desde 38° hasta 70°, es este el caso mas complejo y el de mayor relevancia donde la pendiente es un factor muy importante por que actualmente existen dos deslizamientos activos que afectan al centro poblado y a los canales de riego. Es por eso que se tiene que poner mucho énfasis en el tratamiento de esta zona.

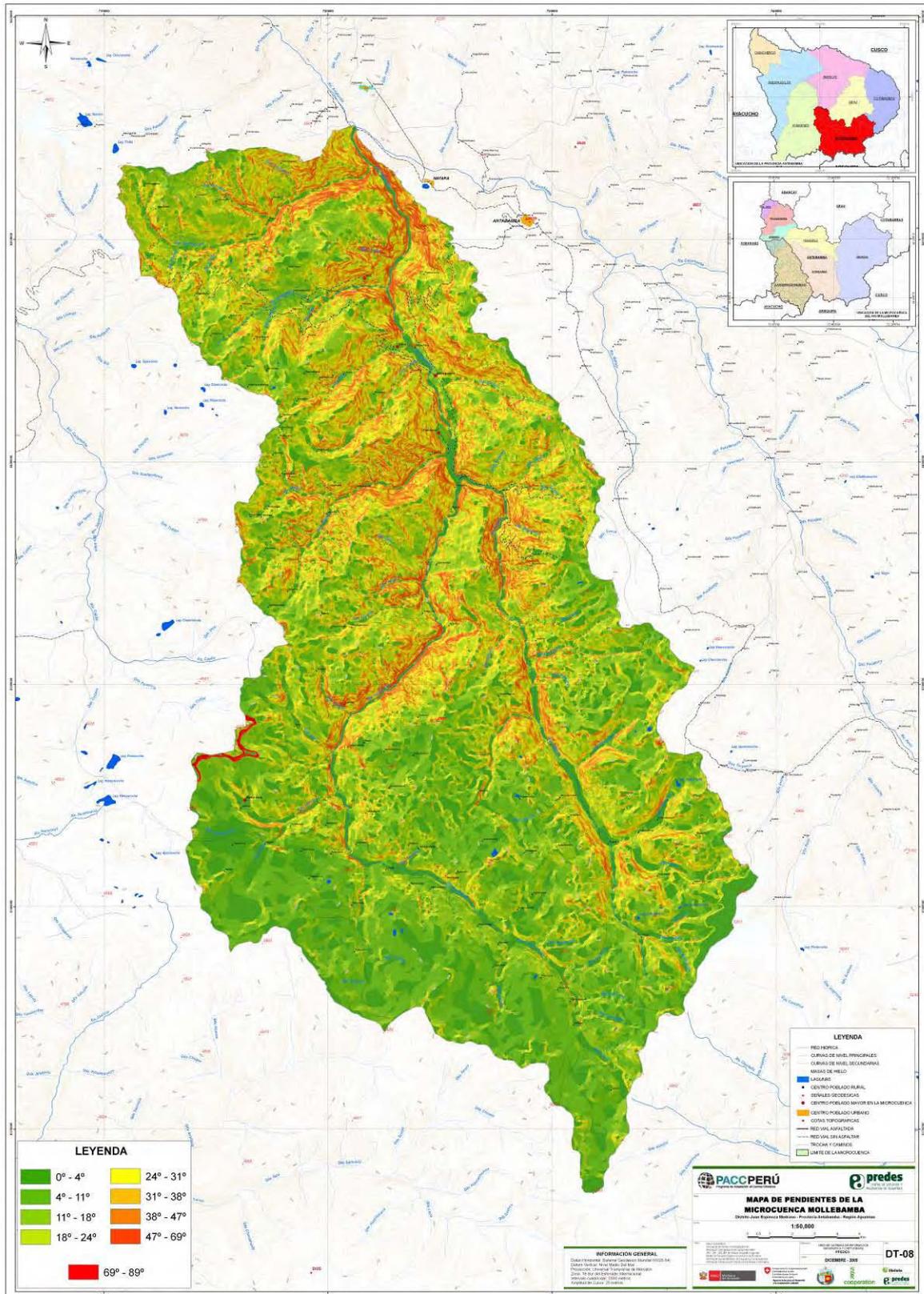


Figura 8.16  
Mapa de Pendientes de la Microcuenca Mollebamba

### 8.5.7 Sismicidad en la Microcuenca

Partiendo de una caracterización regional podríamos decir que la microcuenca Mollebamba se encuentra en una zona sísmica con foco intermedio ( $60 < h < 300$  km) lo que implica una gran concentración de sismos, ámbito conformado por distintas zonas del sur del Perú donde también se ubican en su totalidad los departamentos de Arequipa y Apurímac.

Estos eventos de origen regional se intensifican y se acentúan cuando movimientos sísmicos son amplificados producto de fallas locales que incluso cortan la microcuenca de NE a SO pasando por las áreas urbanas de Mollebamba y Silco afectándolas, así también afecta carretera y canales como lo evidencia los daños producidos en la infraestructura de riego en Calcauso, que hasta la fecha no han sido reparados lo que conlleva una reducción de las áreas de riego afectando directamente a la agricultura en la zona.

El registro más cercano y severo que ha dejado secuelas hasta hoy es el evento sísmico que ocurrió el día jueves 09 de agosto del 2001 a Hora: 02h 07m 28s, en las coordenadas 8344485.63 N 704328.47 E con una profundidad de 28 Km. y una Magnitud de 5.0 md, Intensidad: IV-V en Antabamba, Mollebamba, Caraybamba y Challhuanca; lo que generó la muerte de dos personas, decenas de heridos graves y cientos de damnificados, daños graves en el 75% de las construcciones en Antabamba así como las comunidades campesinas de Mollebamba, Calcauso y Silco en la microcuenca Mollebamba, departamento de Apurímac<sup>9</sup>.

Los pobladores han señalado que los campos agrícolas y ganaderos se han visto afectados por el terremoto, pues los cultivos se han malogrado por los deslizamientos de tierras y se han perdido varias decenas de ganado vacuno y lanar. Además han notado que desde aquel día los manantes se han alterado y han disminuido la producción de agua.

También señalan que la carretera Abancay-Antabamba quedó bloqueada en varios tramos con desprendimiento de rocas y tierras de los cerros colindantes<sup>10</sup>.

Considerando estas premisas es necesario considerar el Sismo como un factor desencadenador de los PRM

<sup>9</sup> Fuente: IGP - características de la sismicidad en la región sur de Perú - Isabel Bernal - 2001

<sup>10</sup> Fuente: INDECI - Registro Nacional de Eventos - 2004

## 8.6 Peligros Climáticos y Peligros Geológicos

### 8.6.1 Clima

Para la descripción de la información climática en la microcuenca Mollebamba, se utilizó información procesada por SENAMHI partiendo por establecer una división de la microcuenca, en 3 sectores: el sector Mollebamba Bajo, el sector Sequeña, el sector Yanahuarajo, la media de todos estos datos se expresa como la precipitación media de la microcuenca Mollebamba

*Las características pluviométricas de la microcuenca Mollebamba, han sido establecidas por el SENAMHI, en base a modelos regionales a través de la interpolación de datos obtenidos de la TRMM<sup>11</sup>*

*Este método de obtención de información, tiene ciertas limitaciones, ya que estudios demuestran que la comparación de estos datos, con datos de una estación meteorológica en tierra tiene grandes diferencias en circunstancias donde la escala temporal es muy corta, es así que si hacemos análisis de precipitaciones y temperaturas a nivel de una hora, las diferencias son muy notorias, ejemplo de ello es que cuando la estación en tierra registra, niveles de precipitación bajo, el censor expresa precipitaciones mas altas y viceversa, pero si las escalas temporales se alargan a por lo menos promedios mensuales, la variación es menor llegando a valores de correlación de 0.9 en el mejor de los casos, pero esto tampoco indica datos similares si no proyecciones similares.*

*En suma el uso de datos generados con la TRMM es limitado por el nivel de precisión que estos tienen en escalas temporales cortas, por lo cual para el análisis de los PRM no es adecuado ni lo más recomendable, porque no refleja el valor de la precipitación en la microcuenca en periodos horarios y diarios.*

#### **Precipitación:**

La microcuenca de Mollebamba, al igual que la mayor parte de la Cordillera de los Andes, presenta una estación seca de 8 meses (entre Abril a Noviembre) y otra de lluvias que dura 4 meses (entre Diciembre a Marzo).

Los valores de precipitación promedio en la microcuenca Mollebamba permitió identificar las diferencias bien marcadas que existen entre época de lluvia y época seca, como puede verse en la figura 8.1

---

<sup>11</sup> La TRMM: Misión de Medición de Lluvias Tropicales (Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM) es una conjunción de exploración espacial entre la NASA y la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA) diseñada para monitorear y estudiar precipitaciones tropicales y subtropicales, entre 35° N y 35° S. El término encierra toda la misión espacial del satélite y la investigación de los datos obtenidos. La TRMM es parte de la Misión al Planeta Tierra de la NASA, un estudio de largo alcance, coordinando investigación para el estudio de la Tierra como un sistema global.

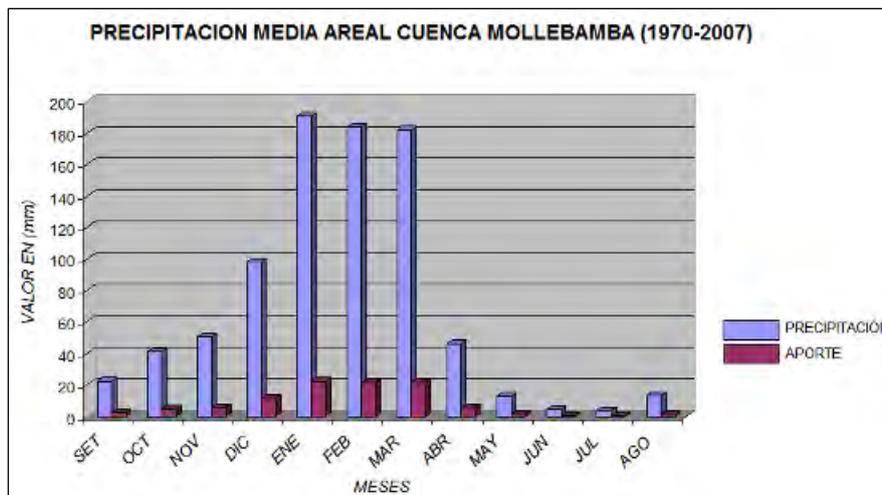


Figura 8.17

Precipitación media en la cuenca Mollebamba

Elaboración: PREDES Fuente: Datos climáticos generados por SENAMHI, en base a la TRMM

Las precipitaciones se inician en diciembre intensificándose aún más en enero, febrero y marzo destacando el mes de enero con registro mensual de 190.7 mm.

Las precipitaciones concentradas en cuatro meses conllevarían a una mayor saturación del suelo en un corto tiempo.

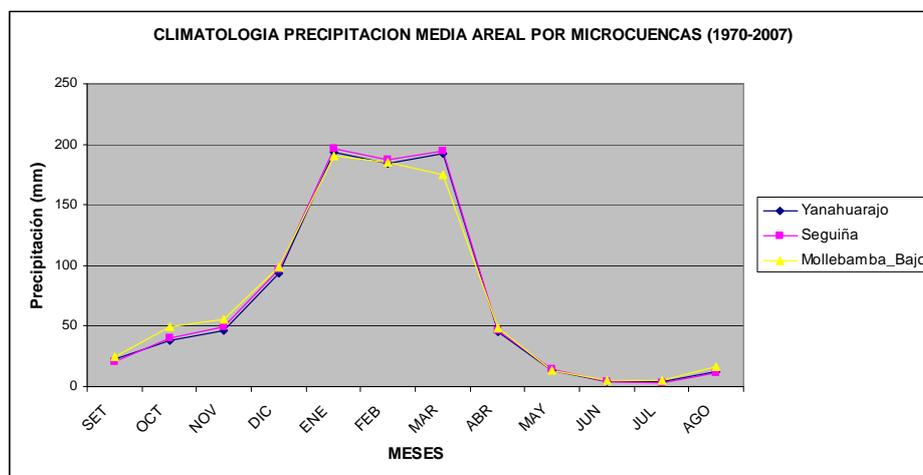


Figura 8.18

Comparación de precipitación en sectores de la microcuenca Mollebamba

Elaboración: PREDES Fuente: Datos climáticos generados por SENAMHI, en base a la TRMM

La información del SENAMHI indica que los niveles de precipitaciones son muy similares en los tres sectores de la microcuenca que corresponden a los ríos Yanahuarajo, Sequeña en la parte alta de la microcuenca y Mollebamba Bajo (zona a partir de la confluencia de las dos quebradas citadas)

### Temperatura:

Un factor que incide en la generación de material coluvial fragmentado es la alta variación térmica que ocurre en la microcuenca. Por lo cual se hace necesario conocer los umbrales de temperatura para comprender de forma cuantitativa cual es el grado de variación térmica al cual están expuestos los afloramientos rocosos.

Según los datos del SENAMHI, en la microcuenca Mollebamba la mayor variación de temperatura, se da en los meses de junio, julio y agosto, con una diferencia de 16 a 17 grados centígrados, lo que hace que en estas épocas las rocas estén sometidas a mayores esfuerzos producto de la contracción y dilatación que se generan por la variación de temperatura.

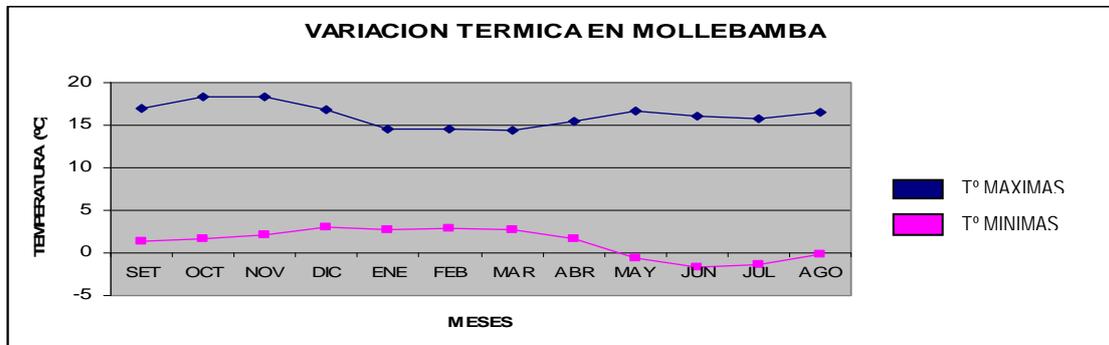


Figura 8.19

Variación térmica en Mollebamba

Elaboración: PREDES Fuente: Datos climáticos generados por SENAMHI, en base a la TRMM

En el sector de Mollebamba bajo, se identificó que existen variaciones de temperatura mayores aún y por tiempos mas prolongados, es así que los meses de Octubre, Noviembre, Mayo, Junio, Julio, Agosto presentan variaciones que en todos los casos superan los 16 °C lo que implica que las rocas están expuestas durante un mayor periodo de tiempo a los procesos termoclásticos.

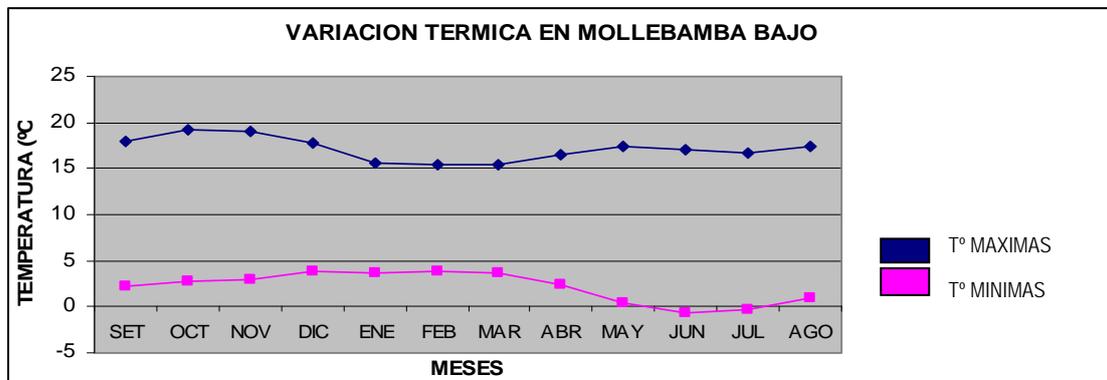


Figura 8.20

Variación térmica en Mollebamba bajo

Elaboración: PREDES Fuente: Datos climáticos generados por SENAMHI, en base a la TRMM

En el sector Yanahuarajo que abarca la parte media alta de la microcuenca Mollebamba se observa que las variaciones de temperatura son aun mayores en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto donde llegan a 17.9°C, lo cual indica que el proceso de exfoliación y desmenuzamiento aumenta.

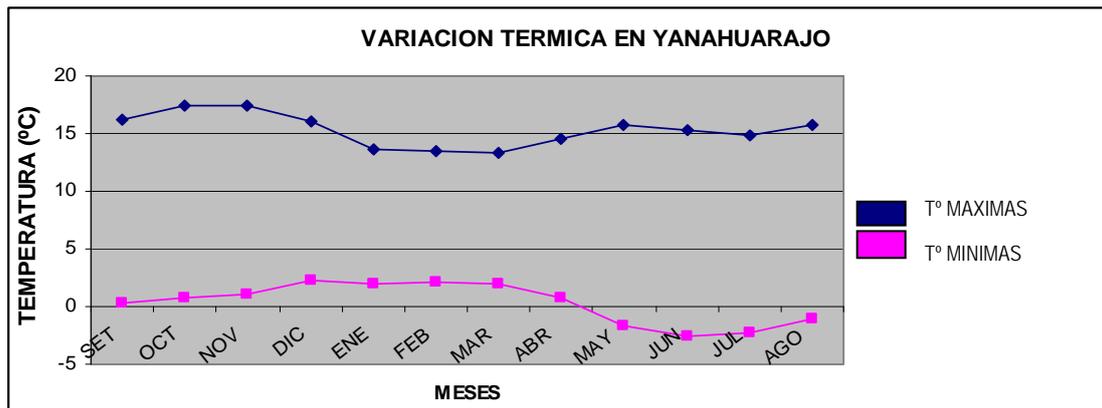


Figura 8.21

Variación térmica en Yanahuarajo

Elaboración: PREDES Fuente: Datos climáticos generados por SENAMHI en base a la TRMM

En el sector del río Sequeña que abarca la parte media - alta de la margen derecha de la microcuenca, se identificó el mes más extremo de variación de temperatura, que es Junio, en el cual se produce una diferencia térmica de 18 °C, lo que implica una mayor exposición por intensidad así como por temporalidad, ya que los meses de setiembre, octubre y noviembre presentan variaciones similares a los demás sectores de la microcuenca.

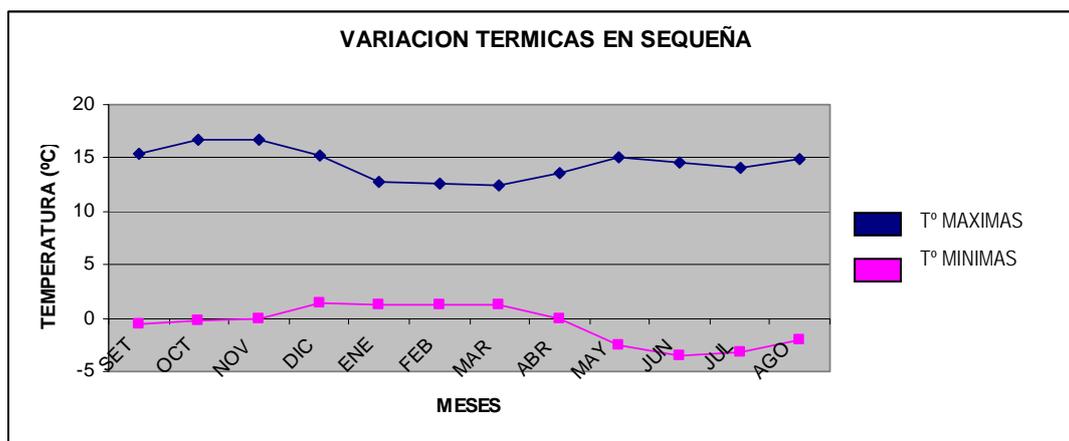


Figura 8.22

Variación térmica en Sequeña

Elaboración: PREDES Fuente: Datos climáticos generados por SENAMHI, en base a la TRMM

Considerando la limitada información climática, proporcionada por SENAMHI, se pudo realizar un análisis que llega a describir cuales son las variaciones de temperatura y su relación con la generación de material susceptible a procesos de remoción en masa, esta deficiencia en información, trato de ser suplida en cierta forma mediante los talleres participativos en cada comunidad, estos talleres permitieron conocer la existencia de peligros de origen hidrometeorológico, pero sin la posibilidad de graficarlo y dimensionar su impacto espacial, es por ello que la caracterización de estos peligros pasa por una visión subjetiva de la población.

### 8.6.2 Principales peligros climáticos:

Dentro de este segmento del capítulo se evaluara las condiciones del medio físico y la generación de eventos climáticos extremos, desde la óptica y percepción de los pobladores en común, mediante consensos y pronunciamientos colectivos, que tratan

de caracterizar los distintos eventos climáticos que se generan y se suscitan en la microcuenca Mollebamba, con la posibilidad de realizar análisis de los impactos y alteraciones el curso normal de las actividades, económicas, sociales, físicas y culturales, desencadenando un ambiente de inestabilidad.

Es así que conociendo las manifestaciones culturales del conjunto de pobladores de la microcuenca pudimos determinar que en rango de prioridad, recurrencia e impacto los eventos de mayor mención fueron las heladas, sequías, vientos fuertes y granizadas.

La información estadística útil para este diagnóstico es parte de la Cronología de desastres realizada con la población local en los Talleres Comunales en la etapa de campo.

### **8.6.2.1 Heladas**

Se define como el evento meteorológico caracterizado por el descenso de temperatura ambiental por debajo de 0°C<sup>12</sup>.

En el caso de Mollebamba debido a la combinación de factores como la latitud, la conformación del valle, sobre todo a la agudización de las variables climáticas, así como la exposición y vulnerabilidad de los elementos productivos se identificó heladas que afectan directamente a los cultivos de papa, cebada, arvejas, maíz, trigo y plantas nativas y esto a su vez repercute en la crianza del ganado, al generarse pérdidas de pastos naturales para su alimentación.

También se identificó afectaciones en la salud de la población más vulnerable (niños y ancianos) como lo demuestra el nivel de las infecciones respiratorias agudas registradas en el Centro de Salud de Mollebamba.

### **8.6.2.2 Sequías**

Este evento se presenta como ausencia prolongada de lluvias en zonas y temporadas donde normalmente llueve. Es un estado temporal, fuera de lo que se considera normal para una zona determinada, a diferencia de la aridez que es se caracteriza porque el estado climático no permite la generación de precipitaciones. En la microcuenca Mollebamba existe una larga historia de sequías, según refieren los pobladores locales, que han afectado la agricultura y ganadería, como puede verse en el “Estudio de impactos de la variabilidad y cambio climático en los sistemas productivos rurales y en las condiciones de vida y desarrollo campesinos – una visión desde la población rural de Cusco y Apurímac”, realizado por el PACC

### **8.6.2.3 Granizadas**

Precipitación de glóbulos o trozos de hielo cuyo diámetro es mayor de 5 mm. Este fenómeno se observa durante fuertes tormentas convectivas en las cuales el desarrollo de las cumulonimbos es rápido<sup>13</sup>

Este tipo de evento se desarrolla dentro de toda la microcuenca Mollebamba. En los talleres comunales se resaltó los eventos ocurridos en los años 2008 – 2009 en las comunidades de Silco y Vito, en que se afectaron la agricultura, salud de las personas y ganadería.

<sup>12</sup> Glosario Hidrometeorológico SENAMHI

<sup>13</sup> Glosario de Términos Agrometeorológicos SENAMHI

**Agricultura:** Se registró pérdida de cultivos, erosión de suelos de cultivo y afectación de pastizales pero también cultivos de papa, cebada, arvejas, maíz, trigo y plantas nativas lo que alteró el normal flujo de alimentos en la microcuenca siendo más aguda la situación en las comunidades de Silco y Vito

#### 8.6.2.4 Vientos fuertes

Aire en movimiento relativo a la superficie de la tierra, casi exclusivamente usado para denotar la componente horizontal generados por la diferencia de temperatura de los estratos inferiores de la atmósfera, provocan diferencias de presiones atmosféricas que producen el viento. Se han registrado vientos de gran intensidad que generan daños en distintas comunidades de la microcuenca, resaltan los eventos registrados en los años 2001 - 2003 - 2005 en las comunidades de Santa Rosa, Mollebamba, Calcauso, Vito; donde se produjo alteraciones que impactaron sobre la infraestructura, ganado y agricultura.

**Infraestructura:** el elemento mas afectado según los registros en la entrevistas comunales a sido la infraestructura, que a su vez se subdivide en dos tipos la infraestructura, de energía donde se afecto los postes de alumbrado publico en la comunidad de Vito, afectando así la distribución de energía en todo el centro poblado, el otro elemento afectado fue la infraestructura urbana, es así que en todas las comunidades se afectaron los techos de las casas y cobertizos, los que fueron arrancados desde su base.

**Agricultura:** Hubo pérdidas de cultivos, debido a que el viento arrasó aproximadamente el 30% de la cosecha del maíz en la comunidad de Vito, así como la pérdida de pastos naturales y forraje para animales en las comunidades de Santa Rosa, Vito y Calcauso.

**Ganadería:** este elemento se afectó en doble forma debido a que durante la ocurrencia del evento, se apreció que los animales eran arrojados por los vientos afectando en algunos casos la salud de estos, pero el efecto de mayor relevancia se vio días después debido que los pastos naturales que le sirven de alimento fueron dañados, en algunos casos arrancados del suelo.

#### 8.6.2.5 Inundaciones

En función de las observaciones de campo donde se identifico los niveles máximos del nivel de agua a lo que se le sumo los registros obtenidos en los talleres comunales, se obtuvo información que nos permite caracterizar las inundaciones, así como definir las causas y efectos que generan en la microcuenca Mollebamba.

Se observó rasgos de las inundaciones causadas por el río Mollebamba y sus tributarios en la parte baja, donde resalta la quebrada Silco y el río Yanahuarajo, entre las comunidades Calcauso, Silco y Mollebamba.

Estas zonas son de mayor amplitud, donde el valle se ensancha desde la altura de Calcauso hasta Silco, en esta zona se ubican los mayores depósitos fluviales y la mayor concentración de material de depósitos cuaternarios, lo que indica que en eventos climáticos extremos los niveles de agua llegaron a zonas muy superiores a las que actualmente presenta, llegando a terrazas antiguas, que ahora son de uso agrícola.

Es importante recalcar que en función de los talleres comunales se registro que las inundaciones mas representativas registradas en la microcuenca Mollebamba se dan

en periodos de mayor variación climática en los años de 1970 a 1974 - 1995 - 2003 - 2008, siendo las comunidades de Silco y Mollebamba las más afectadas por este tipo de fenómenos, con impactos en la población e infraestructura urbana y la agricultura,

**Población e Infraestructura Urbana:** se conoció que la quebrada Silco arrasó la población ubicada a la derecha del río afectando viviendas. En la comunidad Mollebamba se registró la muerte de personas producto del embalse del río Mollebamba se perdió el puente de Amayja, Leqota, Arequipa Huayco.

**Agricultura:** Durante la ocurrencia de inundaciones uno de los elementos más expuestos son las áreas de cultivo asentadas sobre antiguas terrazas, es así que se registra pérdidas de terreno de cultivo en las zonas de Chipuy, Pampacocha, Pomacota, Casiasco, Qalla, Alta, Yaucoña, Ailaucoña, Ccaccacata, Colcabamba, Ccaccantia, Lluillinsa, Pocarayme, Antacuy, Suyaypata, Uraypata, Huancari y Mulla de la comunidad de Mollebamba, en Calcauso se afectaron cultivos de papa, oca maíz, haba, en la zona de Trapiche.

### 8.6.3 Principales peligros geológicos

Eventos realizados en función de observación y medición en campo analizando las de forma integrada los elementos que comprenden y componen el suelo y el territorio, elementos como la geología, geomorfología expresada en su origen, proceso y forma, es en este sentido que se tipificó los peligros determinados sus características, origen y su relación con el impacto o daño que generan sobre la infraestructura prioritaria de uso como asentada a lo largo de la microcuenca.

#### 8.6.3.1 Huayco<sup>14</sup>

Flujo de lodo y rocas que se desliza por cárcavas, quebradas hacia los cauces de los ríos, formados por acción de lluvias que caen sobre suelos inconsolidados que se saturan y colapsan.

Estos eventos se caracterizan por formarse en las cuencas, son desencadenados por lluvias que caen sobre suelos no consolidados en laderas o taludes de las quebradas, que al saturarse de agua colapsan y se desplazan con gran violencia por las quebradas. Según la topografía de los cauces los huaycos pueden llegar a arrojar sus materiales al río o los depositan en las zonas planas, generalmente en los conos de deyección.

En la microcuenca Mollebamba producto del Estudio Geológico – Geodinámico se identificaron 12 zonas más relevantes donde existen evidencias de la ocurrencia de huaycos que alteran la carretera, los canales, y áreas de cultivo en distintas zonas de las comunidades. La zona donde se forman Huaycos o Llocllas son abruptas con pendientes que tienen valores que van desde los 30° a 70°, lo que implica una fuerza de arrastre y velocidad del flujo muy alta, estos eventos se dan en dos condiciones de precipitación, en primer lugar cuando se dan precipitaciones moderadas pero de larga duración y en segundo lugar precipitaciones muy intensas que son de poca amplitud espacial, en ambos casos se genera una saturación del suelo creando inestabilidad.

<sup>14</sup> Es un término del idioma quechua, denomina a Quebrada. Por extensión comúnmente se usa para denominar también al flujo lodoso que baja por una quebrada. Otro término usado para denominar lo mismo es "Lloclla".

**Cuadro 8.6**  
**Relación de puntos de huaycos en la microcuenca**

HUAYCOS EN MOLLEBAMBA								
N'	ALTITUD	COORDENADA		INFRA. EXPUESTA	PROGRES,	COMUNIDAD	CODIGO	DESCRIPCION
		NORTE	ESTE					
1	3939 m	8398713	721214	Afectación a territorios	-	Calcauso	HMIM8	zona de huayco
2	3908 m	8398811	721456	Afectación a territorios	-	Calcauso	HMIM9	zona de huayco
3	3870 m	8398974	721913	Afectación a territorios	-	Calcauso	HMIM10	Flujo de detritos
4	3852 m	8398963	721996	Afectación a territorios	-	Calcauso	HMIM11	Flujo de detritos
5	3822 m	8398893	728860	Carretera Mollebamba - la mina	9+800	Mollebamba	HMDM12	Aguas termales zonas de huayco en caso de lluvia zona de la Qda. Paca
6	4108 m	8400148	729591	Canal Condori	3+860	Mollebamba	HMDM7	Punto de captación
7	4103 m	8400274	729356	Canal Condori	4+280	Mollebamba	HMDM6	Punto de captación
8	3435 m	8403304	724404	Carretera Silco – Calcauso	2+290	Calcauso	HMIA5	Zona de alta pendiente
				Canal Sapsi Parpata	0+200			
9	3411 m	8403280	724404	Carretera Silco – Calcauso	3+000	Calcauso	HMIA4	Punto de alto peligro
10	3551 m	8403710	726317	Canal Antacuy	0+400	Mollebamba	HMDM3	Zona de huayco de la Qda. Parcuayo que genero daños en los canales de riego
11	4219 m	8409166	719728	Afectación a territorios	-	Vito	HBIM1	Flujo de detritos
12	3938 m	8403787	720785	Afectación a centro poblado, canales,	-	Silco	HMIA2	Zona de alto peligro por represamiento del río Silco por depósito de flujo desde la Qda. Ccomocasi hasta la quebrad Silco afectando canales y al centro poblado
				Áreas de cultivo de Silco				

### 8.6.3.2 Deslizamiento

Ruptura y desplazamiento de pequeñas o grandes mas de suelo o rocas, rellenos artificialmente o combinados de estos, en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla, a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento, y por la presencia de filtraciones<sup>15</sup>

Para el caso de microcuenca Mollebamba se identificaron 80 zonas de deslizamiento que afectan directamente a la infraestructura vial, infraestructura de riego, así como al territorio donde se desarrolla, agricultura y ganadería.

Los deslizamientos en la microcuenca Mollebamba se intensifican en gran medida debido a la conformación geomorfológica, que nos muestran lo abrupto de la microcuenca debido a los factores explicados en el capítulo sobre las características físicas del territorio, otro aspecto es la morfogénesis que describe todos los procesos de erosión, transporte y sedimentación del material, que en el caso particular de la microcuenca Mollebamba es muy intenso debido, a la forma alargada de la cuenca.

La Geología expresada en la estratigrafía nos muestra las distintas formaciones y su respuesta a los agentes externos que actúan sobre ella erosionándola y alterándola tanto física como químicamente, es en este sentido que la formación **Socosani** sobre la cual se ubica la carretera de acceso a la comunidad de Mollebamba, es un afloramiento en la margen izquierda de la microcuenca, es una zona donde se genera

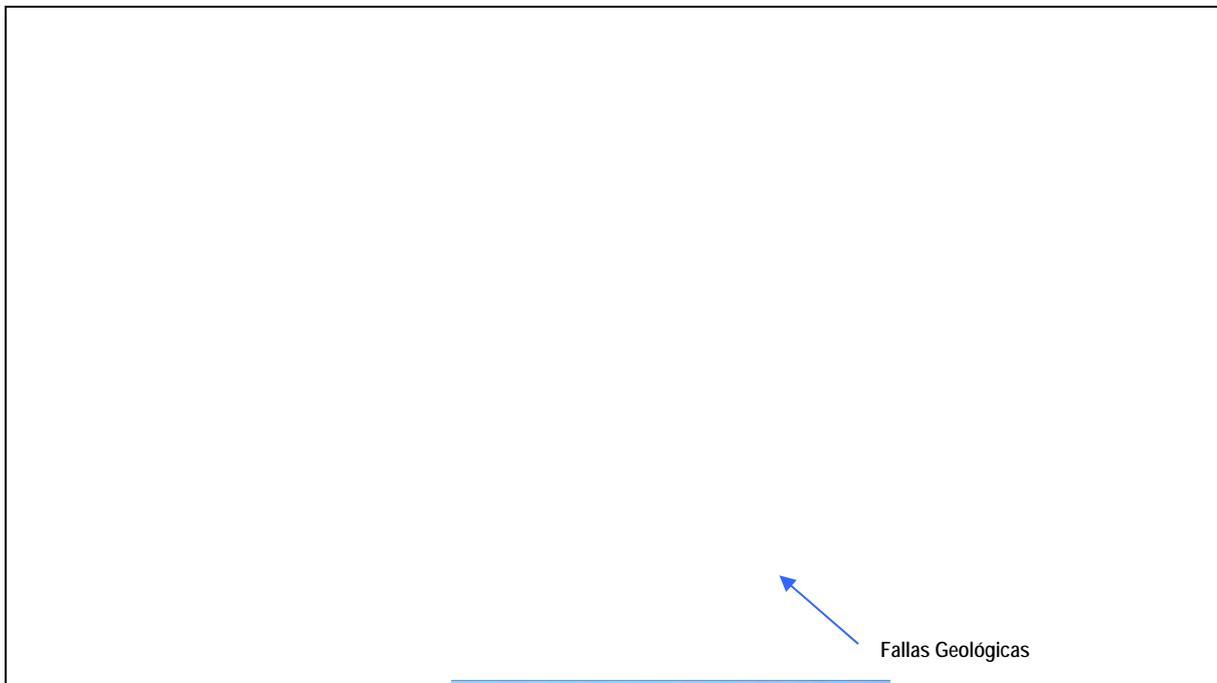
<sup>15</sup> Fuente: terminología de INDECI

material suelto, relacionada a la falla Mollebamba y fallas locales, que es transportado por agentes externos como es el agua de lluvias.

Otro factor de relevancia en geología para explicar los procesos de remoción en masa es la estructura geológica de la microcuenca, ya que los procesos de compresión generan fracturamiento de roca. En ese sentido en Mollebamba se presentan fallas locales activas que cruzan por la microcuenca de SE a NO por la quebrada de Parcuyo pasando por los centro poblado de Mollebamba y Silco cortando la carretera Mollebamba – Antabamba que generan inestabilidad y material suelto que la afecta. También genera cambios, como la ampliación del valle, debido a fuerzas de compresión lateral fracturando la roca que es susceptible a ser removida y/o transportada.

A estos factores naturales propios del territorio se le suma los aspectos antrópicos que aceleran el proceso de erosión en la microcuenca, entre todas las actividades humanas que desencadenan alteraciones del medio, destacan las malas prácticas de riego sobre todo en Vito, los inadecuados procesos constructivos y de diseño de canales que afectan el transporte de agua ocasionando pérdidas que saturan el suelo, generando inestabilidad, se evidencia la alteración del territorio con los malos diseños de corte de carretera que ocasiona desestabilización de los taludes, y los proyectos no contemplan la estabilización de los taludes. Esto sucede en las cuatro comunidades de la parte baja

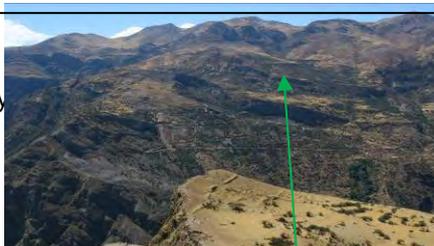
Considerando estos procesos se identificó en campo un total de 80 puntos de deslizamientos de distinto orden de magnitud y proceso, considerando el grado de afectación que estos representan, detallando el lugar de impacto en función de coordenadas y progresivas, la descripción del evento así como la comunidad en que se desarrolla y las medidas de solución.



Fallas Geológicas



usas y



la falla



### 8.6.3.3 Caída de rocas

Como conclusión del estudio Geológico – Geomorfológico se aprecia que las condiciones de generación de material suelto susceptibles a ser transportados por acción de la gravedad se dan en muchos casos en zonas donde las fallas geológicas locales y regionales atraviesan la microcuenca, porque las fuerzas de compresión y tracción que se generan por el desplazamiento de las fallas normales genera un cizallamiento y fractura de la roca, como se puede apreciar directamente en la Carretera Mollebamba – Antabamba, en la Carretera Silco Vito.

Otro factor que genera material fracturado son los explosivos, usados en el trabajo minero que generan ondas que afectan a la carretera, puntualmente en las zonas de corte del talud de la carretera.

Es así que el factor natural y el factor antrópico son elementos de importancia para definir las características y recurrencia de este tipo de eventos.

En la microcuenca Mollebamba se identificó 30 puntos de caída de roca, con distintos niveles de riesgo, donde resalta claramente un punto, en la comunidad de Vito, sobre el centro poblado Vito en la ladera izquierda de la quebrada Chaupimayo, allí existen afloramientos rocosos, que se encuentran susceptibles a ceder en caso se produzca un evento sísmico de importancia, afectando directamente al centro poblado y los canales de riego.

En el documento de Anexos se encuentra la tabla con datos de ubicación en función de coordenadas, progresiva caso de vía o canal, altitud así como una descripción y codificación del punto

### 8.6.3.4 Erosión hídrica

Puntos en los que se observa la saturación del suelo producto de filtraciones de los canales, tales filtraciones responden a fallas en las estructuras producto de malos diseños y procesos constructivos que generan el colapso estructural.

En la microcuenca Mollebamba se observa que la Comunidad de Calcauso existe un alto grado de deterioro de los canales, como producto del sismo del 2001, esto demuestra el mal diseño debido a que no se consideró un análisis de riesgo en la elaboración de los expedientes técnicos que considerase estructuras mas flexibles que responda a las dinámicas físicas que se suscitan en la microcuenca.

Este factor de diseño y sobre todo los malos procesos constructivos, y mal uso de los recursos, se muestra en los canales de Acoycho y Antacuy en la comunidad de Mollebamba, los cuales presentan serios problemas que afectan la saturación del suelo, aminoran fuertemente la eficiencia del agua, generan pérdidas económicas e inestabilidad en toda la zona.

Otro aspecto es el no aprovechamiento del agua, como se aprecia en la comunidad de Calcauso en la parte alta, en la quebrada se Sillajasa, donde discurre el agua desde manantes en las laderas de quebradas tributarias a Sillajasa, esta agua genera un intensa erosión hídrica ya que discurre por todo el camino, afectando y restringiendo el camino.

### 8.6.3.5 Aluviones

En la microcuenca Mollebamba existen dos puntos identificados de colapso inminente producto de la ocurrencia de aluviones, estos puntos están ubicados en la comunidad de Vito, de forma exacta en el punto con coordenadas 8409252 N 720350 E a una altitud de 4222 m.s.n.m en la laguna Huayñacocha sobre la quebrada de Cursani, es en este punto donde la laguna intermitente que se colmata en época de lluvias, representa un peligro debido a que el dique natural que represa la laguna esta fuertemente fracturado, y posee un ancho de tan solo 15 metros aproximadamente en su parte mas angosta, esta sección del dique presenta fuertes puntos de infiltración que en caso de lluvias excesivas, podría colapsar generando la avenida del flujo que tendría como curso de desfogue la quebrada de Cursani directo hasta el río Mollebamba, generando un posible represamiento que tendría que estudiarse con mayor detalle.

Si bien no se prevé daños humanos ni materiales por ser zona no habitada, las afectaciones directas serían básicamente, la pérdida de recurso suelo por la erosión y la formación de cárcavas de grandes dimensiones que tendría afectaciones secundarias en relación a la exposición de suelo denudado lo que aceleraría los procesos de erosión en la zona.

### 8.6.3.6 Sismos

Dentro del contexto de cambio climático, donde el presente estudio muestra los problemas de origen climático y la interacción de estos con características externas de los suelo hacen que no se profundice de gran forma en el evento sísmico, pero considerando las características de la microcuenca Mollebamba y su ubicación con relación a puntos geosismicos hace que sea necesario caracterizar los efectos y desencadenamientos producto de este evento.

Los eventos sísmicos en la microcuenca Mollebamba, son uno de los peligros de mayor relevancia como factor desencadenante de otros peligros derivados, así como uno de los eventos que mayores daños estructurales y de recursos puede generar.

El evento sísmico es de mayor amplitud espacial, afectaría a las cinco comunidades de la microcuenca, ocasionando daños diversos a distintos sectores económicos de la microcuenca.

Los procesos de geodinámica interna en la zona son muy activos, partiendo de que la microcuenca esta en pleno proceso de formación, y también por la compleja red de fallas regionales que influyen sobre ella y la relación de amplificación que tendría un sismo por las fallas locales activas que la atraviesan, relacionando esto con la formación geomorfológica en la microcuenca destacan los depósitos cuaternarios producto de los procesos de geodinámica externa que son los más susceptibles a fallar cuando ocurren este tipo de eventos, ya que se presentan sueltos o poco consolidados y por hallarse depositados cerca o entre macizos rocosos, como el caso de la comunidad de Silco y Calcauso, darían lugar inevitablemente a una refracción de las ondas sísmicas que incrementarían su nivel de vibraciones.

Dentro de los depósitos cuaternarios, se identifican las zonas de material coluvial que serían los más inestables por su inclinación y poca cohesión. Factores como la pendiente ayudan a remover este material, causando derrumbes que producirían el bloqueo de carreteras y canales en la mayor parte de la microcuenca.

En el caso de los macizos rocosos presentes en el área; las laderas empinadas y los farallones que forman los afloramientos de la formación Soraya, ante un movimiento sísmico, podrían desencadenar caída de rocas y derrumbes, especialmente en aquellas zonas donde el buzamiento es concordante con la dirección de la pendiente y/o en donde las rocas presentan fisuras o una intensa meteorización. Si esto ocurriera en un ambiente natural no causaría problemas mayores ya que es parte de la evolución propia del medio, pero si alguna obra de ingeniería o infraestructura civil se ubica cercana a estas laderas podría ocasionar accidentes.

Considerando la integración de información propia del territorio con las características de un sismo determinado y la vulnerabilidad de los centros poblados, podríamos afirmar que la zona más afectada por sismos es la zona de Calcauso, debido a la gran cantidad de daños que ya ha causado en el pasado sobre la infraestructura urbana, como fisuras, rajaduras muy pronunciadas que han hecho que muchas edificaciones hayan sido abandonadas ya que presentan un gran riesgo para los habitantes de la zona.

Así también, se evidencia que el terremoto que se suscitó en Antabamba en el 2001 tuvo muchas implicancias en la microcuenca Mollebamba, produciendo caída de rocas, fisuras en viviendas, desaparición de manantes, etc., generando inestabilidad en gran parte de la comunidad de Silco.

En la comunidad de Mollebamba hubo deslizamiento de rocas en Moqsuma y Challihuary afectando la carretera y terrenos de cultivo, provocando la muerte de animales y pérdida de cultivos, desaparición de puquiales, así como fisuras en las edificaciones.

En la comunidad de Vito se generaron derrumbes de rocas, así también se afectó la posta médica, el colegio y el templo, además de los caminos de herradura.

En la comunidad de Santa Rosa se identificó fisuras en el 90% de las viviendas de adobe y piedra, derrumbe de viviendas de adobe y piedra (en número de 10 aproximadamente), desaparición de bofedales y fuentes de agua como Ankuvizcacha, Champawasi, Pelloni, Lliplina, Astucocha, Suytu Occo, Runtucocha, Warmicohca, Lacsa.

Podemos decir que los eventos sísmicos en la microcuenca Mollebamba son eventos que dinamizan los procesos de remoción en masa ya que las características intrínsecas del territorio facilitan este mecanismo, considerando los factores morfométricos y sobre todo morfodinámicos.

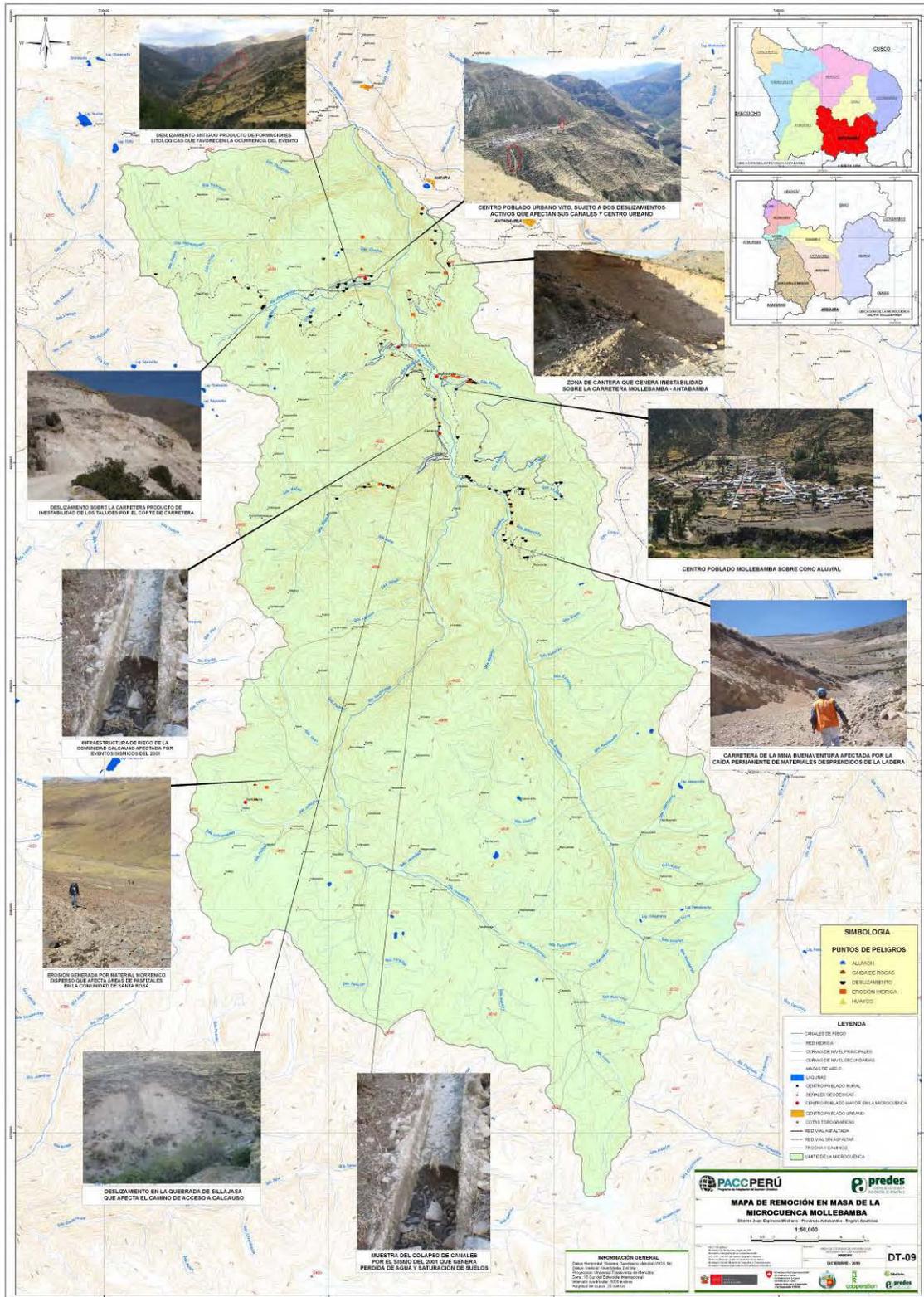


Figura 8.24  
Mapa de Procesos de Remoción en Masa

### 8.6.4 Tipificación y codificación de los Procesos de Remoción en Masa - PRM

En la microcuenca Mollebamba considerando todos los factores explicados en los acápite anteriores se identifico en total 137 puntos en los que se concentran Deslizamientos, Caída de Rocas, Huaycos y Aluvión.

De la información obtenida en campo se puede disgregar que de los 137 PRM 80 son deslizamientos, 31 zonas de caída de rocas, 12 zonas de huayco bien marcadas, 12 puntos de erosión hídrica muy intensa.

Cuadro 8.7  
Relación de PRM

TIPO DE EVENTOS OCURRIDOS	NUMERO DE EVENTOS REGISTRADOS
ALUVION	2
CAIDA DE ROCAS	31
DESLIZAMIENTO	80
EROSION HIDRICA	12
HUAYCO	12

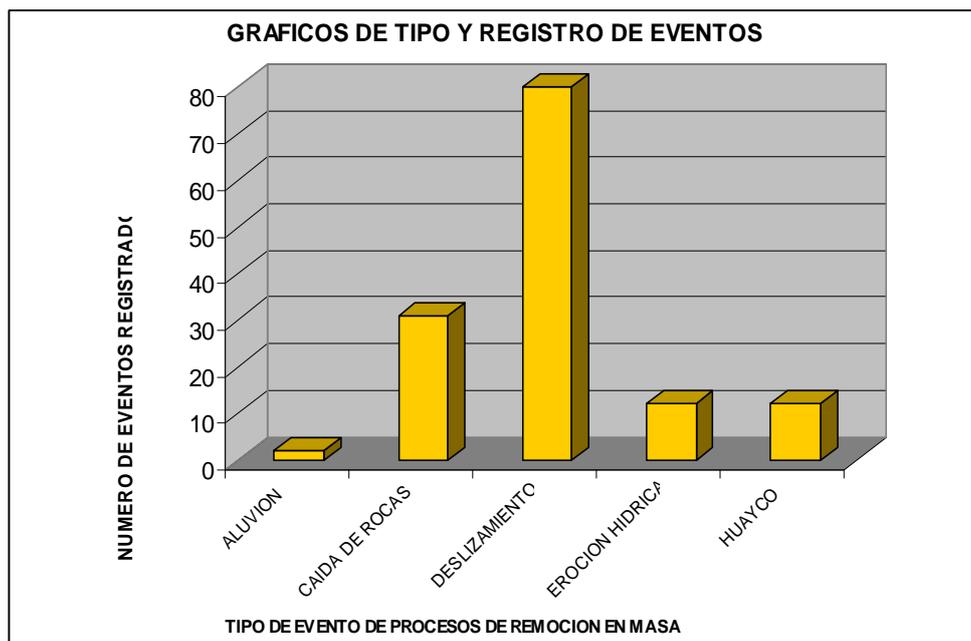


Figura 8.25  
Tipo y registro de eventos

El criterio para identificar y caracterizar peligros por PRM fue priorizar zonas donde se ubica infraestructura de riego y vial, así como los centros poblados. El 97.9% de peligros que afectan infraestructura se concentran en la parte media y baja de la microcuenca y sólo un 2.1% en la parte alta de la microcuenca.

Los eventos que afectan a cada tipo de infraestructura se muestran en la siguiente figura:

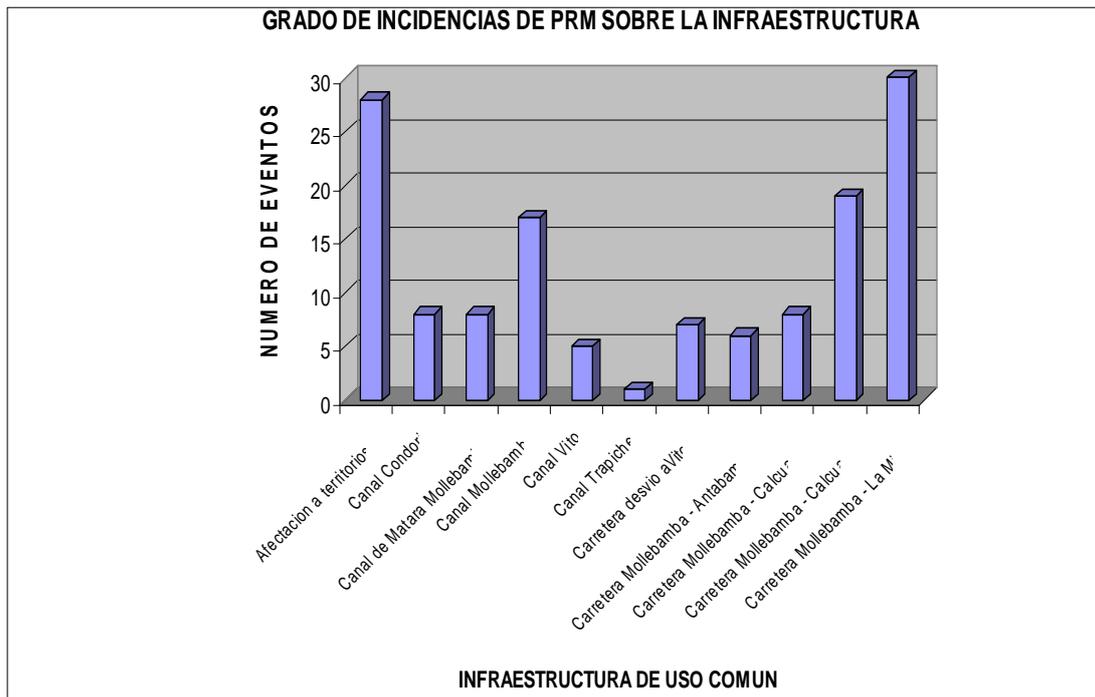


Figura 8.26  
Incidencia de PRM sobre la infraestructura

Según la información recogida en campo se puede ver que la carretera Mollebamba hacia la Minera Buenaventura es la zona con el mayor número de eventos, es la zona más inestable.

Cada uno de los PRM identificados afectando a centros poblados e infraestructuras fueron georeferenciados, caracterizados. Se presentan a continuación los más críticos:

### 8.6.5 Puntos críticos

#### 8.6.5.1 Caída de Rocas - CBIA5

Evento que se genera en la parte baja de la microcuenca en la margen izquierda del río Mollebamba dentro de la comunidad de Vito. A una altitud de 4218 m.s.n.m en las coordenadas 8408086 N 715873 E de la zona 18 sur, las condiciones de inestabilidad fueron generadas por factores antrópicos de desestabilización del talud producto del corte de carretera, que en caso de precipitación y alto grado de intemperismo podría colapsar.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba - Challhuanca, así como desgaste del suelo en la parte superior el cual esta destinado para áreas de pastoreo.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** No genera otros peligros, por ser un evento focal y no ejerce influencia sobre áreas aledañas



Figura 8.27  
Deslizamiento sobre carretera Mollebamba - Challhuanca

#### 8.6.5.2 Deslizamiento - DIBA21

Evento que se genera en la parte baja de la microcuenca en la margen izquierda del río Mollebamba dentro de la comunidad de Vito. A una altitud de 3881 m.s.n.m en las coordenadas 8406932 N 717042 E de la zona 18 sur, punto de material suelto con una pendiente de 14.5% lo que indica que la posible caída de material esta sujeta a una fuerza de arrastre fuerte por lo abrupto de la pendiente.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba - Chalhuanca, así como desgaste del suelo en la parte superior el cual esta destinado para áreas de pastoreo.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Generaría desgaste y erosión de suelos generando un aumento en la inestabilidad de áreas aledañas.

#### 8.6.5.3 Deslizamiento - DBIA24

Deslizamiento que se ubica en el punto con coordenadas 8406614 N 720475 E a una altitud de 3881 m.s.n.m, en una ladera que tiene una pendiente de 33% lo que indica alto grado de arrastre producto de fuerza de gravedad, en este deslizamiento se cumple que la fuerza de arrastre es mayor a la fuerza de resistencia producto básicamente de la alta pendiente y de la cantidad de material suelto.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – Challhuanca.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Generaría desgaste y erosión de suelos generando un aumento en la inestabilidad de áreas aledañas.



Figura 8.28  
Deslizamiento sobre carretera Mollebamba – Challhuanca

#### 8.6.5.4 Erosión Hídrica - EBDM4

Punto ubicado en las coordenadas 8496616 N 723743 E a una altitud de 3680 m.s.n.m en la comunidad Mollebamba Zona que se producen erosión hídrica, producto del material no consolidado expuesto a la erosión de lluvias lo que genera la formación de cárcavas o surcos que produce pérdida de recurso suelo, genera la inestabilidad del terreno que en condiciones climáticas extremas podría producir flujos de lodo mayores.

**Grado de peligro independiente:** Medio comprende el desgaste de la zona base en la parte inferior de la carretera Mollebamba - Antabamba

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Si los niveles de erosión se dan de forma muy intensa, producto de la agudización de las precipitaciones, implicara el desgaste de la plataforma de la carretera, aumentando el riesgo de colapso.

#### 8.6.5.5 Erosión Hídrica – EBDA3

Punto ubicado en 8407066 N 724901 E a una altitud de 3959 m.s.n.m en la comunidad Mollebamba, zona donde las características topográficas con pendientes de 40% hacen posible que zonas donde existen manantes de agua que filtran superficialmente se forme surcos y generen un alto grado de erosión, que en un contexto de cambio climático podría aumentar los niveles de precipitación, aumentando así la erosión y desestabilización en la zona.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba - Antabamba

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** El socavamiento y mayor grado de erosión podría conllevar a desestabilizar zonas aledañas que ampliarían el tramo de afectación sobre la carretera Mollebamba – Antabamba.



Figura 8.29  
Deslizamiento sobre carretera Mollebamba – Challhuanca

#### 8.6.5.6 Caída de Rocas - CMDA31

Zona de alto grado de intemperismo y fracturamiento de rocas, lo que generan gran cantidad de material suelto que por efecto de la gravedad cae, afectando las partes bajas aledañas a la carretera y el río.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** En caso de grandes eventos climáticos o sísmicos podría desencadenar un evento que podría llegar hasta el río Sequeña, alterando en mediana forma y de forma temporal el curso normal del río.



Figura 8.30  
Zona de alto grado de intemperismo y fracturamiento de rocas

#### 8.6.5.7 Deslizamiento - DMDA68

Deslizamiento ubicado en las coordenadas 8396774 N 727774 E a una altitud de 3777 m.s.n.m deslizamiento generado por actores antrópicos debido a la ruptura de talud por apertura de la carretera a la mina Buenaventura.

Esta zona actualmente se encuentra con altos niveles de erosión haciendo muy difícil el acceso a la zona debido a que no existe mantenimiento de la carretera por parte de la empresa minera.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** La generación de material suelto producto del deslizamiento implica una acumulación de material que en épocas donde las precipitaciones se generan con gran intensidad llevara a formación de huaycos, lo que significa una asociación indirecta para la generación de eventos de flujo hídrico – geodinámico.



Figura 8.31  
Deslizamiento generado por actores antrópicos

#### 8.6.5.8 Deslizamiento - DMDA72

Punto de deslizamiento ubicado en las coordenadas 8396334 N 728155 E a una altitud 4033 m.s.n.m en la comunidad Mollebamba, este deslizamiento también es generado por factores antrópicos, tanto desde el corte del talud para la apertura de carretera hasta por las vibraciones generadas por la explosiones en la mina producto de la etapa de exploración, estas actividades son las que genera el fracturamiento de las rocas y posterior deslizamientos.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina lo que se agrava por la pendiente en la zona que podría llegar hasta un 60%.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** No existe asociación con otros procesos geodinámicos considerando este deslizamiento como generador de otros eventos pero si se observa que existe material denudado expuesto a procesos de meteorización termoclástica debido al alto grado de variación de temperatura.

#### 8.6.5.9 Deslizamiento - DMDA69

Punto de deslizamiento ubicado en las coordenadas 8396632 N 728627 E a una altitud 4127 m.s.n.m en la comunidad Mollebamba, este deslizamiento también es generado por factores antrópicos, tanto desde el corte del talud para la apertura de carretera hasta por las vibraciones generadas por la explosiones en la mina producto de la etapa de exploración, estas actividades son las que genera el fracturamiento de las rocas y posterior deslizamientos.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina lo que se agrava por la pendiente en la zona que podría llegar hasta un 45%

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Existe una asocian de causa efecto, ya que el debilitamiento e inestabilidad de este sector generara a su vez sobre cargas en las partes bajas donde existen problemas similares, esto permitirá la activación de otros eventos de origen geodinámico.

#### 8.6.5.10 Deslizamiento - DMDA74

Deslizamiento ubicado en las coordenadas 8395766 N 728715 E a una altitud 4340 m.s.n.m en la comunidad Mollebamba, este deslizamiento también es generado por factores antrópicos, tanto desde el corte del talud para la apertura de carretera hasta por las vibraciones generadas por la explosiones en la mina producto de la etapa de exploración, estas actividades son las que genera el fracturamiento de las rocas y posterior deslizamientos.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina lo que se agrava por la pendiente en la zona que podría llegar hasta 45%

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** No existe debido a las características del contorno o alrededores de la zona propensa a deslizar, ya que plantas que afirman el suelo generaran una respuesta contraria a las dinámicas de arrastre, aminorando o anulando algún tipo de relación para la generación de otro evento.



Figura 8.32  
Bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina

#### 8.6.5.11 Deslizamiento - DMDA65

Punto ubicado en las coordenadas 8397779 N 728152 E a una altitud de 3694 m.s.n.m punto donde se origina otro deslizamiento producto de la desestabilización generada por cortes del talud y vibraciones producto de las explosiones en la mina.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste de la carretera Mollebamba – a la Mina lo que se agrava por la pendiente en la zona que podría llegar hasta 60%

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** No expresa puntualmente una asociación de peligros, ya que las particularidades del punto no lo permiten, el desarrollo de este evento se restringe al sector sin que implique a zonas aledañas.

#### 8.6.5.12 Deslizamiento - DMDA41

Punto ubicado en las coordenadas 8400095 N 726561 E a un altitud de 4060 sobre el canal de Condori en la comunidad de Mollebamba punto donde la pendiente, la meteorización y fragmentación son los que originan este deslizamiento que en época de lluvias tiende a intensificarse fuertemente.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste del canal Condori si bien éste está entubado, los procesos de remoción en caso extremo podría conllevar al deslizamiento de toda la ladera afectada incluyendo el tramo del canal afectado, si consideramos que la pendiente en la zona podría llegar hasta 60%

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** No, debido a la inexistencia de elementos o formaciones en el mismo nivel de desgaste que implique una pérdida o relación con el evento que se describe.



Figura 8.33  
Bloqueo o desgaste del canal Condori

#### 8.6.5.13 Caída de Rocas - CMDA21

Punto ubicado en las coordenadas 8400662 N 726735 E a una altitud de 4049 m.s.n.m zonas sobre el canal de Condori en la comunidad de Mollebamba, este evento se debe a que es una zona denudada expuesta a erosión termoclástica, lo que genera la fractura del material y su posterior caída producto de la gravedad y una pendiente que llega hasta un 40%.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo o desgaste del canal Condori si bien éste está entubado, los procesos de remoción en casos extremos podrían conllevar al deslizamiento de toda la ladera afectada incluyendo el tramo del canal afectado.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Existe una relación en el sentido de la desestabilización de áreas aledañas que en un escenario donde precipitaciones o eventos sísmicos lo desencadenan generaría mayores impactos producto de peligró inducidos por el evento que se describe.

#### 8.6.5.14 Huayco - HMIA5

Evento de flujo hídrico de gran poder erosivo debido a que el factor morfométrico es muy alto ya que la pendiente es de 50%, a estas características se le suma la existencia de grandes depósitos de material coluvial que en épocas de lluvias son removidos.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo y desgaste de la carretera Mollebamba – Calcauso

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Generación y formación de cárcavas que generan desprendimiento de material aun en tiempos de estiaje afectando y generando inestabilidad en la zona.

#### 8.6.5.15 Aluvión - ABIA2

Evento que tiene como origen la Laguna Huañacocha en las coordenadas 8409380 N 720420 E a una altitud de 4189 m.s.n.m que durante el tiempo de estiaje está seca pero en épocas de lluvias rebosa generando un alto peligro, por lo que se debe considerar que este espejo de agua es producto de la conformación cóncava del terreno mas no por erosión morrénica o de otros aspectos, el peligro viene porque el dique natural de la laguna es de aproximadamente 15 metros de espesor y está altamente fracturado, producto del material que lo conforma, debido a filtraciones y deslizamientos en la parte externa como producto de la saturación del agua de la laguna, en caso existiese un evento sísmico o algún factor que desestabilizaría aun mas el dique generando generaría una avalancha que tendría como canal de salida la Qda. Cursani.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende el bloqueo y desgaste de la carretera Mollebamba – Calcauso

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Generación y formación de cárcavas que generan desprendimiento de material que aun en tiempos de estiaje afectando y generando inestabilidad en la zona.

#### 8.6.5.16 Deslizamiento - DBIA4

Punto que tiene como origen la Laguna Huañacocha en las coordenadas 8409564 N, 720601 E a una altitud 4127 m.s.n.m punto en el cual se identificó un dique bastante fracturado y diaclazado que en época de lluvias genera filtraciones y deslizamientos en zonas donde la pendiente podría llegar a 28.5%.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende erosión de suelo y pérdida de recurso, pérdida de áreas de cultivo del sector Lima lima en la parte baja aledaña al río Mollebamba.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Genera zonas expuestas a un mayor proceso de intemperismo y una mayor recurrencia de deslizamiento producto de alteraciones climáticas.

#### 8.6.5.17 Deslizamiento DBIA10

Punto de deslizamiento originado en las coordenadas 8408365 N, 721898 E a una altitud de 3602 m a las afueras del centro poblado Vito, cercano al cementerio del pueblo. En este punto existe un deslizamiento en la parte inferior del canal alto de Vito que genera socavación del suelo, e inestabilidad sobre la zona donde esta asentado el canal, un factor determinante es que la pendiente llega a 60% y el suelo es de un material deleznable y suelo. En condiciones de saturación la capacidad de carga es mínima y es muy susceptible a colapso.

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende colapso directo y muy latente del canal alto de Vito sobre todo en época de lluvias, por la cantidad de material a remover y por la inconsistencia del suelo.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámico:** No genera otros peligros, por ser un evento focal y no ejerce influencia sobre áreas aledañas

#### 8.6.5.18 Caída de Rocas - CBIA4

Punto ubicados en las coordenadas 8408638 N 721464 E a una altitud de 3774 m.s.n.m esta zona es una un lugar de afloramiento rocoso superficial don existe grandes bloques de rocas suspendidos que podrían ser removidas en caso exista un movimiento sísmico o en mayor tiempo si existe erosión laminar o hídrica del suelo que sostiene la roca

**Grado de peligro independiente:** Alto, comprende colapso directo sobre el centro poblado Vito, que con llevaría la posible perdida de Vidas Humanas, infraestructura de riego, infraestructura de urbana.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámico:** Podría generar inestabilidad en rocas que se encuentran en las partes más bajas ocasionando esto mayores daños sobre infraestructura de riego, infraestructura de urbana.

### 8.6.5.19 Canal de Riego Quebrada Parcuayo - DMDM35

Se encuentra ubicado en la margen derecha del pueblo de Mollebamba, en casi todo su recorrido el canal de riego presenta problemas de diseño de canal y problemas de diseño de mezcla de concreto lo cual conlleva a la erosión y consiguiente destrucción del canal.



Figura 8.34  
Canal de Riego Quebrada Parcuayo

**Grado de peligro independiente:** Alto ya que en el tiempo de lluvias se acelera el proceso de filtración de agua, esto por el mal diseño de mezcla del concreto, y cuya consecuencia se derivaría en la pérdida del canal.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Medio, al hacer canales en corte de taludes se produce una desestabilización del terreno.

**Medidas de prevención:** Reconstrucción de los canales y en algunos puntos construir andenes para estabilizar los taludes.

### 8.6.5.20 Reservorios De Agua Sector Silco

Se encuentra ubicado en la comunidad de Silco, son dos reservorios de agua de uso agrícola hechos contiguos y están ubicados en una quebrada con una pendiente de 35°-40°, el gran problema potencial de estos es que en la parte superior se encuentra un manantial que prácticamente está haciendo ceder la infraestructura y esto asociado a una zona de fallamiento.



Figura 8.35  
Reservorios de agua Sector Silco afectados por manantes y fallas geológicas

**Grado de peligro independiente:** Alto ya que todo el año se está saturando de agua y asociado a la pendiente en el tiempo de lluvias se acelera el proceso de filtración de agua, esto por falta de asistencia técnica.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Alto, al iniciarse las temporadas de lluvias este sufre constantemente arrastre de materiales finos a su alrededor.

**Medidas de prevención:** Derivar el agua del manante por otra zona y hacer sistemas de drenaje de los canales para evitar el problema de filtración de los canales

#### 8.6.5.21 Peligros asociados a territorio sector Santa Rosa EAIM11

Se encuentra ubicado en la comunidad de Santa Rosa a ambos márgenes la erosión está haciendo perder terrenos de pastizales y por lo consiguiente esta volviéndose estéril el terreno.

Ubicación N8385449 E717233 altura 4811 m.s.n.m.



Figura 8.36  
Peligros asociados a territorio sector Santa Rosa

**Grado de peligro independiente:** Alto en tiempo de lluvias este proceso de erosión se hace más constante y la comunidad cada vez está perdiendo terrenos utilizados para el pastoreo.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Alto, al iniciarse las temporadas de lluvias este sufre constantemente arrastre de materiales finos a su alrededor.

**Medidas de prevención:** Plantar especies nativas (arbustos, pajonales) para contener la erosión.

#### 8.6.5.22 Caída de rocas sector Santa Rosa CAIM28

Las quebradas en tiempos de lluvia son constantemente llenadas por bloques de roca, éstas presentan un riesgo moderado ya que en la zona no existen poblaciones, sino cabañas de los pastores que pastan camélidos sudamericanos.

Ubicación N8385545 E719195 altura 4566 m.s.n.m.



Figura 8.37  
Caída de rocas sector Santa Rosa

**Grado de peligro independiente:** Bajo, en tiempo de lluvias este proceso de caída de bloques se hace más constante.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Mediano, al iniciarse las temporadas de lluvias este sufre constantemente caídas de bloques.

**Medidas de prevención:** No son necesarias ya que asociado a la pendiente de la zona no representan un riesgo, la zona no es habitada.

### 8.6.5.23 Caída de rocas sector Santa Rosa CAIM29

Parte alta de la comunidad de santa rosa se aprecian material volcánico que en tiempo de lluvias es erosionado hacia la parte baja. Ubicación N8384886 E716773 altura 4689 m.s.n.m.



Figura 8.38  
Caída de rocas sector Santa Rosa

**Grado de peligro independiente:** Bajo. En tiempo de lluvias este proceso de caída de bloques se hace más constante.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Bajo, al iniciarse la temporada de lluvias se produce la caída de bloques.

**Medidas de prevención:** No son necesarias ya que asociado a la pendiente de la zona no conlleva riesgo.

### 8.6.5.24 Deslizamiento Aluvial DBIM25

Este deslizamiento ubicado en las coordenadas 840655 N 719195 E altura 3851 m.s.n.m. se produce por la constante saturación de poros que existe en la zona ya que en su parte superior existe un manante, se aprecia el material gravoso arenoso.



Figura 8.39  
Deslizamiento de material gravoso arenoso

**Grado de peligro independiente:** Mediano, este es un crecimiento de valle.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Mediano, al iniciarse las temporadas de lluvias este satura el suelo y comienzan los deslizamientos de la zona.

**Medidas de prevención:** Localizar el ojo de agua y canalizarlo para que sea aprovechado de una mejor manera y reforestar la zona con especies nativas.

#### 8.6.5.25 Deslizamiento Coluvial - DBDM6

Cantera ubicada en el tramo de carretera Antabamba-Mollebamba el cual es un deslizamiento activo ocasionado por el hombre para el afirmado de la carretera.

Trae como consecuencia la desestabilización del talud y consecuentemente el lavado de material hacia la carretera la cual lo hace en temporada de lluvia muy peligroso. Ubicación N8408918 E725321 altura 4115 m.s.n.m.



Figura 8.40  
Deslizamiento coluvial

**Grado de peligro independiente:** Mediano, de origen antrópico.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Mediano, al iniciarse las temporadas de lluvias estas arrastran el material hacia la carretera.

**Medidas de prevención:** Limpieza de la zona cada cierto tiempo y reforestar con especies nativas.

#### 8.6.5.26 Deslizamiento Crecimiento de valle zona Calcauso DMIA39

Crecimiento de valle hacia la zona de Calcauso originados por la falla que pasa por la zona y el tipo de material gravoso arenoso, la cual está comprometiendo infraestructura agrícola.

Ubicación N8401642 E724924 altura 3556 m.s.n.m.



Figura 8.41  
Deslizamiento Crecimiento de valle zona Calcauso

**Grado de peligro independiente:** Alto, se activa en temporada de lluvias.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Alto, al iniciarse las temporadas de lluvias estas arrastran el material hacia Mollebamba ocasionando la destrucción de las terrazas existentes en la parte baja y también pueden ocasionar un huayco de grandes proporciones.

**Medidas de prevención:** Reforestar las dos márgenes con especies nativas para contener este deslizamiento y en la parte baja hacer muros de contención.

#### 8.6.5.27 Desprendimiento de Roca Antabamba Mollebamba - CBDA32

Por esta zona pasa la falla regional la cual origina la caída de bloques de diferentes tamaños, esto asociado a su pendiente es un factor de riesgo ya que la carretera Antabamba Mollebamba está por la parte baja.

Ubicación N8407686 E723561 altura 3643 m.s.n.m.



Figura 8.42  
Deslizamiento Crecimiento de valle zona Calcauso

**Grado de peligro independiente:** Latente, se activa constantemente ya que por la zona de estudio pasa una falla regional.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Medio, al iniciarse las temporadas de lluvias estas comienza a fisurarse y el intemperismo comienza a actuar fracturando las rocas y se produce arrastre de material fino y rocas lo cual obstaculiza la carretera, y en la parte más baja comienza a invadir terrenos de cultivo y por consecuencia las terrazas existentes en la parte baja están desapareciendo.

**Medidas de prevención:** Reforestar la carreteras Antabamba Mollebamba para poder minimizar el impacto en la parte baja y hacer constantemente limpieza de la carretera.

#### 8.6.5.28 Grietas de desecación - CMIM13

Estas grietas de desecación evidencian la falta de agua en la zona y la variación de temperatura que existe en la zona de estudio. Está en el camino yendo a la laguna Llamoca.

Ubicación N8404373 E717166 altura 4437 m.s.n.m.



Figura 8.43  
Grietas de Desecación

**Grado de peligro independiente:** Bajo, se activa en tiempo de lluvias.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Bajo, al iniciarse las temporadas de lluvias los poros del suelo comienzan a saturarse.

**Medidas de prevención:** Reforestar la zona para así poder contener este evento y así poder minimizar el impacto en la parte baja.

#### 8.6.5.29 Deslizamiento Pequeño DBIM78

Material coluvial que evidencia deslizamientos muy antiguos y que ya son estables esto se puede ver por la vegetación que está creciendo en la parte superior del antiguo deslizamiento.

Ubicación N8407692 E720668 altura 3491 m.s.n.m.



Figura 8.44  
Deslizamientos pequeños

**Grado de peligro independiente:** Mínimo, por la pendiente y por la sedimentación Del material que ya está más estable.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Medio, tendría que existir un factor muy importante que son las lluvias.

**Medidas de prevención:** Reforestar la toda la zona para poder estabilizar el terreno para que no pueda causar daños a los canales existente en la comunidad de Vito.

#### 8.6.5.30 Deslizamiento Activo DBIA77

Este deslizamiento se Ubica en el punto con coordenadas 8407867 N 720404 E altura 3679 m.s.n.m. es de origen antrópico ya que es utilizado como cantera por los habitantes de lugar tiene una longitud de 200 metros lineales, cuya composición mineralogía es arenisca cuarzosa.



Figura 8.45  
Deslizamientos producto e factor antrópico por el corte de talud

**Grado de peligro independiente:** alto, por la pendiente y por la extensión del deslizamiento que es de 200 metros, este podría dejar sin acceso a la comunidad de Vito.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Altos, tendría que existir un factor muy importante que son las lluvias y asociado al tipo de material que es arenisca cuarzosa devendría en un aislamiento del centro urbano de Vito y la obstrucción del canal de irrigación que existe en la parte baja del deslizamiento.

**Medidas de prevención:** Hacer gaviones para contener la erosión de la cantera.

#### 8.6.5.31 Caída de rocas por camino de herradura - CMIA9

Sector de Silco caído de bloques de roca en todo el trayecto del camino de Herradura hacia el centro poblado de Vito, ubicado en las coordenadas 8406004N 722855E 3500 m.s.n.m.



Figura 8.46  
Caída de rocas por camino de herradura en el centro poblado de Vito

**Grado de peligro independiente:** alto, por la pendiente y por la extensión de los caminos de herradura, puede causar pérdidas humanas y económicas.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Alto, todo el año por encontrarse en una zona de caída de bloques fracturados y alterados.

**Medidas de prevención:** En la zona desquinchar las zonas más inestables del camino de herradura.

### 8.6.5.32 Deslizamiento Activo - DBIA16

Sector canal de vito de origen antrópico generado por la población, que hecha todo el materia de desmorte y también es un punto donde en tiempo de lluvias drena toda el agua del centro urbano de Vito. Ubicación N8408025 E7217843 altura 3451 m.s.n.m.



Figura 8.47

Caída de rocas afectando canales de riego y a la población de Vito

**Grado de peligro independiente:** alto, por la pendiente y por la extensión del deslizamiento que involucra canales, este podría dejar sin canal al poblado de Vito y también puede traer consecuencias mortales para la población ya que es una pendiente muy alta 75°-80°.

**Grado de peligro asociado a procesos geodinámicos.** Altos, el agua es un factor muy importante, las lluvias y asociado al tipo de material que es arcillas limosas hace que el deslizamiento sea violento con el arrastre de material.

**Medidas de prevención:** reforestar toda la zona donde por donde pasa el deslizamiento.

## 8.7 Susceptibilidad del territorio a la generación de PRM

Mapa de susceptibilidad de generación de Procesos de Remoción en Masa, es producto de la aplicación de la metodología de integración de mapas en un entorno SIG, teniendo en consideración la estructura del esquema modificado del esquema metodológico planteado por Vargas Cuervo.

En el caso particular de la microcuenca Mollebamba, se aplicó el modelo con una limitante de información, solamente se consideró Geomorfología, Geología, Pendientes, esto implica que el presente mapa está sujeto a modificaciones en función de una mayor cantidad de datos como por ejemplo la cobertura vegetal y uso actual de los suelos que servirían para afinar más aún los resultados que permitan representar adecuadamente la susceptibilidad a PRM.

El mapa representa las áreas que en función de su Geología, Geomorfología y Pendiente son más susceptibles a generar PRM, considerando estos elementos se puede dar aplicabilidad al mapa, ya que al relacionarse con los agentes desencadenantes podría darnos a conocer la amenaza o peligro al que está expuesto la microcuenca.

En tal sentido se considera como factores detonantes las precipitaciones con registros temporales a la escala horaria, así también se considera los eventos sísmicos como eventos que desencadenan la generación de PRM.

En síntesis el mapa en función de las características antes mencionadas nos indica que en la cuenca Media y baja existen mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de remoción en masa siempre en cuando se relacionen con los factores detonantes antes mencionados que en un contexto de cambio climático donde las precipitaciones se generan de forma mas concentrada implica un alto riesgo ya que es en la parte media y baja de la microcuenca donde se concentra toda la infraestructura vial y de riego, así también es la zona donde se concentra la mayor cantidad de población expuesta a estos posibles eventos.

Este mapa permite priorizar y definir zonas para que sobre estos se pueda realizar análisis mas aproximados a escalas mayores.

**Cuadro N° 8.8**  
**Áreas de susceptibilidad a PRM**

<b>Grado de Susceptibilidad</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>
Muy Alta Probabilidad		El proceso de identificación de estas zonas pasa por relacionar solamente las características del suelo, de la roca y de sus condiciones físicas, el resultado nos indica que en las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de PRM son diversos tramos en la carretera cercanos al CCPP Silco aproximadamente en las progresivas 4+000 o puntos de 6+450; también la carretera Mollebamba Antabamba en las progresivas 3+700 hasta 4+100; otra zona muy propensa es aquella donde se apertura la carretera a la mina Trapiche de Buenaventura
Alta Probabilidad		Esta zona es bastante extensa debido a los factores considerados, pero es importante saber que en procesos de agudización climática, todas estas zonas producto de sus características tendrán que considerarse como zonas de tratamiento especial, por el peligro que representa, pero básicamente por la amplitud que cubre, aquí destacan gran parte de la margen izquierda que la microcuenca en la zona media y alta sobre los centros poblados de Vito y Silco, también resalta la parte media en la margen derecha sobre el centro poblado Mollebamba, que implica también áreas por donde pasan los canales de riego de toda la microcuenca en ambas márgenes.
Mediana probabilidad		Son zonas de menor grado de peligro ya que se ubican en partes altas de la microcuenca donde posee menor pendiente con condiciones geomorfológicas mas estables, lo que no indica un peligro cero, ya que mucho dependerá del factor desencadenante y del nivel de daño que este pueda tener,
Baja probabilidad		Básicamente son zonas planas donde las pendientes son mínimas, pero coincide con zonas deshabitadas o con un numero de personas muy limitado, pero esta baja probabilidad de ocurrencia de PRM no indica que las dinámicas físico territoriales no estén activas, la única diferencia que los procesos de transporte se ven menguados producto de la conformación del relieve de características planas.

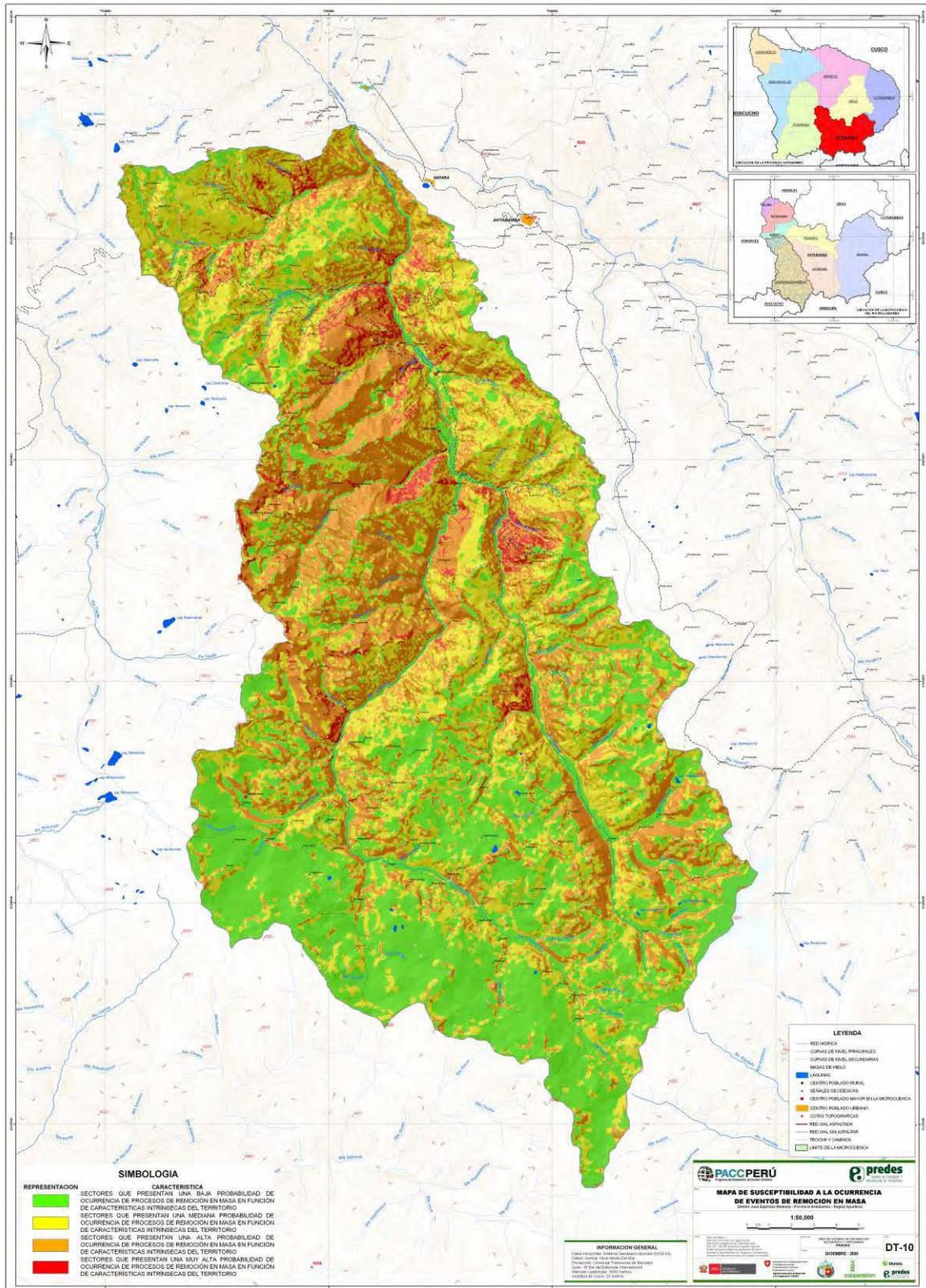


Figura 8.48  
Mapa de Susceptibilidad a la ocurrencia de eventos de remoción en masa

## 8.8 Análisis de Vulnerabilidad

Considerando que las hipótesis que resaltan las afectaciones sobre centros poblados, infraestructura vial y productiva a los procesos geodinámicos, vemos la necesidad de cubrir los objetivos mediante la identificación de los elementos expuestos a los peligros, evaluando las condiciones de vulnerabilidad y riesgo que enfrentan los centros poblados y la infraestructura prioritaria.

### 8.8.1 Identificación y evaluación de los elementos vulnerables

Se considera como vulnerable aquel elemento físico, social, productivo, o también a la misma estructura social conformada por una población y sus dinámicas territoriales, que se encuentran dentro de las áreas de influencia de un evento peligroso (amenaza) y que son susceptibles de ser afectados, generando impactos que podrían ser directos, indirectos e inducidos.

El presente estudio examinó la vulnerabilidad de tres elementos:

- Los Centros Poblados mayores porque son estos los que concentran la mayor cantidad de población agrupada en un lugar que podría estar amenazado por algún tipo de evento.
- La Red Vial, como elemento de comunicación e integración entre las comunidades y concentraciones mayores fuera de la microcuenca, representa un elemento importante ya que las comunicaciones comprenden, el transporte de personas y productos, así como la comunicación entre comunidades para el desarrollo de actividades culturales, políticas y sociales.
- La Infraestructura de riego, como elemento clave para el desarrollo de la actividad agrícola actividad principal en la microcuenca.

### 8.8.2 Vulnerabilidad de los Centros Poblados

Los centros poblados de la microcuenca Mollebamba, tienen características particulares producto de su ubicación, debido a lo cual el análisis de la vulnerabilidad se centrará en aspectos de exposición y en las características físicas de los centros poblados.

#### 8.8.2.1 Mollebamba

El centro poblado Mollebamba, capital del distrito Juan Espinoza Medrano, está ubicado a una altitud de 3290 m.s.n.m., concentra la mayor cantidad de población, 560 habitantes, que representa el 28.35 % de la población total de la microcuenca, cuenta con 179 viviendas, de las cuales el 98.2% son de adobe y tapia y 1.8% son de ladrillo o bloque de cemento

El centro poblado Mollebamba alberga a mayor número de servicios públicos dentro de la microcuenca, tales como:

- Municipalidad Distrital y otras oficinas estatales, como gobernatura, juez,
- Colegio primario y secundario
- Centro de Salud
- Telefonía e Internet
- Servicio de agua para consumo Humano y energía eléctrica

### Vulnerabilidad del Centro Poblado

El análisis de vulnerabilidad integra distintos elementos que permiten caracterizar la susceptibilidad de una unidad social o infraestructura física ante algún evento natural (climático y/o geodinámico), socio natural o antrópico, que tiene suficiente energía como para producir daños.

En el caso del centro poblado Mollebamba la mayor vulnerabilidad la tienen las viviendas ante el peligro denominado movimiento sísmico, debido a que han sido construidas con material de adobe sin refuerzos, lo cual caracteriza a casi la totalidad de viviendas, estando además en su mayor parte, en regular o mal estado de conservación. La situación de riesgo se fundamenta en la existencia de una falla geológica activa que pasa por el medio del centro poblado Mollebamba, elemento que exagera mas aun las dinámicas sísmicas y con posibles impactos físicos sobre el centro poblado. Según los antecedentes pueden ocurrir sismos que pueden llegar hasta los 5 grados Richter, como el del año 2001.

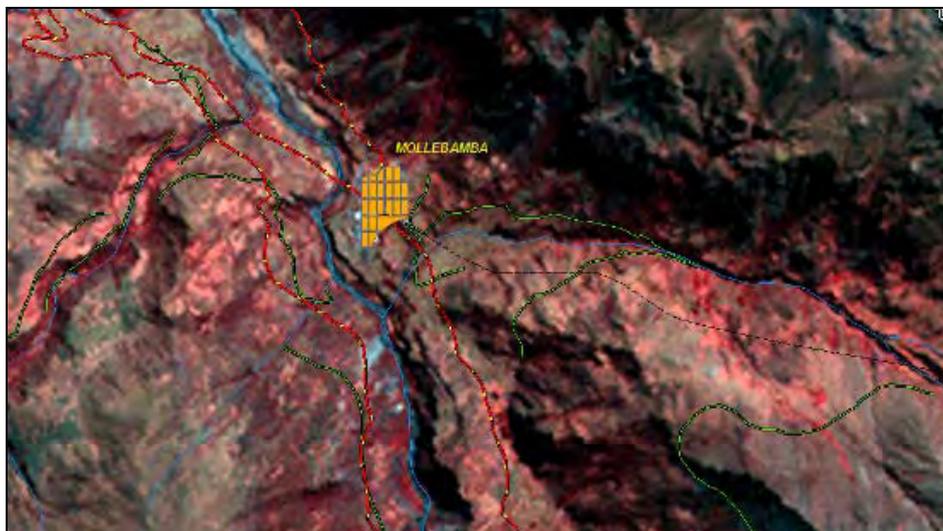


Figura 8.49

Imagen Satelital con la ubicación de centro poblado Mollebamba



Figura 8.50

Esquema de la vulnerabilidad del Centro Poblado Mollebamba

El centro poblado Mollebamba está asentado sobre zonas de depósito, y terrazas antiguas generadas con material acarreado por el río Mollebamba, sin embargo el cauce de esta quebrada corre paralelo por el extremo sur, existiendo en el medio una elevación de rocas y material que constituye una defensa natural para el centro poblado. A la fecha no se registran impactos o daños directos de la quebrada Parcuyo sobre el centro poblado.

Sin embargo el crecimiento urbano futuro hacia el extremo sur podría incrementar la vulnerabilidad por exposición ante flujos por la quebrada Parcuyo.

Un aspecto importante que se tiene que considerar para definir el grado de vulnerabilidad está relacionado a la trama urbana en sí, que en este caso favorece el flujo de escorrentías superficiales provenientes de las partes altas siguiendo el curso de las vías. La leve pendiente y algunas depresiones en el pueblo podría facilitar la posibilidad de algunos empozamientos, ciertas dificultades de drenaje en caso de lluvias intensas, así como formación de zanjas en algunas calles.

En el lado norte del pueblo existe la posibilidad de embalse de flujos en la cárcava que corre paralela al centro poblado, en el punto de cruce con la carretera, donde actualmente no hay una solución de drenaje adecuada.

En las afueras del pueblo, en terrazas bajas a orillas del río, existen terrenos de cultivo que podrían ser afectados en caso de crecidas extraordinarias del río Mollebamba.

Se ha verificado la no existencia de un plan de desarrollo urbano que permitiría orientar la expansión del centro poblado y las necesarias obras de acondicionamiento físico.

En resumen, las condiciones de ubicación y las características físicas del centro poblado permiten definir un nivel medio-bajo de vulnerabilidad para eventos de remoción en masa, siendo alta en relación a sismos.

### **8.8.2.2 Silco**

El centro poblado Silco, ubicado a una altitud de 3331 m.s.n.m sobre la ladera izquierda de la quebrada del mismo nombre, tiene el mejor clima y la mayor disponibilidad de agua para uso agrícola y pecuario. Tiene una población de 363 habitantes que representa el 18.38% de la población total de la microcuenca, así también tiene 112 casas de las cuales 93 son de adobe o tapia, y 19 son de piedra con barro.

Se realizó un taller con la población local en el cual recordaron los principales desastres ocurridos en el pasado y los peligros que son de su mayor preocupación, como resultado se obtuvo que el evento más recurrente que afecta al centro poblado es el huayco que periódicamente se produce en la quebrada Silco en temporada de lluvia, lo cual se pudo comprobar en la observación física realizada en la etapa de campo. Existe condiciones para la formación de un gran huayco que se formaría en la parte alta de la quebrada Silco, concretamente en la confluencia de dicha quebrada con la quebrada Ccomocasi que ingresa perpendicular, en este lugar serían depositados los materiales acarreados por la Quebrada Ccomocasi formando un gran represamiento temporal de la quebrada Silco, cuyo desembalse posterior tendría como única salida, el curso de la quebrada Silco aguas abajo.

Silco se caracteriza por tener una red de canales más densa que otras comunidades vecinas, debido a lo cual su producción agrícola es mayor y de mejor calidad, gracias a que cuentan con suficiente cantidad de agua. Los canales se hallan en el área de posible afectación por huaycos, o sea en el cono defectivo de la quebrada Silco, al igual que el mismo centro poblado. Un huayco de gran volumen destruiría gran parte del sistema de riego en la comunidad Silco, produciría la pérdida de la red de transmisión eléctrica, pudiendo incluso afectar parte del centro poblado, así como otras áreas alrededor del centro poblado.

Silco presenta una ubicación poco favorable para el desarrollo urbano. Actualmente, la vulnerabilidad del centro poblado y de la infraestructura de riego es alta.

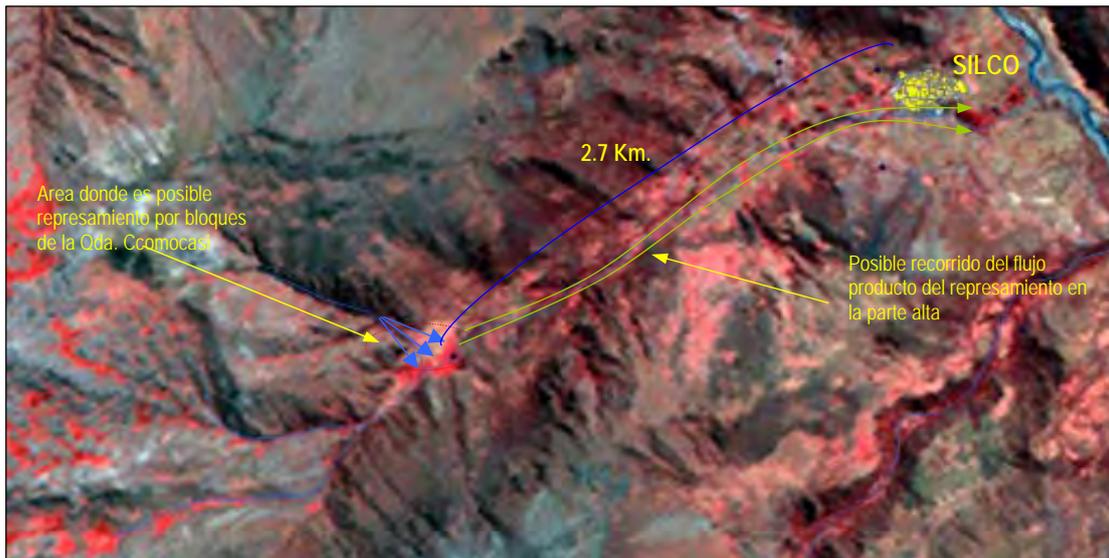


Figura 8.51

Imagen satelital muestra ubicación del Centro Poblado Silco, al costado de quebrada por donde podría discurrir caudal extraordinario como producto de represamiento y desembalse



Figura 8.52  
Centro poblado Silco

### 8.8.2.3 Vito

El centro poblado Vito, se ubica a una altitud de 3527 m.s.n.m., en la ladera izquierda de la Quebrada Chaupimayo, la cual desemboca al río Mollebamba.

Tiene 377 habitantes que representa 19.09% del total de la microcuenca, existen 133 edificaciones entre casas y otras de uso público, de las cuales 2 son de ladrillo o bloque de cemento, 58 son de adobe y tapia, 2 de esteras y 71 de piedra con barro.

El centro poblado Vito, se encuentra en una ladera de alta pendiente, constituida por material muy deleznable, por lo cual es una zona inestable, donde hay erosión intensa y continuamente están desprendiéndose materiales de diverso tamaño.

Los deslizamientos y caída de rocas son los principales problemas para este centro poblado, puntualmente se ha podido identificar 2 deslizamientos activos, uno directamente debajo del centro poblado, y otro encima del centro poblado al cual se suma la caída de rocas desde un afloramiento rocoso inestable. Los deslizamientos también afectan directamente los dos canales principales de riego que tiene Vito, lo cual se describe en el capítulo siguiente.

Las precipitaciones aceleran la erosión del suelo y facilitan los procesos de remoción en masa ya indicados.

La vulnerabilidad del centro poblado Vito, proviene de su ubicación en una ladera de alta pendiente con limitadas áreas que posibiliten la expansión con la seguridad física adecuada.

No se ha identificado obras de mitigación para controlar los deslizamientos y estabilizar las laderas.



Figura 8.53  
Centro poblado Vito

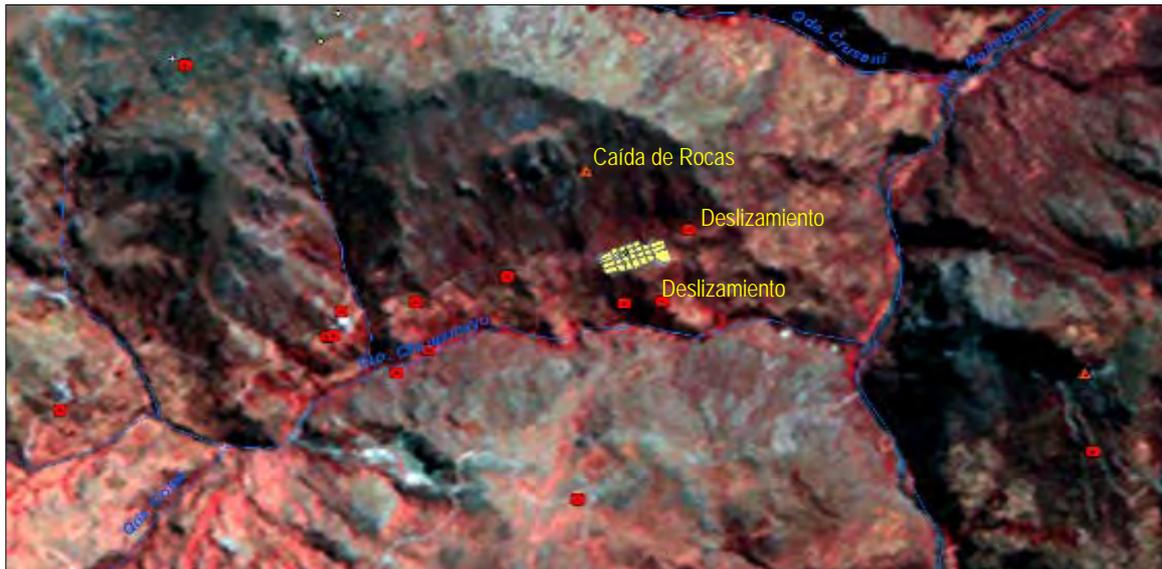


Figura 8.54  
Imagen Satelital de la Qda. Chaupimayo en el Centro poblado Vito

#### 8.8.2.4 Calcauso

El Centro Poblado Calcauso es el único que no está ubicado en alguna ladera de quebrada tributaria del río Mollebamba o en algún cono de deyección. A diferencia de los otros, se encuentra ubicado en una ladera de la margen izquierda del río Mollebamba, a una altitud de 3537 m.s.n.m. sobre terrazas antiguas.

Cuenta con una población de 383 habitantes, que representan el 19.39% del total de la microcuenca, con un total de 123 edificaciones de las cuales 6 son de ladrillo, 117 son de adobe y tapia, casi el total de las infraestructuras actualmente se hallan en mal estado de conservación, como producto de las alteraciones que sufrieron por el terremoto del 2001. Cabe resaltar que la comunidad de Calcauso fue una de las mas afectadas por ese sismo, debido a que por el centro poblado pasa una falla geológica local que intensifica más aun la amplitud de la onda sísmica y genera el cizallamiento de roca y posteriores deslizamientos.

Un aspecto que se tiene que considerar es que no solo las viviendas fueron afectadas por eventos sísmicos, sino que hubo importantes daños en gran parte de la infraestructura de riego de Calcauso, generando un déficit en la producción agrícola, justamente por la dificultad para regar.

En resumen, el centro poblado Calcauso no está vulnerable a eventos de remoción en masa, pero si es vulnerable ante eventos sísmicos, los cuales se amplifican por la existencia de fallas geológicas locales. En tal sentido, las viviendas son vulnerables por ser frágiles ante un movimiento sísmico: de 123 viviendas, 117 son de adobe no reforzado y están bastante deterioradas, de la misma forma los canales de regadío tienden a agrietarse o fracturarse ante un movimiento sísmico.

Otro evento que afecta a los alrededores del centro poblado, es la erosión lateral que ejerce el río Mollebamba, que afecta a los terrenos de cultivo ribereños, perdiéndose terrenos agrícolas que ceden ante la socavación del río.

Otro aspecto es que no existen defensas ribereñas o infraestructura de soporte que impidan o limiten la erosión o desgaste de los suelos agrícolas que genera el río Mollebamba ocasionando la pérdida de áreas de cultivo en las zonas ribereñas.

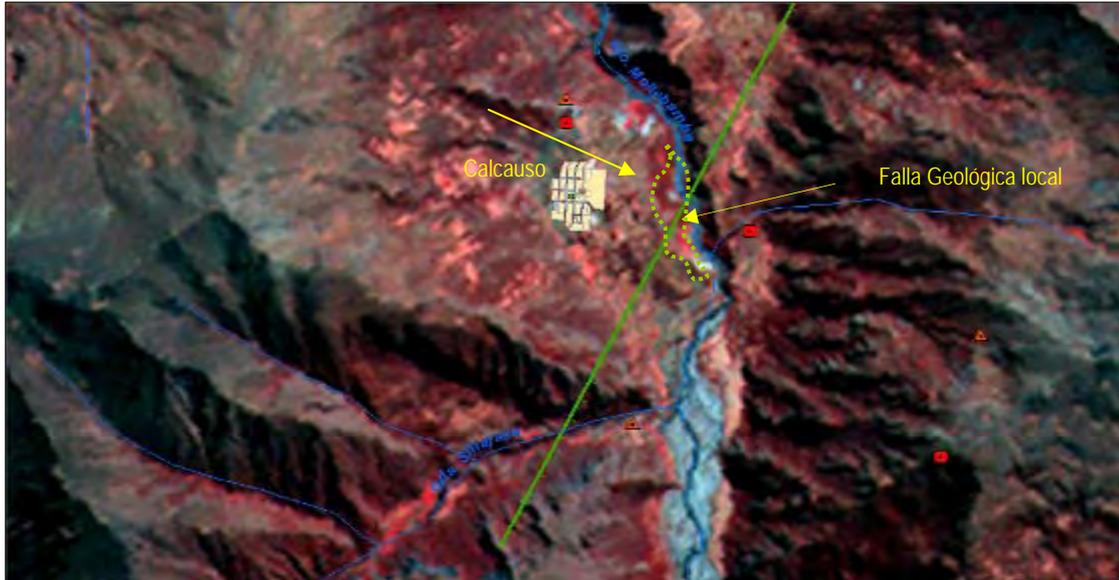


Figura 8.55  
Imagen Satelital del Centro poblado Calcauso



Figura 8.56  
Centro Poblado Calcauso

### 8.8.2.5 Santa Rosa

La comunidad de Santa Rosa, se halla en la zona alta de la microcuenca, muy alejada de las demás. No tiene propiamente un centro poblado con traza urbana. El mayor agrupamiento de viviendas es de 4 familias y un local comunal en medio de estas. La gente vive en estancias dispersas dedicada al pasteo de alpacas.

Estas características no permiten un análisis focalizado de esta zona, pero si dar un panorama general de la sensibilidad de las estancias en su conjunto, frente a los procesos de remoción en masa y eventos climáticos.

No existe infraestructura en esta parte de la microcuenca, no hay canales de riego, pero tampoco vías carrozables expuestas. Los eventos que producen más daños son las heladas y sequías, afectando a los animales y la salud de las personas principalmente.

Los eventos que podrían dañar las viviendas dispersas son los vientos fuertes, las nevadas, las granizadas ya que estos impactan en los techos de las viviendas y cobertizos para ganado haciéndolos colapsar.

Pero considerando la relación de los procesos de remoción en masa y las áreas de pasteo, se identifico que gran parte de la zona donde se asienta la comunidad esta en procesos acelerados de erosión producto e material coluvial disperso, que se asienta sobre pastos afectándolos directamente, alterando o minimizando las áreas de pasteo de los animales.



Figura 8.57  
Centro Poblado Santa Rosa, zona de mayor concentración en la comunidad

### 8.8.3 Vulnerabilidad de la Infraestructura de Riego

La infraestructura de riego es un elemento importante para el desarrollo agrícola de la microcuenca, y está sujeto a daños diversos por eventos de remoción en masa.

Se ha identificado los puntos de afectación de esta infraestructura en función de su exposición y fragilidad:

#### 8.8.3.1 Canal de Matara Mollebamba

Canal entubado y revestido que nace en un manante a una altitud de 4031 m.s.n.m en la parte alta de la margen derecha de la microcuenca.

El análisis y la identificación de peligros se realizó en 5456 metros lineales<sup>16</sup> que se encuentran dentro de la microcuenca, pero el canal va más allá del límite físico de la microcuenca. En el tramo dentro de la microcuenca Mollebamba se identificaron 8 puntos de peligro, donde se concentran los más importantes eventos como caída de rocas y deslizamientos, erosión hídrica.

Considerando que esos peligros existen en todo el recorrido y dado que se halla en laderas que van desde 28° hasta 35° de pendiente, todo el canal está expuesto a ser afectado en caso ocurran precipitaciones intensas.

En las condiciones actuales, con las dinámicas relativamente normales, se identificó 3 puntos de deslizamiento, generados por suelo inconsistente superficial que en época de lluvias se desliza arrasando el canal, además de 4 puntos de caída de rocas producto de fallas superficiales y diaclazamiento de la roca lo que genera material suelto que cae sobre el canal, así también un punto importante de filtración que genera erosión de laderas.

La vulnerabilidad que presenta este canal ante eventos de remoción en masa que le afectan periódicamente se debe a su localización en laderas de alta pendiente, terreno fracturado y susceptible de deslizarse y presentar alta fragilidad al deterioro y desgaste por deficiencia en el proceso constructivo.

<sup>16</sup> Solamente se recorrió el tramo dentro de la microcuenca.

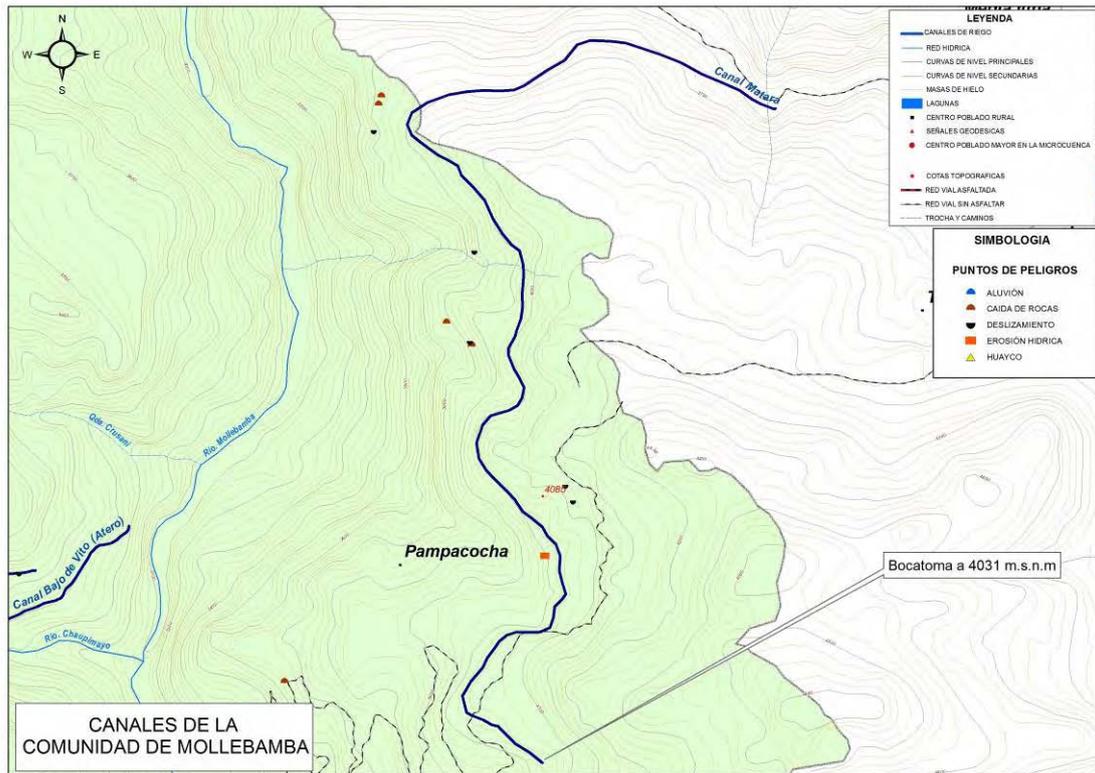


Figura 8.58  
Canal Matará

### 8.8.3.2 Canal Acoycho

Canal revestido que nace en la quebrada Parcuyo, a una altitud de 3620 m.s.n.m, uno de los canales mas inestables, porque pasa por zonas geológicamente inestables, en la quebrada donde nace el canal cruza una falla regional activa, que genera una ampliación del valle, que a su vez produce el cizallamiento de las rocas fracturándolas. Las características propias del terreno obligan a plantear estructuras más flexibles debido a las dinámicas del territorio.

En su trayectoria se identificó 11 puntos, en 4 de ellos se produce caída de rocas, en 6 deslizamientos y en 1 punto una importante filtración del canal.

Detallando los puntos mas vulnerables del canal Acoycho son en la progresiva 0+460 donde se desarrolla material coluvial suelto que podría afectar directamente al canal, en un tramo de aproximadamente 3 metros, también en la progresiva 0+495 donde la caída de roca amenaza la estabilidad del canal en un tramo de aproximadamente 4 metros.

En los puntos 0+150, 0+220, 0+300, 0+320, 0+1150, 0+300 se ubican puntos de deslizamiento producto de que existe material suelto susceptible a fallar en época de lluvias estos puntos tiene una distintas distancias de afectación en el curso del canal, variando de 3 a 10 metros.

Todos estos puntos representa zona donde el canal es vulnerable a colapsar debido a su exposición a su fragilidad por no presentar algún estructura de protección que impida el normal funcionamiento de esta aun sea en condiciones de fuerte procesos geodinámicos.

### 8.8.3.3 Canal Antacuy A

Canal que nace a la misma altitud de 3620 del canal Acoycho en la quebrada Parcuyo, y discurre por la margen izquierda. A diferencia del canal de la margen derecha, este presenta una mejor estabilidad, no por el trazo sino por los mejores procesos constructivos.

En este canal se identificó un deslizamiento en la progresiva 0+440 con una amplitud de 5 metros aproximadamente, este evento se desarrolla particularmente por los procesos intrínsecos del terreno, afectando las características propias del canal.

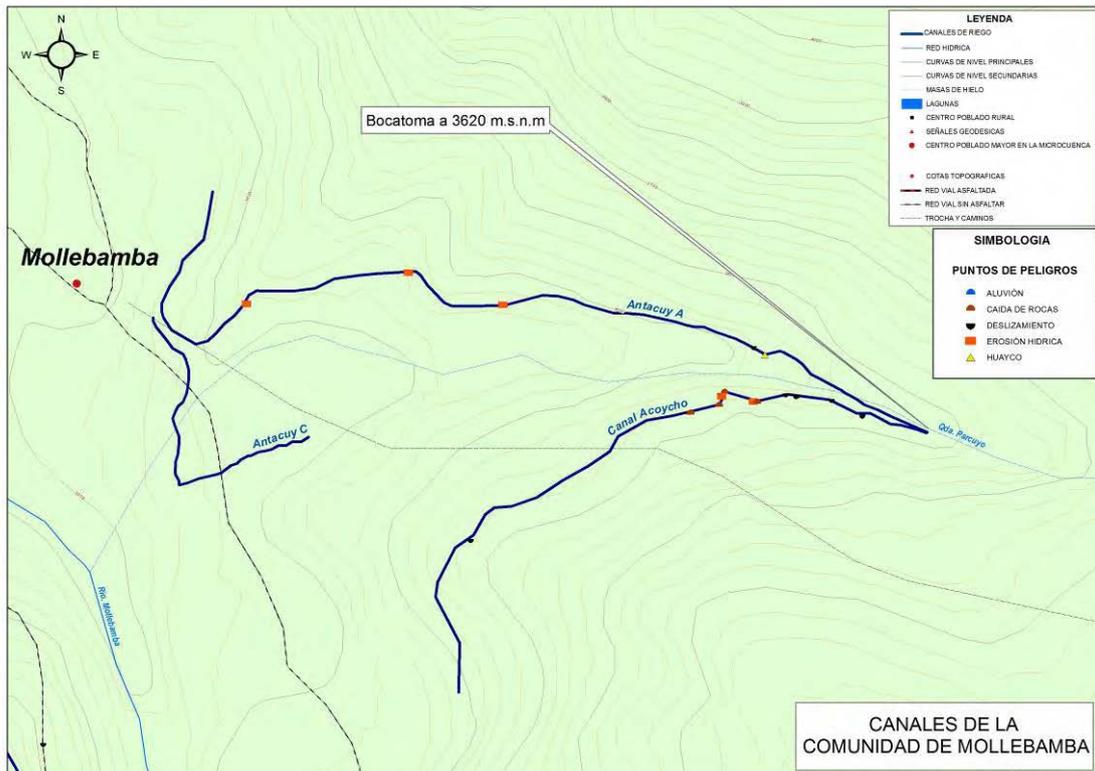


Figura 8.59  
Canal Acoycho – Antacuy A

### 8.8.3.4 Canal Condori

Canal que nace a una altitud de 4150 m.s.n.m. en la quebrada la Paca en la margen derecha del río Mollebamba en la comunidad del mismo nombre, cuenta con una longitud total de 13075 metros lineales. El canal en su totalidad es entubado a excepción de un muy pequeño tramo en la naciente.

La bocatoma es de concreto y se ubica en posible área de afectación en caso se generen precipitaciones intensas como producto de la agudización de variables climáticas.

El alto grado de deterioro denota problemas en la técnica constructiva y/o falta de mantenimiento.

A lo largo del recorrido del canal se observa estabilidad en la mayor parte, presentando solo puntos focales que ponen en riesgo la infraestructura. Se identificó puntos vulnerables en las progresivas 0+150, 1+040, 1+060, variando de amplitud la afectación en los tramos, ya que van desde los 2 hasta los 10 metros, donde deslizamientos alteran y socavan el curso del canal. A partir de la progresiva 9+250 se aprecia el tramo del canal mas inestable con caída de bloques y material detrítico suelto a lo largo de unos 1500 metros que dificultan el camino y se podría inferir que en época de lluvias la zona es mucho mas vulnerable, ya que existe una gran cantidad de material suelto.

Si bien en la actualidad el canal esta protegido por encontrarse entubado, pero en un proceso mas intenso donde las variables climáticas se agudizan, podrían desencadenar eventos con mayores impactos que afectarían el canal.

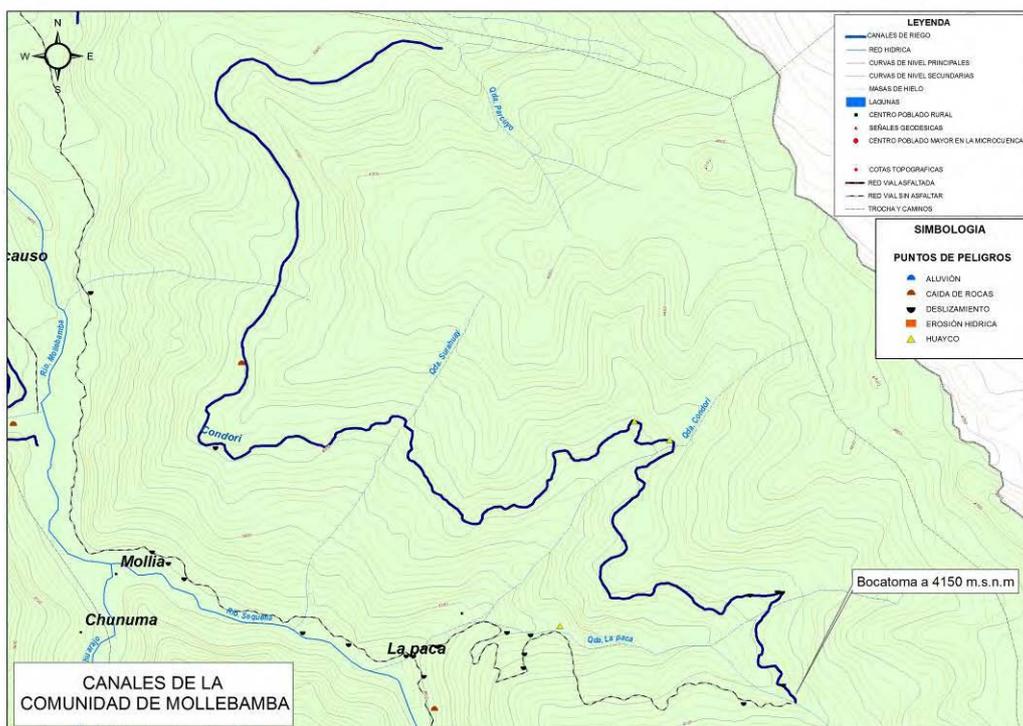


Figura 8.60  
Canal Condori

### 8.8.3.5 Canal de Trapiche

Canal revestido cuya toma se ubica a una altitud de 3650 m.s.n.m desde este punto salen dos canales, el canal entubado Trapiche que tiene una longitud de 2705 metros lineales y el canal revestido Trapiche que tiene una longitud de 5017 metros. y aguas abajo a una altitud de 3525 m.s.n.m se inicia el canal Trapiche margen derecha que cuenta con una longitud de 858 metros lineales.

La vulnerabilidad del canal está en dos puntos, el primero de ellos en las bocatomas, las cuales tienen muros bajos que no podrían proteger a los canales de caudales extraordinarios. Al perderse las bocatomas se afectaría todo el sistema. El otro punto es la fragilidad y vulnerabilidad de los canales los cuales presentan fracturas y filtraciones en distintos tramos, que permite suponer deficiencias constructivas y/o falta de mantenimiento.

Este canal recorre por zonas con pendientes moderadas lo que implica pocos puntos de afectación por deslizamientos y otros eventos.

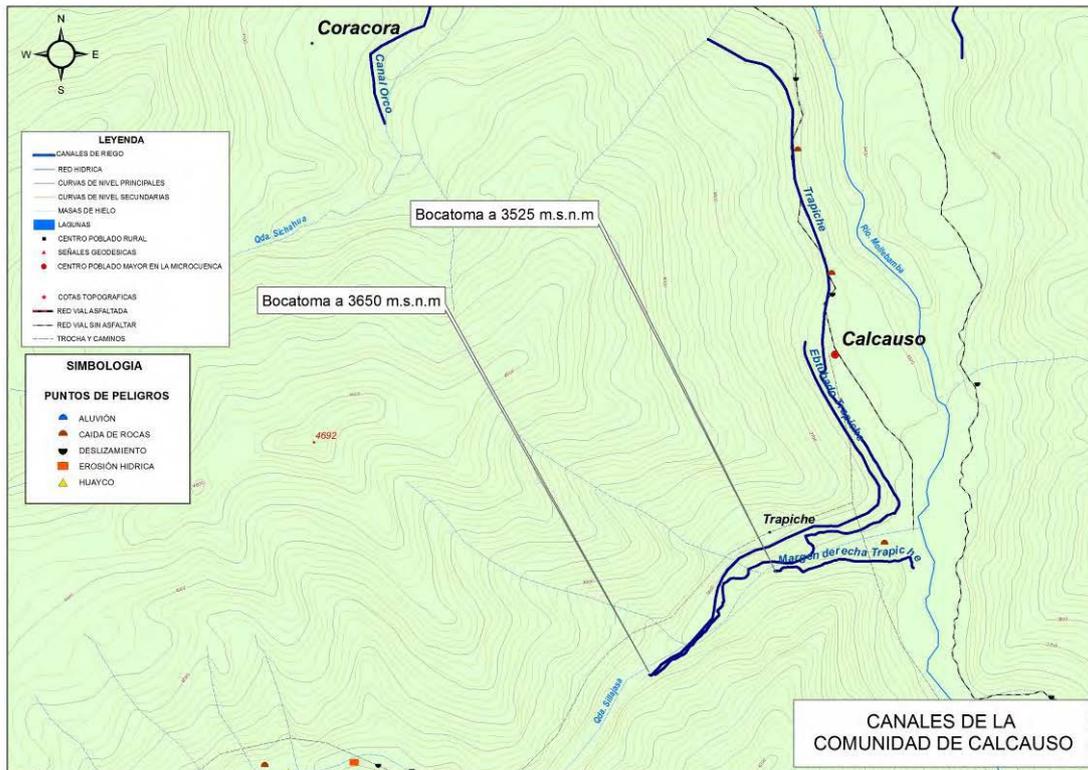


Figura 8.61  
Canal de trapiche

### 8.8.3.6 Canal Alto De Vito

Canal Alto de Vito nace a una altitud de 3750 m.s.n.m, pasa sobre el centro poblado del mismo nombre, dentro de este canal se observó 3 puntos directos de afectación.

La bocatoma es una zona estable, sin alto grado de afectación, pero en el recorrido se hace vulnerable por su exposición y su fragilidad, pues atraviesa zonas propensas a la caída de rocas que, afectarían no solo al canal sino al centro poblado Vito. El diseño y corte del talud no consideraron la desestabilización de los taludes y las características muy sueltas del suelo, debido a esto en la progresiva 3+780 donde el canal esta entubado se ubica una zona de muy alto peligro debido a un deslizamiento activo que impacta directamente al canal en un tramo de 5 metros, produciendo el colapso.

La fragilidad del canal se expresa en el trazo, el diseño de una estructura rígida de concreto que no consideró la geodinámica de la ladera y el escaso mantenimiento de la infraestructura.

### 8.8.3.7 Canal Bajo de Vito (Atero)

Canal que nace a los 3480 m.s.n.m en la quebrada Chaupimayo en la comunidad vito cuenta con un recorrido total de 3880 metros lineales de los cuales gran parte es revestido y el tramo final es entubado, este canal recorre laderas debajo del centro poblado, y en el trascurso de este se identifico dos deslizamientos uno en la

progresiva 0+300 con implicancias de afectación sobre el canal relativamente bajas y oro deslizamiento en la progresiva 1+300 se ubica el deslizamiento mas alarmante y de mayores implicancias de daño no solo al canal si no también al centro poblado, este deslizamiento denominado Saraccata que se caracteriza por tener una pendiente de 27° a 30° con material suelto, unos 5 metros de amplitud y en pleno estado de activación que en épocas de lluvias es un sector de muy alto peligro, donde impacta directamente sobre el canal haciéndolo vulnerable a un posible colapso.

Esto implica que el canal Vito, es vulnerable primero por su mal diseño de ubicación, segundo por no considerar aspectos estructurales que limiten el impacto del deslizamiento mayor, tercero porque las condiciones de la ladera hacen difícil intervenciones de mantenimiento y de mejoras estructurales.

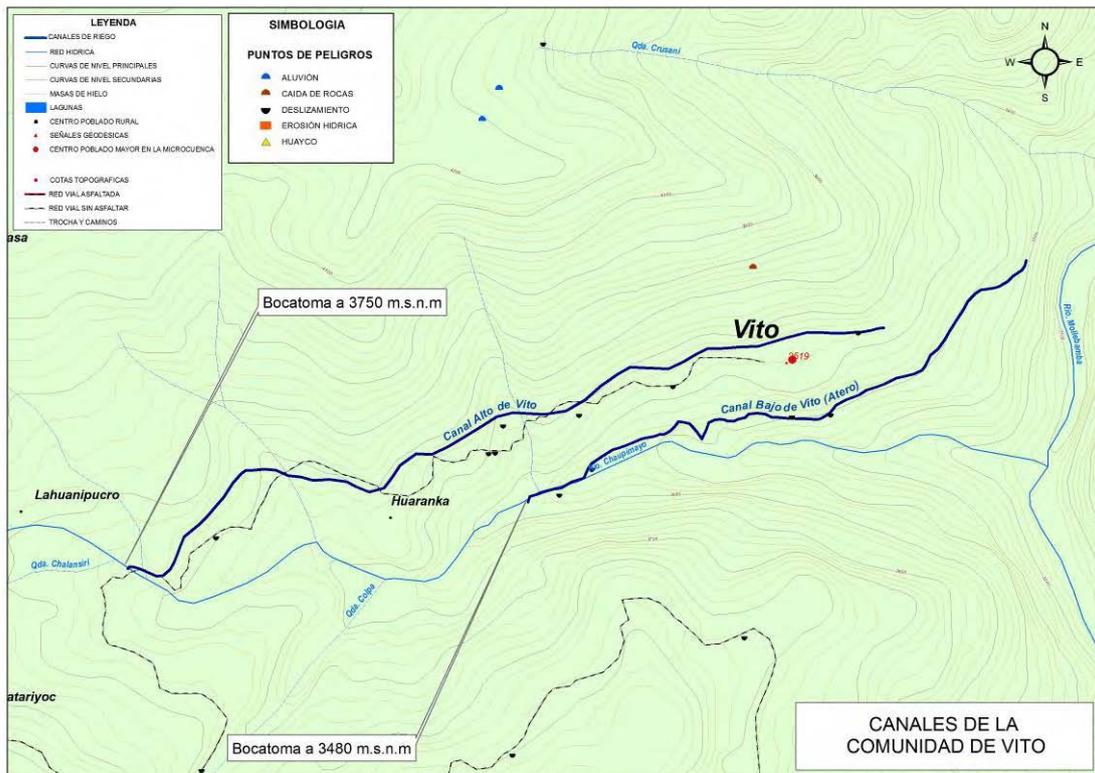


Figura 8.62  
Canal Alto De Vito, Canal Bajo de Vito (Atero)

### 8.8.4 Vulnerabilidad de la infraestructura vial ante deslizamientos y otros eventos

Considerando las características físicas de la microcuenca, en este acápite analizaremos las características específicas de las vías, en función de su exposición y susceptibilidad frente a procesos de remoción en masa.

La malla vial que recubre la microcuenca Mollebamba presenta características generales como por ejemplo, el 100% de las vías solo están afirmadas, a excepción de la carretera Mollebamba desvío de Trapiche y la continuación a la mina Buenaventura, presentan un mantenimiento que se considera regular.

#### 8.8.4.1 Carretera Mollebamba – Antabamba

Es una de las vías más importantes de conexión, ya que comunica de forma directa a la capital del Distrito Juan Espinoza Medrano con el centro poblado Antabamba, capital provincial, esta intercomunicación permite un flujo constante de mercadería y poblacional.

Las características del trazo de la carretera están expresadas básicamente por la conformación del territorio, la carretera recorre un total de 14.89 Km, desde los 3300 m.s.n.m, hasta los 4200 m.s.n.m, punto de divisoria de aguas, lo que representa un recorrido de 900 metros de altitud dentro de la microcuenca, con 9 flexiones ya que la pendiente es muy abrupta.

Es una vía afirmada en su totalidad, con anchos de vía que en promedio llegan a 6 metros.

La vía esta afectada por factores naturales y antrópicos, naturales porque una falla regional cruza la carretera generando desplazamiento y cizallando de la roca, lo que produce material suelto que se manifiesta en caída de rocas y deslizamientos. La carretera es vulnerable porque no cuenta con medidas de seguridad que aminoren los impactos sobre ella, también se demuestra la susceptibilidad de la vía porque el diseño del trazo de la carretera favorece la caída de materiales al haberse cortado la ladera alterando el ángulo de reposo natural.

Otro factor que incrementa la vulnerabilidad de la vía es el permanente socavamiento que producen las personas que extraen materiales del talud de la vía en diversos puntos generando mayor inestabilidad, con fines de afirmar la carretera o para otras obras en distintas zonas de la microcuenca.

Considerando las características del territorio y de las dinámicas que se dan en la vía, se identificó 3 puntos de deslizamiento en las progresivas 4+700, 13+700, 13+900 con amplitudes de hasta 20 metros de afectación sobre la carretera, un punto de caída de rocas en la progresiva 5+870 y finalmente dos puntos de erosión hídrica que por saturación del suelo generando inestabilidad en los puntos 3+300 y 10+990.



Figura 8.63  
Carretera Mollebamba – Antabamba

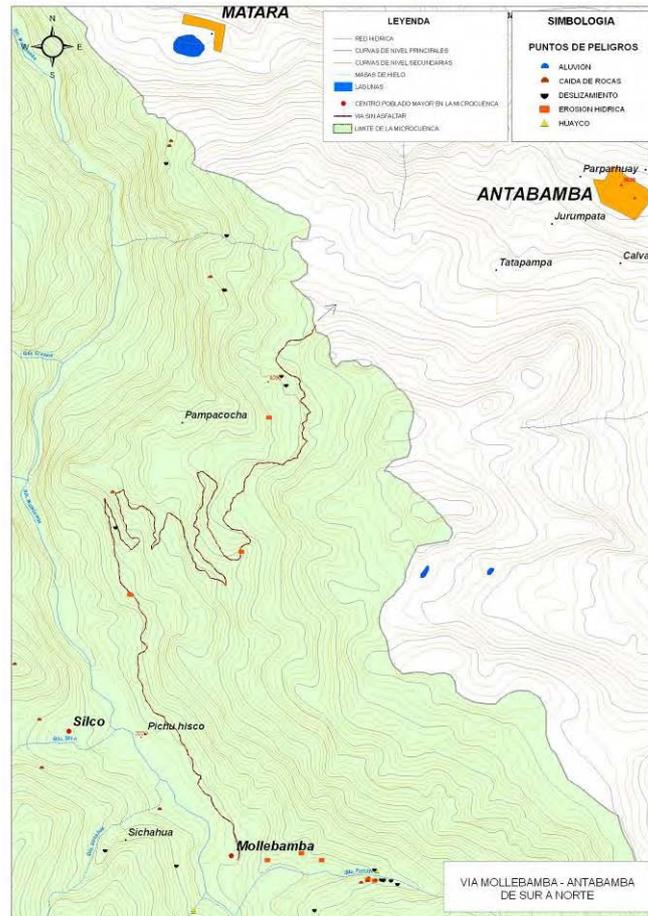


Figura 8.64  
Mapa de la carretera Mollebamba – Antabamba

#### 8.8.4.2 Carretera Mollebamba – Challhuanca

Es la segunda vía más importante en relación a comunicación con centros poblados mayores fuera de la microcuenca.

La vía, Mollebamba – Challhuanca tiene un sentido Nor Oeste que sobrepasa la línea de cumbre de la microcuenca. Dentro de ésta recorre una distancia de 24.17 Km, desde los 3300 m.s.n.m hasta los 4500 m.s.n.m que es la línea divisoria de aguas de la microcuenca, lo que representa 1200 metros de ascenso en el tramo que le corresponde a la microcuenca. Así también este tramo de la red vial de la microcuenca se caracteriza por ser la de mayor longitud, pasando por distintas unidades geológicas y geomorfológicas que tiene distintos comportamientos y respuestas frente a las acciones antrópicas y naturales que las afectan.

La vía en promedio cuenta con un ancho de aproximadamente 7 metros,

Se identificaron 7 puntos importantes de caída de rocas en las siguientes progresivas 1+040, 3+470, 6+780, 6+781, 7+650, 15+780, 18+500, así como 11 puntos de deslizamiento en las progresivas 4+980, 8+800, 10+390, 13+030, 14+920, 15+730, 15+750, 15+830, 16+500, 17+400, 18+450, en su mayoría estos deslizamientos son activos producto de las malos cortes en el diseño de la carretera, pero también por el tipo de material que conforma el suelo en los tramos finales de la carretera en la microcuenca, más exactamente en los tramos que van desde las progresivas 16+500.

La vulnerabilidad de la vía está dada por el mal diseño de los cortes de carretera lo que genera la inestabilidad de los taludes, así como por las malas prácticas de la población al usar como canteras los laderas adyacentes a la vía, otro factor que aumenta su vulnerabilidad es el tipo de suelo sobre el cual esta asentada la vía desde la progresiva 4+200 hasta la línea de cumbre.



Figura 8.65  
Carretera Mollebamba – Challhuanca

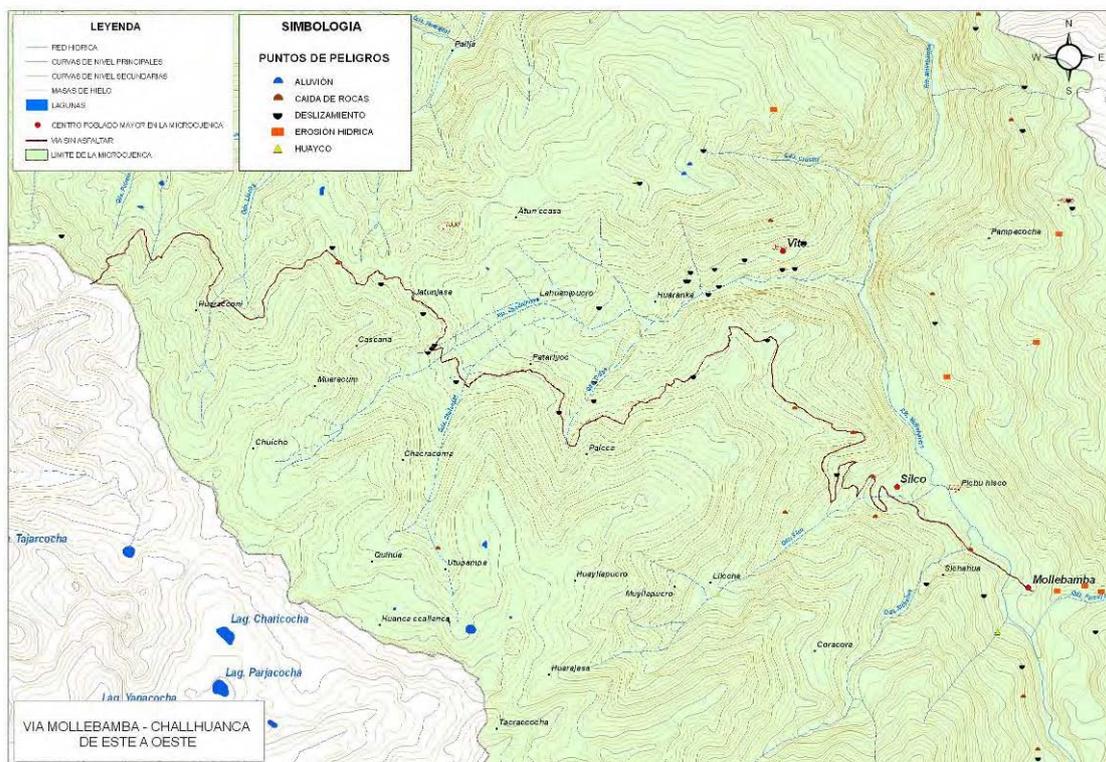


Figura 8.66  
Mapa de la carretera Mollebamba – Challhuanca

#### 8.8.4.3 Carretera Mollebamba – Bocatoma Canal Condori (Aguas termales)

Esta es la única vía que no une dos centros poblados, sino el centro poblado Mollebamba con la bocatoma del Canal Condori (sistema de riego mas grande de la microcuenca), recorre un total de 11.96 Km.

Se caracteriza por ser una zona inestable sujeta a varios procesos de erosión generados en su mayoría por efectos antrópicas.

La vía tiene un tramo recto paralelo al río, al mismo nivel de éste, desde las progresivas 4+100 a 5+000 lo que implica peligros por inundación en caso se de caudales extraordinarios.

Se han podido identificar en la carretera varios puntos de deslizamiento a los cuales está expuesta la vía, este tramo es uno de los mas susceptibles afectado por gran cantidad de agentes antrópicos, producto de actividad minera. La vulnerabilidad de la vía, se da por su ubicación y por la inexistencia de medidas de protección.



Figura 8.67  
Carretera Mollebamba – Bocatoma Canal Condori

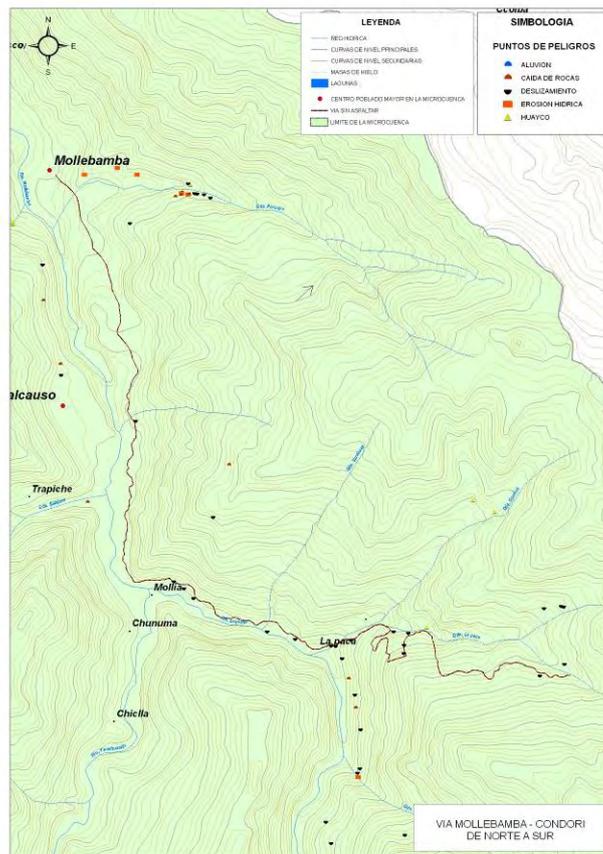


Figura 8.68  
Mapa de la carretera Mollebamba – Bocatoma Canal Condori

#### 8.8.4.4 Carretera Silco - Calcauso

Vía relativamente estable, pero con peligros focales producto de procesos de remoción en masa, su longitud es de 6.37 Km., por el curso de esta vía atraviesa una falla local que genera problemas de desplazamiento, y hundimiento de uno y otro sector, en la progresiva 3+600, se recomienda que en este sector se haga un estudio más detallado para determinar con mayor agudeza el nivel de peligro al que esta expuesta la vía.

Los procesos de erosión afectan la vía, producto de las altas pendientes aledañas a la vía las cuales llegan a tener entre 40% a 50%.

En general la vulnerabilidad de esta sección de la vía se relaciona directamente con los procesos naturales que la afectan, ya que no existen evidencias directas de alteraciones de tipo antrópico.

Se identificaron los puntos más vulnerables de la vía debido a caída de rocas en las progresivas 0+350, 4+770 con amplitudes que van desde los 5 metros hasta los 20 metros en la carretera, deslizamientos en las progresivas 2+380, 3+600, 4+890 y dos zonas de huayco frecuentes en épocas de lluvias en las progresivas 2+290, 3+000

El mayor factor de vulnerabilidad que tiene este tramo está relacionado a la exposición en los puntos de mayor incidencia de peligro.



Figura 8.69  
Carretera Silco - Calcauso

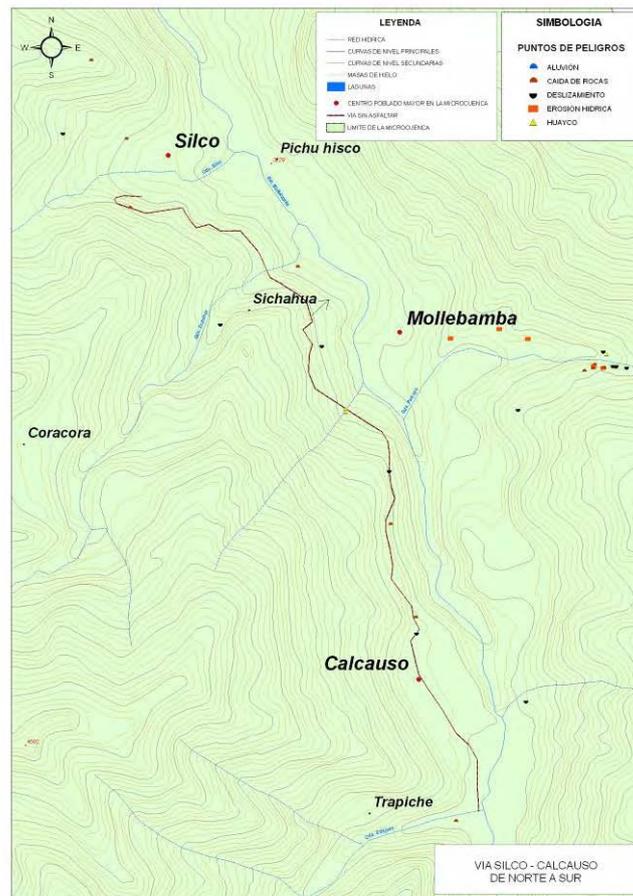


Figura 8.70  
Mapa de la carretera Silco - Calcauso

### 8.8.4.5 Carretera desvío a Vito

Tramo que conecta el centro poblado Vito con la carretera Mollebamba – Challhuanca. El centro poblado Vito, es el único que no tiene acceso directo desde la carretera principal, sino a través de este desvío, la carretera recorre un total de 5.13 Km. E una carretera afirmada en su totalidad, con anchos de vía que en promedio llegan a 6 metros.

La vía esta expuesta a procesos erosivos, en diversos puntos hay material suelto que puede caer. A ellos se suma el hecho de que en varios puntos pobladores locales extraen material al borde de la carretera, afectando la estabilidad en la zona.

Considerando las características del territorio y de las dinámicas que se realizan sobre la vía, se identificó 7 puntos de deslizamiento en las progresivas 0+230 2+300 3+780 3+800 3+880 4+280 4+700 con distinta amplitud de afectación sobre la vía que en algunos casos llegan hasta los 20 metros.



Figura 8.71  
Carretera desvío a Vito



Figura 8.72  
Mapa de la carretera desvío a Vito

#### 8.8.4.6 Carretera desvío Trapiche - Mina Buenaventura

Vía que conecta la carretera que lleva a la toma del Canal Condori, con la mina Buenaventura, en un tramo de 9.33 Km. presenta un ascenso muy abrupto desde los 3600 m.s.n.m hasta los 4800 m.s.n.m., lo que representa un ascenso de 1150 metros, pero en su último tramo va desde los 3800 hasta los 4800 ascendiendo por las colinas con 20 flexiones. Esta carretera está muy susceptible a colapsar, producto de la gran rotura de taludes lo que ha convertido a ese territorio en una zona muy inestable, lo que podría generar bloqueos en tiempo de lluvia.

Otro agente que exagera el peligro haciendo mas vulnerable y frágil a la carretera son las explosiones y vibraciones que realiza la mina, lo que motiva mayor inestabilidad sobre distintos puntos de la vía, puntos que fueron identificados, y georreferenciados, se identificaron 11 puntos vulnerables: 0+120 0+510 0+600 1+000 1+400 1+460 1+520 2+350 3+100 4+400 5+800 6+310.

Esta es la vía más vulnerable en la microcuenca, se ha producido cortes y remoción de materiales sin considerar que se produce la inestabilidad de laderas. El mal diseño de los cortes es manifiesto. Este es un ejemplo de cómo la actividad humana con la construcción de la carretera ha generado peligros, en este caso eventos de remoción en masa, en zonas donde no los había.



Figura 8.69  
Carretera desvío Trapiche - Mina Buenaventura

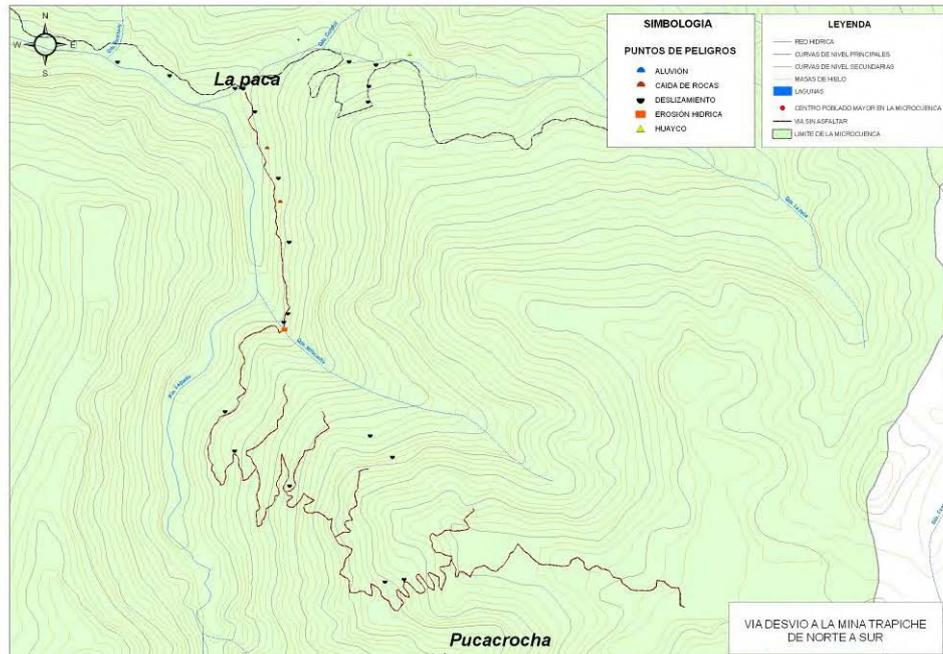


Figura 8.74  
Mapa de la carretera desvío Trapiche - Mina Buenaventura

## 8.9 Cronología de eventos climáticos y geológicos

*En la microcuenca Mollebamba hay referencias de manifestaciones del Cambio Climático, en términos de modificaciones en el régimen de precipitaciones e incremento gradual de temperatura, las cuales podrían estar contribuyendo al incremento de la erosión, a deslizamientos y formación de huaycos. Adicionalmente, dentro del marco del Cambio Climático, también hay referencias de que se estaría produciendo cambios en la variabilidad climática que también alteran la frecuencia de los mencionados eventos y la magnitud de los mismos, esta hipótesis se relaciona con el objetivo de identificación de los peligros de origen climático considerando las percepciones de la gente que habita la microcuenca, para tal motivo el análisis explica evento y área territorial de afectación en un escala temporal, relación de tipo y recurrencia de eventos y relación de eventos y ámbito espacial.*

### 8.9.1 Análisis de información.

La información sobre eventos climáticos que se ha obtenido proviene de la población local, recogida a través de talleres, reflejan la percepción y el sentir de la población que habita en las cinco comunidades que hay en la microcuenca Mollebamba. No tiene un elemento de control o verificación.

Cuando de le pregunta a la gente sobre los impactos de las lluvias, de inmediato se refieren la crecida de ríos y quebradas, deslizamientos, huaycos y a las afectaciones directas o indirectas sobre sus bienes comunes: canales de riego, vías terrestres, áreas de cultivo, centros poblados, etc.

En la microcuenca Mollebamba se realizó un primer taller que reunió a líderes y población de las seis comunidades, el cual se denominó Taller de Línea de Base. Además se tuvieron cinco talleres, uno en cada comunidad, dentro del periodo de trabajo de campo entre los meses de agosto-septiembre del 2009.

Los eventos climáticos geológicos recurrentes que ocurren en la microcuenca Mollebamba son producto de las interacciones entre lluvias, tipo de suelos, elevadas pendientes de la microcuenca y otras características geomorfológicas, etc., que han sido explicadas en capítulos anteriores referentes a las características físicas de la microcuenca.

Se ha recogido las percepciones e interpretaciones de la población, y habiendo organizado los datos se obtiene la información que indica que los eventos climáticos más recurrentes en la microcuenca Mollebamba han sido hasta ahora las inundaciones, nevadas y sequías, que impactan directamente sobre la agricultura, ganadería y la población.

Las inundaciones están asociadas a precipitaciones, las cuales según refieren los pobladores, se están alterando en frecuencia e intensidad, están aumentando pero en periodos cortos, o sea que las precipitaciones que anteriormente se daban en forma espaciada y que beneficiaba a la agricultura y la ganadería ahora generan desastres, porque las lluvias son mas concentradas e intensas, se producen en un tiempo más corto, lo que genera saturación de los suelos, inestabilidad de laderas y desencadena distintos procesos de remoción en masa, pero las inundaciones también son producto de la sobrecarga de fluidos en los ríos, sobrecarga que reboza el lecho natural del río afectando áreas de cultivo aledañas a este.

Cuadro 8.9

Relación de evento y área territorial de afectación en una escala temporal

Evento \ Área Afectada	Microcuencia	Mollebamba	Silco	Calcauso	Vito	Santa Rosa	Mollebamba Silco Calcauso	Silco Calcauso	Silco Vito	TOTAL DE EVENTOS
Inundación		3	3	1						7
		1988 - 1995 - 2003	1963 - 1973 - 1974	2008						
Sismos	1	1	2							4
	2001	1905	1964 - 1930							
Vientos fuerte		1		1	1	1				4
		2003		2005	2008	2006				
Nevada			3	2	1	1	1			8
			1982 - 1983 - 1996		2009	1984	1997			
Sequía		1	4	2	1	1				9
		1983	1980 - 1981 - 1982 - 1992	1970 - 1971	2009	1993				
Helada		1		2	1	1		1	1	7
		1982		2007 - 2009	2009	1998		2008	2008	
Huayco			4	1	1					6
			1948 - 1952 - 1984 - 2001	1981	2009					
Deslizamiento					2					2
					2005 - 2009					
Granizada		1	1						1	2
		1970	2008						2008	
<b>TOTAL DE EVENTOS</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>49</b>

Elaboración: PREDES Fuente: Información de la población local en Talleres comunales.

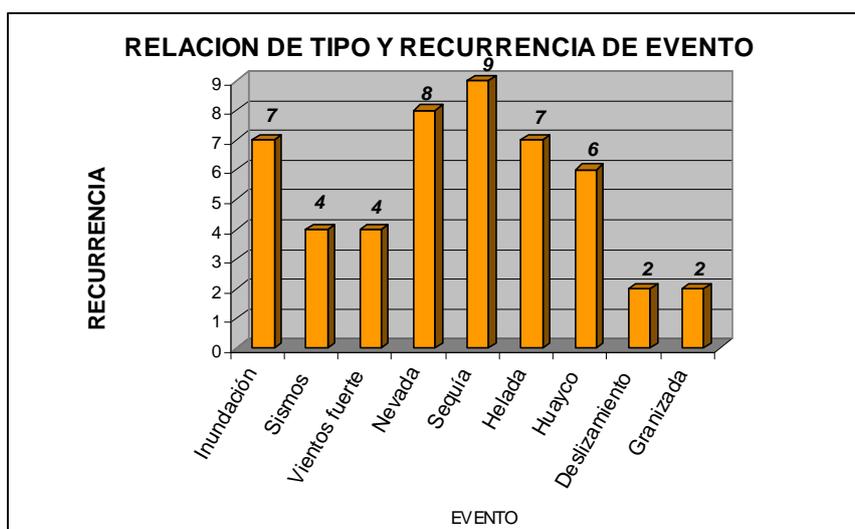


Figura 8.75

Relación de tipo y recurrencia de eventos  
Elaboración PREDES. Fuente Talleres Comunales

El cuadro obtenido con información de los talleres comunales permite una aproximación al conocimiento sobre la recurrencia de eventos en las comunidades.

El gráfico indica que Silco es la comunidad que notifica mayor cantidad de eventos con un total de 17, que incluye eventos sísmicos, hidrometeorológicos e hidrogeológicos.

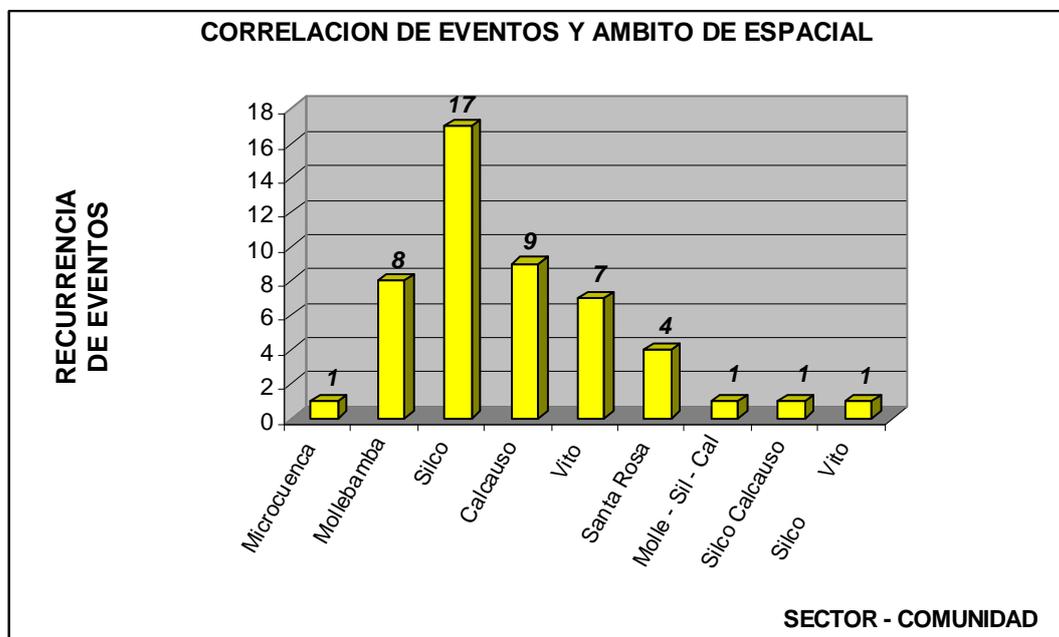


Figura 8.76  
Correlación de eventos y ámbito espacial  
Fuente: Talleres Comunales Elaboración: PREDES

Estos eventos han generado afectación de distintos tipos, resaltando siempre el sector agrícola, ganadero y sobre todo la salud de las personas.

Sin embargo, los eventos con mayor potencial destructivo que ocurren en la microcuenca Mollebamba son los sismos, eventos que afectan en pocos instantes a la población de las cinco comunidades, a la infraestructura vial y de riego y a las viviendas. Sin embargo los sismos se presentan periódicamente (cada cierto número de años). En cambio los eventos climáticos como heladas, nevadas, granizadas y sequías, en su conjunto, ocurren con mayor frecuencia (anualmente), constituyen el mayor número y tienen impacto directo sobre las actividades económicas que dan sustento a la población que es la agricultura y ganadería, cada año, teniendo impactos sobre su alimento.

Cuadro 8.10

## Afectación de los eventos climáticos - geológicos en la microcuenca Mollebamba

AFECTACION DE LOS EVENTOS CLIMATICOS - GEOLOGICOS EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA		
EVENTO	Territorio y desencadenamiento de eventos	DESCRIPCION DE LAS AFECTACIONES
SISMOS	Territorio y desencadenamiento de eventos	Efectos relacionados con la inestabilidad del territorio. El sismo actúa como desencadenante al relacionarse con los factores intrínsecos, generando deslizamientos, caída de bloques, afectando directamente canales de riego, infraestructura vial y a los centros poblados, así como áreas de cultivo.
	Infraestructura	Efectos directos en la infraestructura física: vial, de riego, de agua y saneamiento, de educación, de salud y edificaciones de uso habitacional y en las edificaciones de uso público como escuelas, postas médicas y construcciones de uso habitacional. Se agrietan e incluso pueden colapsar las infraestructuras citadas. Efectos indirectos: se producen deslizamientos, caída de rocas, desprendimientos y derrumbe de taludes inestables.
	Derivación de aguas subterráneas	Efecto sobre los drenes subterráneos que permiten el afloramiento de manantiales: Pobladores de las comunidades indicaron que debido al terremoto del 2001 varios manantiales dejaron de producir agua.
VIENTOS FUERTES	Infraestructura urbana	Afectación a la infraestructura puntualmente a los techos de las viviendas y cobertizos, donde los diseños y procesos constructivos otorgan poca resistencia a los efectos de vientos fuertes.
	Cultivo	Afectación a los cultivos en las zonas de Vito, donde vientos intensos afectan cosechas de maíz y cultivos así como los forrajes de los animales generando muerte de ganado
	Infraestructura de energía	Afectación de la infraestructura de energía, puntualmente postes de alumbrado público, así como daños y afectación a los cables de conducción lo que genera el desabastecimiento de energía en la comunidad de Vito.
SEQUIA	Cultivo	Se produce impacto directo en los cultivos que están en proceso, perdiéndose totalmente por falta de agua. Según como evolucione la ausencia de lluvias, también disminuye las escorrentías superficiales y subterráneas y la disponibilidad de agua en las partes bajas de la microcuenca, donde se cultiva maíz y otros cultivos
	Ganado	Falta de pastos y de agua, enflaquece el ganado, desnutrición, mayor afectación por enfermedades.
	Salud poblacional	Se afecta también el abastecimiento de agua para consumo humano y como consecuencia de final, no hay cosechas, no hay alimentos para el año, además de la falta de higiene.
HELADA GRANIZADA NEVADAS	Salud poblacional	El fuerte descenso de temperatura y la presencia de nieve, conlleva a afectación de la salud, principalmente por enfermedades respiratorias, siendo los niños y ancianos los más vulnerables, dado que la población no está adecuadamente protegida con abrigo y cobijo, siendo además que el estado nutricional y condiciones sanitarias son muy baja.
	Cultivos	Se produce daño directo en los cultivos que están en proceso, dependiendo su severidad del estado en que se halla cada cultivo, siendo las plantas en etapas iniciales y en la etapa de floración, las más expuestas a daño.
	Ganado	Se produce daños directos en la salud del ganado, sobretodo de los más vulnerables: crías, hembras en estado de preñez.
INUNDACIONES	Infraestructura urbana	Afectación directa a las personas y centros poblados, donde hay rasgos de afectación por inundaciones y flujos de lodo como producto del aporte de la Qda Silco en época de lluvias, donde se concentra población, infraestructura urbana, etc.
	Cultivo	En época de lluvias los ríos con caudales incrementados generan daños en zonas aledañas a los cursos de agua. Daños en áreas de cultivo localizadas en las riberas y terrazas de inundación natural, que pueden ser arrasadas perdiéndose inclusive el terreno.
	Infraestructura productiva	Diverso grado de afectación de la infraestructura vial: destrucción de puentes, plataformas de carreteras son erosionadas e incluso colapsan totalmente por efecto de crecidas de caudales de río. Bocatomas en los ríos son debilitadas y pueden colapsar por efecto de la escorrentía de los ríos, cortándose el abastecimiento de agua hacia las zonas de cultivo
DESIZAMIENTOS HUAYCOS	Territorio	Deslizamientos afectan directamente zonas de manantes con la pérdida de recurso agua, generando problemas de abastecimiento hacia áreas pobladas y de riego.
	Cultivos	Deslizamientos y huaycos afectan áreas de cultivos localizadas en conos deyección y en bordes de taludes de quebradas.
	Infraestructura urbana	La acción de eventos de flujo hídrico y deslizamientos destruyen viviendas y áreas urbanas incluyendo la infraestructura y servicios básicos.

 Fuente: Talleres Comunales.  
 Elaboración PREDES



Del gráfico 8.72 y del cuadro 8.10 podemos extraer algunas conclusiones expresadas no en la recurrencia de eventos, ya que el insumo para estos cuadros no parten de inventarios con presión, parten de las vivencias de las personas, pero esto nos permite conocer en cierta medida cual es el eventos que mas recuerdan producto de la afectación que causo, ahí es claro que las sequías, nevadas, inundaciones y heladas son las de mayor notoriedad para la comunidad en la microcuenca, también podemos ver que los registros producto de sus declaraciones es que los desastres presentan una escala temporal mas corta en la ultima década.

### **8.10 Lluvias como factor desencadenante de eventos de geodinámica externa.**

Una de las hipótesis del presente estudio, refiere que *“el potencial de peligro en épocas húmedas, por efecto de precipitaciones se están intensificando lo que acelera la erosión y facilitan la formación de huaycos, deslizamientos y aumento de caudales, es así que en función de los conocimientos de las personas de las comunidades que pertenecen a la microcuenca, y considerando uno de los objetivos del estudio que es identificar los peligros de origen climático y geodinámico, que pueden ser desencadenados por la agudización de variables climáticas como puede ser las precipitaciones intensas en escalas temporales muy cortas”*.

Debido a la insuficiente información base, no se pudo correr un modelo de precipitaciones a escala diaria. Se cuenta solamente con precipitaciones medias mensuales generadas por modelos climáticos de SENAMHI – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrológica.

Para ilustrar lo que sucede en condiciones de lluvia tomamos como base estudios realizados por otros autores. Por ejemplo González *et al.* (2002) destaca que las lluvias como factores detonantes de los procesos de remoción en masa están en razón de su intensidad, duración y distribución. Así, precipitaciones de poca intensidad en periodos prolongados de tiempo y precipitaciones de gran intensidad en periodos cortos de tiempo podrían desencadenar eventos de remoción en masa en zonas donde el escenario sea favorable para ello. Dentro de este marco, las precipitaciones cortas e intensas podrían provocar eventos superficiales, en tanto remociones más profundas serían provocadas por eventos distribuidos en largo periodo de tiempo (Aleotti, 2004; Kim *et al.*, 2004).

Las precipitaciones actúan aumentando el grado de saturación de los materiales, tanto en suelo como en fracturas, aumentando temporalmente la presión de fluidos ( $\mu$ ).

Teniendo en cuenta que el stress efectivo ( $\sigma'$ ) se define como  $\sigma' = \sigma - \mu$ , entonces es la disminución de este esfuerzo el que genera un descenso en la resistencia de los materiales durante un periodo de tiempo, con ello una baja en la estabilidad y un eventual fenómeno de remoción en masa. Además, las precipitaciones intensas aumentan la escorrentía superficial, aumentando con esto la erosión del material en laderas con suelo suelto, y asociado a ello se genera socavación y/o disolución de la ladera

En general, distintas zonas necesitarán lluvias de intensidad y/o duración que superen un umbral característico para generar remociones en masa. El conflicto radica en la estimación de estos umbrales, para lo cual se requiere de datos idealmente continuos de precipitaciones o con alta frecuencia que permitan la realización de análisis estadísticos para la zona de estudio, en el caso de la microcuenca Mollebamba no existe el registro necesario para definir cuales son los umbrales máximos de precipitación y por ende los niveles de saturación del suelo.

Además, es pertinente recalcar la importancia de la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos como el Fenómeno El Niño (García, 2000), en cuyo contexto, hubo una tendencia al exceso de precipitaciones (inviernos con más días con lluvia y con precipitaciones de intensidades mayores) y de los niveles de caudales líquidos de escorrentía.

Cuadro 8.12  
 Efectos de la saturación por precipitaciones

Efectos asociados	Consecuencias	Inestabilidad producidas
Lluvias intensas infiltración	Elevación del nivel freático	Deslizamientos (planos) de suelo sobre roca
		Deslizamiento circulares por empuje
	Carga de fisura	Deslizamiento de taludes en suelo o en roca blanda
		Vuelco de masas rocosas
		Movilización de taludes en equilibrio estricto reptaciones
Saturación	Hundimiento, deslizamiento en bloques	
Inundación de la base del talud	Disminución de resistencia de zonas críticas	Deslizamiento por falta de resistencia
	Efectos de desembalse	Deslizamiento por tracción de pie
	Arrastres superficiales	Flujos sólidos en torrentes
Erosión de laderas	Acumulación en pie de conos deyeativos	Delación del cono
	Erosión interna	Hundimiento generalizados
Socavación	Eliminación de zonas resistentes	Deslizamiento progresivos desde el pie
		Vuelco de cornisas
Disolución	Creación de cavernas y túneles	Hundimiento en la cima
		Retroceso de cantiles

De esta forma, puede observarse que los eventos de remoción en masa de mayor envergadura no necesariamente se generan en invierno y están asociados a generación de precipitaciones ante condiciones de temperatura alta y ubicación alta de la isoterma 0°.

### 8.11 Procesos antrópicos que aceleran y magnifican los peligros

Se ha podido verificar en la microcuenca Mollebamba que los procesos geológicos naturales han sido alterados por intervenciones humanas en el territorio, las cuales se producen en forma continua, siendo las principales: el cambio de uso del suelo (incorporación de nuevas áreas a la agricultura y pastoreo y a su vez el abandono de determinadas áreas agrícolas), la deforestación por tala para leña y por sobrepastoreo, a lo cual se añade la práctica de quemar los pastos secos, produciendo incendios de praderas cada año, la instalación de asentamientos humanos, de infraestructura física (vial y de riego principalmente), la forma de riego, etc., las cuales favorecen la erosión del suelo de manera, caso del riego por inundación en laderas de alta pendiente, pero también exponiendo el suelo a las lluvias y vientos que causarán también erosión y remoción en masa.

### Actividades productivas:

**Malas practicas de riego:** Puntualmente en la comunidades de Vito y Silco se apreció que el riego es por inundación con caídas de agua que erosionan el suelo, (la capa externa) generando pérdida de nutrientes y quitándole estabilidad al suelo, dejando simplemente el cascajo y material patente que aflora. Esta práctica causa la saturación del suelo, infiltrando y en muchos casos percolando hacia las partes mas bajas, el agua aflora en las partes bajas

**La formación de surcos a favor de la pendiente (para sembríos de papa en layme):** esta es una práctica común que se relaciona con el riego, ya que los surcos se hacen en sentido de la pendiente, para que el agua discurra por ellos hasta la parte baja, pero esto implica una alta erosión del suelo y la generación de surcos que pueden ser activados en época de lluvia, estas prácticas se ven en las comunidades de Vito y Mollebamba.

**El pastoreo de ganado vacuno en laderas y andenerías.-** en laderas muy deleznales la presencia y desplazamiento de animales en gran número y durante varios días causa erosión al remover el suelo facilitando ser lavado por lluvias.

**El sobre pastoreo en áreas degradadas.-** esta práctica se ha podido observar en Santa Rosa, donde el número de cabezas de ganado no corresponde al limitado recurso pasto natural disponible, por lo cual se requeriría un período de recuperación de la especie. El denudamiento de las praderas y laderas favorece a la erosión hídrica y por efectos de vientos fuertes.

### Actividades de construcción de infraestructura:

En este punto se enfoca sobre la construcción de carreteras y canales de riego

El diseño de vías y canales de riego en muchos casos no ha considerado la estrecha relación que existe entre la infraestructura y el entorno en el cual se localiza esa infraestructura, debido a esto es que las infraestructuras relativamente recientes colapsan, un claro ejemplo de esto son los canales de riego diseñados como para ser construidos sobre terrenos relativamente estáticos, cuando en la realidad son construidos sobre terrenos de gran actividad geodinámica, por lo cual debido a ellos los procesos geológicos los modifican y alteran por ser infraestructuras rígidas.

De otro lado el diseño del trazo de carreteras no considera la necesaria estabilidad que debe mantener el talud superior e inferior. En la construcción de vías se realizan cortes de laderas deleznales para construir la plataforma de la vía, produciendo deslizamientos continuos de material, porque se ha alterado el ángulo de reposo del talud. Esto es manifiesto en varios tramos de la carretera Mollebamba – Challhuanca y Mollebamba – Antabamba, donde las vías están afectadas por deslizamientos en distintos puntos.

En general, la actividad minera es potencialmente un factor de desestabilización de laderas y aceleración de procesos de erosión y formación de huaycos y deslizamientos, porque suele construir vías carrozables mediante corte de laderas, remoción de materiales y formación de taludes de escombros no estabilizados, sin protección de taludes, cosa que se ha comprobado en el tramo Trapiche – Mina. Además las explosiones producen vibraciones que fracturan la roca o zonas denudadas expuestas a este impacto, generándose daños en carreteras y canales aledaños a la zona en la comunidad de Mollebamba.

## 9) DISCUSIONES

En este estudio se plantearon varias hipótesis que guiaron el proceso de búsqueda, procesamiento y análisis de la información.

**Cuadro 9.1**  
**Correlación entre Hipótesis, Validez de la hipótesis y lo que se logró como Hallazgos y limitaciones.**

<b>Hipótesis</b>	<b>Validez de la hipótesis</b>	<b>Hallazgos y limitaciones del estudio</b>
En la microcuenca de Mollebamba en el pasado han ocurrido eventos de geodinámica externa que han producido daños a centros poblados, infraestructura vial y productiva, que actualmente constituyen peligros para las comunidades.	Esta hipótesis se basa en la evidencia de que en la microcuenca han ocurrido eventos de geodinámica externa que han producido impactos negativos de diversa magnitud y que hoy en día continúan siendo peligros para las comunidades pues no han desaparecido las causas que hacen posible su existencia.	Las indagaciones realizadas a través del estudio, permitieron conocer que estos eventos siguen produciéndose con efectos negativos sobre los centros poblados, y la infraestructura vial y productiva.
La actividad geodinámica natural en la microcuenca de Mollebamba, está regida por su constitución geológica, su geomorfología y la cobertura vegetal, sobre la cual actúan elementos meteorológicos.	El desarrollo de la ciencia y las experiencias fácticas han permitido conocer que la actividad geodinámica natural en una zona está determinada por su constitución geológica, su geomorfología y que la existencia de cobertura vegetal actúa como un elemento de mitigación o controlador relativo de modificaciones externas. Está también comprobado por la ciencia que la acción de elementos meteorológicos, como temperatura, precipitaciones, vientos, meteorización tienen efectos modificadores de la geodinámica de un territorio, según sean sus características geológicas, geomorfológicas y según la existencia o no de cobertura vegetal, pudiendo desencadenar y/o acelerar la actividad geodinámica de ese territorio.	El estudio se orientó a conocer las condiciones denominadas "intrínsecas" que son las características propias del territorio: geología, geomorfología, pendiente, cobertura vegetal.  La información disponible para este estudio, principalmente ha sido obtenida de fuente primaria, a través de observación física de campo, la cual ha sido procesada y analizada. El estudio no pudo tener acceso a información sobre cobertura vegetal de la microcuenca, uso actual del suelo y capacidad de uso mayor del suelo, que eran aspectos estudiados por otra institución. Tampoco fue posible realizar modelamiento de eventos de remoción en masa al no disponer de información sobre precipitaciones en la microcuenca, por lo cual El análisis de la incidencia de los peligros de geodinámica externa se ha realizado usando tres elementos: geomorfología, geología y pendientes.

<p>Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se han intensificado debido a intervenciones humanas en el territorio, que se producen en forma continua, siendo los principales, el cambio de uso del suelo (incorporación de nuevas áreas agrícolas, abandono de áreas agrícolas), la deforestación, asentamientos humanos, instalación de infraestructura física (vial y de riego principalmente), la forma de regadío que favorecen la erosión del suelo, etc.</p>	<p>La teoría indica que además de los elementos meteorológicos, también tiene un efecto modificador de la actividad geodinámica, las intervenciones humanas sobre el territorio, intensificando los procesos de remoción en masa.</p>	<p>Se ha evidenciado que en la microcuenca, a lo largo de las últimas cinco décadas, se han producido cambios en el uso del suelo y en la forma de realizar las actividades económicas, sobre todo aquellas que utilizan recursos naturales (agua, suelo, foresta, principalmente). Esos cambios inciden sobre una mayor aceleración de los procesos de erosión o eventos de remoción en masa. Identificar y caracterizar estos cambios permite plantear modificaciones en las intervenciones humanas para minimizar efectos negativos y lograr efectos positivos. El estudio ha verificado desde un punto de vista cualitativo, que se ha incorporado nuevas áreas al uso agrícola y ganadero, pero además que se ha producido abandono de áreas agrícolas, porque sus propietarios han migrado, pero también porque ha disminuido la mano de obra para el trabajo agrícola, esto último debido principalmente a que la escasa mano de obra joven está siendo captada por la minería y otras obras de programas sociales. No ha habido crecimiento de los centros poblados ni instalación de nuevos centros poblados, la población sigue siendo más o menos la misma durante varias décadas, la infraestructura vial es la básica sólo para interconectar los centros poblados. La más reciente es la carretera de Mollebamba a la mina Buenaventura y es la que ha generado mucha actividad geodinámica.</p>
<p>Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se intensifican e incrementan su potencial de peligro en épocas húmedas, por efecto de precipitaciones que aceleran la erosión y facilitan la formación de huaycos, deslizamientos y caudales.</p>	<p>Esta hipótesis se desprende de la segunda hipótesis. El marco teórico indica que un elemento generador o intensificador de eventos de geodinámica externa es la precipitación pluvial.</p>	<p>El estudio ha utilizado información expresada por la población local respecto de la ocurrencia de eventos climáticos y de eventos de geodinámica externa asociados al clima. De allí se desprende que éstos últimos se presentan en épocas húmedas (época de lluvias).</p> <p>Sin embargo no se ha obtenido datos cuantitativos pues no existen registros de precipitaciones ni de eventos de remoción en masa. Siendo un estudio de corta duración, no pudo hacerse un monitoreo de eventos de geodinámica externa durante varias temporadas de lluvia.</p>
<p>En la microcuenca Mollebamba hay referencias de manifestaciones del Cambio Climático, en términos de modificaciones en el régimen de precipitaciones e</p>	<p>La hipótesis es válida es la principal en este estudio, pues tomando en cuenta las anteriores, agrega elementos de Cambio Climático y Variabilidad Climática que constituyen el principal motivo de la</p>	<p>El estudio se basó en los testimonios de la población local, que fueron recogidos a través de talleres participativos.</p> <p>La gente percibe que se están produciendo cambios en la temperatura y en las precipitaciones: en el primer caso la temperatura varía hacia los extremos, en el caso de las precipitaciones la variación es</p>

<p>incremento gradual de temperatura, las cuales podrían estar contribuyendo al incremento de la erosión, a deslizamientos y formación de huaycos. Adicionalmente, dentro del marco del Cambio Climático, también hay referencias de que se estaría produciendo cambios en la variabilidad climática que también alteran la frecuencia de los mencionados eventos y la magnitud de los mismos.</p>	<p>investigación.</p>	<p>más diversa pues indican que las lluvias se presentan en forma retrazado en relación al patrón anterior, además se producen en forma más intensa y concentrada en períodos cortos y luego ocurren períodos de ausencia, todo lo cual no favorece a la agricultura que se realiza en la microcuenca. Adicionalmente la población local considera como peligro principal la sequía, expresada en términos de ausencia y déficit de lluvias.</p> <p>En general, la población expresa el aumento de la temperatura durante cierta época del año, pero también períodos de frío intenso más acentuado. No se ha podido comprobar que estos eventos que señalan sean sostenidos en el tiempo. Más bien serían cambios en la variabilidad climática.</p>
--	-----------------------	--

## 9.2 En relación a los métodos empleados para este estudio

El método empleado para el estudio se basó fundamentalmente en el uso de fuentes primarias, las cuales de antemano se conocía que podían otorgar un acercamiento cualitativo al tema de investigación. Esta opción es pertinente en este caso porque la microcuenca no tenía estudios previos realizados.

El estudio formó parte de un estudio mayor realizado por el PACC, tendiente a conocer las vulnerabilidades en la microcuenca Mollebamba ante el Cambio Climático con fines de formular propuestas de medidas de adaptación. Se realizó en simultáneo con otros cuatro estudios a cargo de otras instituciones, todos participaron de eventos en los cuales se trabajó el enfoque y los aspectos metodológicos, así como aspectos operativos, estableciéndose que se realizaran en un periodo de dos meses, con el plazo de dos semanas para el trabajo de campo. Todos los estudios participaron de una misma logística en el campo, lo cual tuvo ventajas porque se maximizaron los recursos disponibles y el tiempo dedicado por las comunidades a atender a los investigadores, pero se sacrificó la diferente necesidad de tiempo y forma de abordaje de cada disciplina, según los métodos y técnicas de recojo de información propias de cada estudio. Con fines de hacer posible la integración final de los resultados de los diversos estudios, se realizaron talleres entre investigadores de los estudios.

Como se indicó a lo largo del informe de este estudio, no estuvo disponible información sobre precipitaciones, caudales, cobertura vegetal.

El trabajo de campo tuvo un tiempo limitado, por lo cual no fue posible profundizar en indagaciones sobre la cronología de los eventos que hubiese permitido obtener una mayor precisión sobre fechas, cotejando con otras informaciones y con otros informantes. Igualmente fue breve el recorrido en el territorio de cada comunidad (dos días) y estuvo amarrado a la secuencia de talleres preestablecida en coordinación con cada comunidad. Esto no permitió realizar el cartografiado geológico y geomorfológico con mayor profundidad, recorriendo desde la parte alta de la microcuenca hasta la parte baja, invirtiendo el tiempo necesario.

Este estudio si bien logra hacer un mapeo de los eventos geodinámicos de la microcuenca, basado en la información de la población local y apoyado por guías que acompañaron el recorrido, sin embargo no contiene evaluaciones geotécnicas de los eventos geodinámicos

Identificados, lo cual es recomendable realizar a futuro, sobre todo de aquellos que son más críticos por su capacidad de destrucción.

De otro lado, sería muy apropiado que en estudios interinstitucionales futuros que se realicen en microcuencas o en espacios territoriales más grandes, se programe primero la ejecución de los estudios de meteorología e hidrología, además de los estudios sobre cobertura vegetal y capacidad de uso mayor del suelo, ya que ambos arrojarían información utilizable por el estudio de eventos de geodinámica externa.

### **9.3 Escenarios de riesgo a futuro en la microcuenca Mollebamba.-**

Este escenario contiene dos partes: la primera referida a los peligros constituidos por eventos de remoción en masa y la segunda referida al peligro sísmico que existe en la microcuenca.

#### **9.3.1 Escenarios de riesgo ante eventos de remoción en masa (pesimista).-**

La microcuenca Mollebamba por sus características fisiográficas ya descritas se halla sometida a un intensivo proceso de erosión por agentes varios, hídrico, eólico y por actividades humanas que se realizan sobre laderas deleznable, las cuales se llevan a cabo sin considerar la necesaria estabilidad y conservación del recurso suelo.

En el caso que no cambien de manera importante la forma cómo se realizan las actividades humanas en la microcuenca (agricultura, ganadería, construcción de vías y canales de riego, principalmente), y considerando como certera la percepción de la población local de que las lluvias se presentan en forma diferente que antes, es decir en forma de precipitaciones intensas de corta duración, entonces continuarán generándose escorrentías superficiales y un intenso “lavado” de las laderas, arrastrando el suelo fino hacia las partes bajas, lo cual es favorecido por la pronunciada pendiente de las laderas en esta microcuenca. Además es posible la formación de huaycos, material lodoso combinado con piedras que tiene un alto poder destructivo, estos eventos tienen alta probabilidad de formarse en la quebrada de Silco y algunas otras que se han descrito en el texto.

Por tanto, en el futuro, se estima que se va incrementar el nivel de riesgo (daños) en la microcuenca Mollebamba, sobretodo para las vías terrestres puesto que en su diseño y construcción no se consideró medidas de estabilización de laderas y taludes, estando altamente expuestas y frágiles ante escorrentías superficiales, huaycos, caída de rocas y otros materiales, los cuales bloquearán las vías y deteriorarán la plataforma de las mismas al colapsar el talud inferior. Adicionalmente en los puntos de las vías donde hay cruce de quebradas y cárcavas (alcantarillas, pontones o puentes) dado que han considerado un incremento progresivo de los caudales de dichas cárcavas y quebradas en el futuro, se producirán embalses y ruptura de pontones y puentes por no tener suficiente luz y refuerzos de las estructuras de cimentación.

En el caso de los canales, se estima que también se va incrementar el nivel de riesgo (daños) puesto que en su diseño y construcción no se consideró medidas de estabilización de laderas y taludes, estando altamente expuestas y frágiles a la caída de materiales de los taludes superiores (rocas, flujos de lodo, material suelo), que provocarán el bloqueo de los canales y los desbordes llevando incluso al colapso de los canales en tramos de diferente longitud. Adicionalmente los canales serán cortados en zonas donde atraviesan cárcavas, al producirse una profundización y ensanchamiento de las mismas por efecto de lluvias

intensas. Ante la eventualidad de lluvias intensas y de corta duración, aquellos canales que no tengan un adecuado y continuo mantenimiento y reforzamiento en los puntos más vulnerables, sufrirán daños importantes.

La pérdida de suelo fértil seguirá produciéndose en la microcuenca, ya no solo por el lavado de laderas que realizan las lluvias, sino por la forma de riego que practican los agricultores, quienes dejan correr el agua para que se inunde el terreno, produciéndose el arrastre del suelo hacia las partes bajas. Esta situación a la larga generará el empobrecimiento del suelo, es decir una menor capacidad de rendimiento y por tanto la reducción de áreas útiles para la agricultura y ganadería. En la parte alta, de la comunidad Santa Rosa la intervención negativa está ocurriendo al pastar el ganado sin control, sobreexplotando el recurso pasto natural, con lo cual no se le permite la regeneración.

Considerando que está en proceso de preparación la explotación de una mina en la parte alta del sureste de la microcuenca, la cual podría modificar la dinámica económica de la zona, en la medida que continúe captando a la población joven como mano de obra para la minería, acentuándose la escasez de este recurso para la agricultura. Los terrenos no cultivados podrían incrementarse en número. La crisis de la agricultura en la microcuenca, es un escenario probable, pero podría ser mitigado por inversiones realizadas por particulares comprando terrenos de cultivo y poniéndolos a trabajar para proveer de alimento a la población minera.

### **9.3.2 Escenario optimista**

Los procesos geodinámicos y los daños descritos en el presente estudio y en el escenario que antecede podrían mitigarse si se adoptan medidas de reducción de riesgos considerando los cambios en el clima, que se están produciendo. Esto supone una intervención decidida de la población local, realizando cambios en la forma de utilizar el suelo y el agua fundamentalmente, mediante un reordenamiento de actividades agrícolas, pecuarias y mineras, aunado a un estricto control del recurso agua mediante una organización administradora fuerte y cambiar la forma de riego adoptando técnicas ahorrativas y conservadoras del agua. Esto, obviamente, pasa por un proceso de concientización y fortalecimiento de la organización, así como intensiva capacitación con acciones demostrativas.

Para lograr este escenario es imprescindible la adopción de medidas de adaptación al cambio climático en la microcuenca, esto supone la definición de políticas y medidas por la autoridad regional y local, la concertación de actores claves: la población local en torno a sus organizaciones campesinas, el municipio de Juan Espinoza Medrano, la empresa minera, y las entidades de desarrollo, gubernamentales y no gubernamentales, con un fuerte apoyo del Municipio provincial y del Gobierno Regional de Apurímac. La concertación tendría que ser para formular e implementar el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo Concertado sostenible, instrumentos de gestión que tienen que considerar un enfoque de prevención y reducción de riesgos, considerando variables de cambio climático.

### **9.3.3 Escenario posible**

Los daños descritos en el estudio podrían reducirse parcialmente en la medida que haya inversión en el acondicionamiento del territorio para devolverle la estabilidad a las laderas y a los taludes, mediante la recuperación de la cobertura vegetal y obras que mejoren la seguridad física de las infraestructuras más vulnerables. Sin embargo lo más probable es que se continúe realizando inversiones en obras físicas que permitan resolver problemas de corto plazo, descuidando el mediano y largo plazo, esto debido a limitaciones presupuestales, pero también a una visión de desarrollo sostenible.

La tendencia al deterioro de las infraestructuras por acción de eventos geodinámicos continuará y solamente se atenderá puntualmente según se produzcan estos eventos.

En este escenario, los programas de concientización y de implementación de medidas para reducir riesgos a mediano plazo, implementados por intervenciones externas tendrán un impacto limitado si es que no se enmarcan en planes de ordenamiento del territorio y planes concertados de desarrollo sostenible con una fuerte participación del municipio local y de la población.

### **9.3.4 Escenario de riesgo ante eventuales sismos**

La alta sismicidad que tiene la microcuenca Mollebamba se origina en una falla geológica activa que la atraviesa y en el sistema de fallas regionales del cual forma parte ésta.

En el pasado varios sismos de variada intensidad se han producido en la microcuenca y distritos vecinos de la provincia de Antabamba, produciendo daños importantes en viviendas e infraestructuras de uso comunitario, siendo el último de ellos el terremoto del 9 de agosto del año 2001 (sismo de 5 grados en la escala de Richter con epicentro a 31 kilómetros al suroeste de Antabamba).

Actualmente las viviendas son altamente vulnerables, porque son de adobe sin refuerzos sismorresistentes, las cuales ya han sufrido sacudimientos y están debilitadas por sismos anteriores (actualmente presentan agrietamientos), además, en un territorio de inclinadas pendientes con alta actividad geodinámica, las carreteras y canales de regadío están expuestos a la caída de rocas y tierra, siendo la carretera Mollebamba-Antabamba la que tiene numerosos puntos de deslizamientos, así también la carretera Mollebamba-Trapiche Mina Buenaventura.

En caso de un terremoto similar o mayor al que ocurrió en el año 2001, se producirá un colapso de decenas de viviendas en los pueblos de la microcuenca, siendo el de mayor riesgo Calcauso. Además, debido al incesante movimiento de fallas, continuará deteriorándose la infraestructura de canales de riego en Calcauso.

Este escenario es el más probable, dado que se estima muy improbable, la renovación de viviendas en la microcuenca con fines de otorgarles mayor sismoresistencia, igualmente sucedería con los canales, si es que no hay una inversión importante que permita rediseñar los canales con tecnologías que reduzcan el daño por acción de cambios en el suelo originados en las fallas geológicas existentes.

## **9.4 Análisis y discusión de resultados**

Los resultados finales muestran las relaciones con las hipótesis del estudio:

### **9.4.1 Análisis y discusión de resultados en relación a las hipótesis específicas**

Los resultados representan la integración de información espacial, que se enmarca en dos grandes grupos “el peligro” expresado en elementos físicos de la microcuenca, que modelan el comportamiento dinámico, y el otro grande grupo es “la vulnerabilidad” que se expresa en las características propias inherentes a los elementos que están expuestos a posibles eventos potencialmente peligrosos.

a) La actividad geodinámica natural en la microcuenca de Mollebamba, está regida por su constitución geológica, su geomorfología y la cobertura vegetal, sobre la cual actúan elementos meteorológicos.

Esta afirmación, se sustenta en el diagnóstico físico de la microcuenca que contiene la descripción y el análisis de la constitución geológica, geomorfológica, morfométrica, aplicada a la ocurrencia de procesos de remoción en masa, es así que desde la geología se identificaron formaciones mas relevantes por su litología a generar material sujeto a remoción por agentes de transporte, y la geomorfología que contiene el origen dinámico y la forma de la microcuenca.

b) En la microcuenca Mollebamba la población local percibe que hay variaciones del clima como la sensación de mayor calor actualmente, así como alteraciones en el comportamiento de las precipitaciones. Estas percepciones tendrían que ser verificadas mediante el registro continuo a través de equipos que se instalen en la microcuenca. Actualmente no existen registros meteorológicos e hidrológicos.

c) Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se intensifican e incrementan su potencial de peligro en épocas húmedas, por efecto de precipitaciones que aceleran la erosión y facilitan la formación de huaycos, deslizamientos y caudales.

La estimación del potencial de peligro es posible cuando hay información base, como por ejemplo el régimen de precipitaciones, registradas en periodos cortos, por ejemplo a escala diaria.

En el caso de esta investigación no se pudo estimar con precisión el nivel de peligro y cómo se incrementa con las lluvias, ya que no hay registros de precipitaciones, solamente se ha obtenido información subjetiva, sustentada en las vivencias y conocimientos de la población de la microcuenca, que se refiere a la forma cómo percibe, la sensación sobre el clima, información que se obtuvo a través de talleres participativos donde expresaron que las precipitaciones se dan intensas y concentradas y que se generan procesos de remoción en masa, como por ejemplo derrumbes, deslizamientos y huaycos, que han afectado las vías y los canales de riego. La existencia de los mencionados eventos geodinámicos fue corroborada a través de inspecciones de campo, pero no fue posible validar las aseveraciones populares sobre cambios en la lluvia y en la temperatura ambiental. Sin embargo, no hay que perder de vista que la gente indicó que el problema que más les preocupa es la ausencia de lluvias, debido al impacto sobre sus cultivos, actividad principal en la zona. Esto denotaría que la sequía (ausencia de lluvias) tiene un efecto dañino mayor y definitivo sobre cultivos que las precipitaciones intensas y concentradas en periodos cortos de tiempo. Interpretamos que no hay conciencia sobre el daño que a la larga se produce por la pérdida de suelo debido a erosión pluvial y se consideraría que los daños en carreteras y canales de riego por efecto de deslizamientos, caída de rocas, etc., son relativamente menores y superables mediante el trabajo de rehabilitación, comparados con la ausencia total de lluvias.

d) Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se han intensificado debido a intervenciones humanas en el territorio, como se ha indicado líneas antes.

e) En la microcuenca de Mollebamba en el pasado han ocurrido eventos de geodinámica externa que han producido daños a centros poblados, infraestructura vial y productiva, los cuales actualmente constituyen peligros para las comunidades.

La realidad de la microcuenca Mollebamba muestra la existencia de condiciones de vulnerabilidad. El análisis de la vulnerabilidad física, así como el conocimiento de eventos pasados que dejan huellas de daños, confirmamos la hipótesis de que efectivamente existen elementos altamente vulnerables, como lo son las comunidades de Vito y Silco en mayor grado y Mollebamba y Calcauso en segundo grado, así como la red de canales y vías en distintos puntos de su recorrido.

Todas las hipótesis plantean en resumen que las dinámicas del territorio que generan procesos de remoción en masa depende de las condiciones propias del territorio, así como agentes externos tanto hidroclimáticos como antrópicos, que afectan a elementos vulnerables expuestos, a su vez los resultados demuestran que en caso de la microcuenca Mollebamba estos procesos son muy activos debido a sus características físicas, así mismo se demuestra que el componente antrópico es relevante a la hora de determinar la activación eventos geodinámicos y que estos eventos generan afectación a los centros poblados y a las vías y canales en distintos puntos.

## 10) CONCLUSIONES

La Microcuenca Mollebamba está ubicada en la provincia Antabamba, región Apurímac, es físicamente muy variada, en sus características geológicas y geomorfológicas. En ella se están produciendo procesos geológicos externos que adoptan la forma de eventos de remoción en masa, los cuales se intensifican por efecto de lluvias intensas y actividades antrópicas que en varias ocasiones han producido daños y periódicamente afectan a la infraestructura física en el territorio, así como algunos centros poblados.

Los procesos geológicos y geomorfológicos, así como la alta pendiente del territorio, que caracterizan a la microcuenca Mollebamba, determinan su geodinámica natural, con importantes procesos de remoción en masa como: deslizamientos, desprendimientos y caída de rocas y materiales, huaycos, socavamiento de cauces en quebradas y ríos, fallas geológicas locales que producen agrietamientos y favorecen la infiltración del agua. (Esto está ampliando desarrollado en el capítulo 8)

*Hipótesis: Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se han intensificado debido a intervenciones humanas en el territorio, que se producen en forma continua, siendo los principales, el cambio de uso del suelo (incorporación de nuevas áreas agrícolas, abandono de áreas agrícolas), la deforestación, asentamientos humanos, instalación de infraestructura física (vial y de riego principalmente), la forma de regadío que favorecen la erosión del suelo, etc.*

En efecto, los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se han intensificado en las últimas décadas, debido a intervenciones humanas en el territorio que han tenido efectos negativos. Se han identificado las siguientes intervenciones:

- **Corte transversal de laderas deleznable y de alta pendiente para la construcción de canales de riego y de carreteras.** El mayor número de canales de riego están en la cuenca media, donde el territorio es más quebrado, con altas pendientes y donde el tipo de suelo facilitan la generación de procesos de remoción en masa.
- **Cambio de usos del suelo:** al tener ganado criollo (vacunos principalmente) que pastorean en las laderas de laymes, que incide sobre el deterioro de laderas y terrazas y contribuye a la reducción de cobertura vegetal.
- **Cambio de uso del suelo:** al incrementarse el número de terrenos de cultivo sin cultivar, por migración de sus poseedores y/o reducción de la práctica del ayni (trabajo comunal de apoyo recíproco para habilitación de tierras con fines de siembra). Esta falta de uso de laderas y terrazas está contribuyendo al deterioro de éstas.
- **Modalidad de riego por inundación de laderas.** Esta es una práctica generalizada en la microcuenca que es factor de intensa erosión de suelos, se da en mayor medida en la parte media y baja de la cuenca.
- **Actividades extractivas y movimiento de tierras.** Se produce explotación de canteras para obtener materiales de construcción o de relleno para usarlos en vías,

en varios puntos de la cuenca, aledaños a carreteras, socavando las laderas y taludes, intensificando la caída de rocas y los deslizamientos.

- **Construcción de carretera Trapiche Mina Buenaventura**, debido a su trazo y las características geológicas del terreno por donde discurre, ha generado taludes inestables, sin tratamiento, y una gran actividad geodinámica (como derrumbes, deslizamientos, taludes de escombros, etc.), siendo actualmente la intervención humana de más alta incidencia en la microcuenca.

*Hipótesis: Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se intensifican e incrementan su potencial de peligro en épocas húmedas, por efecto de precipitaciones que aceleran la erosión y facilitan la formación de huaycos, deslizamientos y caudales.*

Los procesos geológicos naturales en la microcuenca Mollebamba se intensifican e incrementan su potencial de peligro con precipitaciones, entonces se acelera la erosión y se generan eventos de remoción en masa como deslizamientos, huaycos, desprendimientos y caída de roca, los caudales socavan los taludes de los cauces precipitándose las orillas de las terrazas ribereñas. El conjunto de estos eventos producen la pérdida definitiva de la capa superficial de suelo y depósitos de suelos fértiles.

Este estudio recogió información sobre los eventos climáticos que ocurrieron en el pasado en la microcuenca, directamente de la población local, mediante la modalidad de talleres<sup>17</sup>.

La población indica que hay más escasez de precipitaciones en los últimos años que empieza a ser preocupante, aunque los datos del SENAMHI no permiten hacer la misma lectura, sino más bien una situación estable. La población hace referencia a que en los últimos años los episodios de lluvias presentan dos variaciones importantes: a) se inician con retraso cronológico en relación a como era en décadas anteriores y b) se producen precipitaciones intensas (tipo “chaparrón”) durante unas pocas horas y luego siguen varios días sin llover. El análisis realizado afirma que este tipo de precipitaciones golpean fuertemente el suelo, no permiten la infiltración sino más bien la rápida formación de escorrentías superficiales por las laderas causando fuerte lavado y arrastre de suelo hacia las partes bajas, favorecidas por la elevada pendiente. Se facilita también el desprendimiento de rocas y materiales gruesos de laderas y taludes, los cuales caen sobre canales de riego y carreteras, en los primeros producen bloqueos por caída de rocas y material suelto, desborde, colapso por corte del talud de soporte y daños en terrenos de cultivo. En las carreteras se produce también bloqueos por caída de materiales, cortes y colapso de plataforma.

La población de la microcuenca expresa a través de talleres, que la sequía (ausencia de lluvias) es, junto con las heladas, porque tienen un efecto dañino mayor y definitivo sobre sus cultivos. En cambio, las lluvias intensas y los eventos encadenados, como son los eventos de geodinámica externa son no serían tan dañinos. Esto significaría que la gente prioriza los daños directos inmediatos sobre sus medios de vida y no es consciente sobre los daños que a la larga se producen con la pérdida de suelo debido a erosión pluvial y los daños en carreteras y canales de riego por efecto de deslizamientos, caída de rocas, etc., los cuales son relativamente menores y superables mediante el trabajo de rehabilitación, comparados con la ausencia total de lluvias.

<sup>17</sup> No hay registros de precipitaciones en la zona. La información sobre precipitaciones emitida por el SENAMHI no es útil para los fines de correr modelos hidrológicos y de eventos de remoción en masa por la metodología mediante la cual fue producida.

La población local de la microcuenca Mollebamba no hace referencia a manifestaciones del Cambio Climático como un proceso sostenido, en términos de modificaciones en el régimen de precipitaciones e incremento gradual de temperatura, debido a que no conceptualiza esta variable y no tiene sistematizado el proceso de cambios.

### **En relación a las condiciones físicas de la microcuenca:**

- La microcuenca de Mollebamba da forma a un valle joven que está en crecimiento, producto de la interacción de grandes formaciones geológicas regionales y de los procesos de formación de los andes sur orientales.
- La roca que controla las principales elevaciones de la micro cuenca es una roca dura, caliza, diorita, micro diorita, no fracturada.
- Las características topográficas y físicas de la microcuenca favorecen el transporte y depósito de materiales y en caso las variables climáticas se agudicen es inminente que las condiciones de inestabilidad de la microcuenca Mollebamba se verían en aumento en gran medida.
- Se identificaron 137 puntos de procesos de remoción en masa, los cuales se muestran en el Anexo 3
- Los eventos más recurrentes son los deslizamientos superficiales, seguidos de la caída de rocas.
- Las actividades antrópicas, inciden principalmente en la pérdida de la cobertura vegetal, con lo cual favorecen el incremento de la erosión y exacerban el potencial de los procesos de remoción en masa. Las actividades de mayor incidencia son: riego por inundación en laderas, extracción de materiales de taludes de las vías, movimiento de tierras y formación de taludes de escombros sin estabilizar, cultivos en laderas de alta pendiente, deforestación, pastoreo extensivo que depreda los pastos naturales, quemas de praderas, canales de riego deteriorados sin mantenimiento produciendo infiltraciones y deslizamientos, etc.,. Además se ha identificado que el trazo de carreteras y canales de regadío y la ejecución de las obras, se hicieron sobre laderas deleznable y zonas de deslizamientos, sin considerar las necesarias obras de protección de taludes y control de laderas, por lo cual están incidiendo en acelerar procesos de remoción en masa.
- En la microcuenca existe la falla geológica Mollebamba, tiene un rumbo promedio entre N65° 70°W, con un grado muy alto de buzamiento llegando a ser casi vertical, las fallas locales que afectan a la zona de estudio afectan a las rocas del Jurásico y del Cretáceo.
- El centro poblado Mollebamba se ubica debajo de laderas con pendientes altas donde se evidencia rastros de antiguos flujos que en caso de lluvias excesivas, podrían activarse. En el sector de la quebrada de Parcucho existe un sistema de canales deficientes que permiten que el agua filtre y como consecuencia colapse la estructura afectando al talud.

- La comunidad de Calcauso es la más afectada por actividad geológica interna que deforma el territorio, debido a que está sobre una falla geológica local que además genera sismos, producto de lo cual sus viviendas y la infraestructura de riego está altamente deteriorada, siendo de alta vulnerabilidad ante sismos y lluvias en el futuro. En esta comunidad, actualmente los canales están agrietados y en mal estado de conservación, lo cual indica que han sido removidos en su base por movimientos sísmicos y por escorrentías superficiales que deforman la plataforma sobre la cual están asentados. Calcauso tiene terrenos de cultivo que están sobre el terraplén de la ribera margen izquierda del río Mollebamba, en cuyo borde se

produce intensa erosión y caída del talud, pero no existen defensas ribereñas o infraestructura de soporte que impidan o limiten la erosión o desgaste de los suelos agrícolas que genera el río Mollebamba ocasionando la pérdida de áreas de cultivo.

- La comunidad Silco, debido a las características físicas de su territorio es propenso a la formación de huaycos por la quebrada del mismo nombre, en función del nivel de las precipitaciones. Las inspecciones geológicas permitieron identificar un área de deposición de materiales aportados por una quebrada tributaria denominada Ccomocasi, lo cual en el pasado ha producido represamientos y posteriores desembalses que tienen como única salida el curso de la quebrada Silco aguas abajo, poniendo en riesgo gran parte del sistema de riego en la comunidad Silco, así como la red de transmisión eléctrica, pudiendo incluso afectar al centro poblado mismo y a otras áreas alrededor del centro poblado. Este es un escenario extraordinario, sin embargo en temporada de lluvia la quebrada Silco traerá agua y lodo en diverso volumen pudiendo causar daño a viviendas e infraestructuras instaladas como son los pontones, colegio, etc.
- Por la comunidad de Silco pasa una falla local que es parte de la falla Mollebamba, presenta problemas de caída de bloques de rocas en la carretera de acceso y tiene reservorios en áreas inestables,
- La comunidad de Vito presenta problemas de geodinámica externa en la carretera de acceso por la presencia de deslizamientos y en el pueblo Vito existe un deslizamiento activo de origen antrópico con una pendiente de 65% - 70% lo cual en tiempo de lluvias es muy peligroso para la población. El centro poblado Vito, está expuesto a dos deslizamientos y caída de rocas que lo afectan directamente pero también con consecuencias graves para la agricultura, al afectarse directamente los canales de riego.
- En la comunidad Santa Rosa, los procesos de remoción en masa están vinculados a la pérdida de áreas de pastoreo, debido a que el territorio está en proceso acelerado de erosión como producto de material coluvial disperso, que se asienta sobre pastos afectándolos directamente, alterando o minimizando las áreas de pastoreo de los animales.
- Dada la gran actividad geodinámica externa en la microcuenca y la actividad geológica interna (movimientos de fallas), la infraestructura vial y de riego están en alto riesgo de sufrir daños en diversos puntos (ya identificados por el estudio).
- Actualmente la infraestructura de riego en la microcuenca tiene deterioro y diversos grados de vulnerabilidad, como ha sido ya descrito en capítulos anteriores. Uno de los canales más inestables es el de Acoycho, la gran cantidad de problemas se originan en un inadecuado diseño del trazo pues pasa por zonas geológicamente

inestables, cruza una falla geológica regional activa, que genera una ampliación del valle, que a su vez produce el cizallamiento de las rocas fracturándolas.

- Del conjunto de las vías de comunicación, la vía mas importante para las comunidades de la microcuenca es la que se dirige a Challhuanca, la cual presenta gran cantidad de problemas, ya que discurre sobre zonas inestables afectadas por fallas geológicas activas, y con características litológicas que contribuyen a este proceso, a lo cual se suma el factor antrópico que exacerba aun mas la posibilidad de afectación.
- La carretera hacia la mina Trapiche presenta problemas de deslizamientos e inestabilidad que se agravarán con las lluvias, esta obra es la que más aporta material suelto susceptible de ser arrastrado hacia los cursos bajos. En su construcción no se ha considerado la necesaria estabilización de taludes formados por los cortes de laderas y la vía no tiene mantenimiento adecuado.
- En lo relativo a los centros poblados, se ha verificado que no son asentamientos recientes sino que tienen muchas décadas e incluso centurias, formados por decisión espontánea de la gente local, sin una planificación previa. Actualmente, ninguno tiene un plan o esquema urbano que les permita orientar la expansión futura hacia zonas seguras. Tampoco tienen un estudio de riesgo que les permita reordenarse con mayor seguridad física y renovar sus construcciones.
- La microcuenca Mollebamba es una zona sísmica por lo cual hay una vulnerabilidad alta en las viviendas de las cinco comunidades por estar construidas de adobe sin refuerzos especiales y poco mantenimiento. Los procesos constructivos de vivienda en su mayoría son deficientes, debido a que son producto de la autoconstrucción e inexistencia de asesoría profesional.

## 11) PROPUESTAS

### Estrategias y/o medidas de adaptación específicas

Considerando las conclusiones del estudio en las que claramente se muestra el alto nivel de susceptibilidad que tiene la microcuenca a la formación de eventos de geodinámica externa y que se aceleran por efecto de lluvias, pero donde también cumple un papel importante la forma cómo se usa y maneja el suelo y el agua por parte de los actores locales, se formula ahora un conjunto de medidas que están directamente orientadas a reducir la incidencia de las intervenciones humanas en la generación y/o exacerbación de los eventos de geodinámica y a superar las condiciones de vulnerabilidad que actualmente existen en la microcuenca en las infraestructuras productivas y en las viviendas, que afectan directamente los medios de vida.

#### 11.1 A corto plazo

1. Introducir técnicas de riego que eviten o reduzcan el nivel de erosión de laderas. Esta medida es aplicable con relativa facilidad mediante el financiamiento municipal al establecimiento de redes en comunidades a manera de piloto demostrativo.
2. Ajustar la reglamentación sobre el uso del agua, por parte de las organizaciones encargadas de la administración, para ser más exigentes en el control del recurso, en función de la real necesidad de los usuarios. Esto reducirá el nivel de incidencia del agua sobre laderas y zonas de deslizamientos.
3. Capacitar e implementar cambios en la forma de cultivar en laderas, reduciendo el nivel de la pendiente mediante terrazas, para sembríos de papa en laymes

principalmente. Esto reducirá el nivel de escurrimiento superficial y la erosión que genera pérdida de suelo fértil.

4. Evaluar el riesgo específico de cada uno de los canales, formulación de proyectos de reforzamiento y de seguridad física en los que se utilicen tecnologías que reduzcan la posibilidad de daños por movimientos del terreno, debido a la existencia de fallas geológicas.
5. Instalaciones meteorológicas en la microcuenca y estaciones hidrológicas, que permitan tener a largo plazo, la información necesaria para monitorear la evolución del clima, como parte de un sistema más amplio de redes en la región Apurímac.

## 11.2 A mediano plazo

1. Realizar estudio de Zonificación Ecológica Económica, sobre la base de estudios de riesgo geológico en la microcuenca.
2. Formular el Plan de Ordenamiento Territorial de la Cuenca Mollebamba, como instrumento de gestión que permitirá a largo plazo, reducir los riesgos de que se produzcan desastres por efecto de eventos geodinámicos asociados con precipitaciones. El Plan permitirá definir la vocación de los suelos lo cual a la larga redundará en mejorar la productividad y reducir la exacerbación de eventos de geodinámica externa por mal uso de suelos.
3. Zonificar áreas aptas para el pastoreo de ganado mayor, considerando el nivel de pendiente de las laderas, la escasa cobertura vegetal y la existencia de andenerías que pueden destruirse.
4. Reordenar parcelas para el pastoreo de camélidos sudamericanos y la introducción de canchas rotatorias de pastoreo, para reducir la incidencia que tiene pastar ganado en áreas degradadas, puesto que el denudamiento de las praderas y laderas favorece a la erosión hídrica y por efectos de vientos fuertes.
5. Formular proyectos de mejoramiento de la seguridad física de las vías y canales de riego en la microcuenca, los cuales tienen por objeto estabilizar laderas y proteger taludes en base a estudios específicos que identifiquen los tramos de mayor afectación.
6. Programa de renovación de viviendas en las comunidades de la microcuenca con fines de otorgarles mayor sismoresistencia.

## 11.3 A largo plazo

1. Diseñar nuevas vías carrozables y canales de riego considerando la estrecha relación que existe entre la infraestructura y el entorno en el cual se localiza esa infraestructura. Por tanto la formulación de nuevos proyectos de infraestructura vial o de riego necesariamente tienen que realizar el Análisis de Riesgo en base a las Pautas Metodológicas para proyectos de inversión pública que el SNIP-MEF tiene establecidas.
2. Realizar evaluaciones geotécnicas de aquellos eventos geodinámicos identificados como más importantes por su incidencia sobre infraestructura productiva.

## 12) AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las comunidades que conforman la microcuenca Mollebamba, partiendo de sus autoridades, por la acogida y las facilidades para el trabajo, y a la población en general ya que sus conocimientos y aportes han sido fundamentales para el presente estudio.

A todos los participantes e investigadores de los diferentes estudios por sus aportes generales en todo el proceso de integración de los estudios.

### 13) BIBLIOGRAFIA CITADA

1. Alcántara Ayala I, 2000, Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México, D.F.
2. Borja Baeza R, C. Alcántara Ayala I. 2004, Procesos de Remoción en Masa y Riesgos Asociados en Zacapoaxtla, Investigaciones Geográficas, UNAM, D.F México.
3. Castro Marin E, Moreno Espitia M, Vargas Cuervo G, 1998, Zonificación de amenazas por procesos de remoción en masa en las cuencas de los ríos Bolo y Fraile, valle del Cauca. Sociedad Colombiana de Geotecnia, Bogota, Colombia.
4. Centro de investigación de Geografía Aplicada - CIGA - PUCP, 2008, Línea de base Ambiental, Socio económica de la comunidad de Mollebamba, provincia Antabamba, región Apurímac. Lima, Perú.
5. Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES, 2008, Plan Local de Gestión de Riesgo de desastre en el Distrito Calca, , Cusco, Perú.
6. Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES. 2008, Estudio de Vulnerabilidad en la provincia Carabaya - Puno, Cusco, Perú.
7. Chang Chang L, Alba Hurtado J, 1991, Deslizamiento y Aluviones en el Perú, Lima, Perú.
8. Dávila Burga J, 1995, Diccionario Geológico, Lima, Peru.
9. Dirección General de Programación Multianual, MEF, 2007, Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo, Lima, Perú.
10. Vargas Cuervo G, 1995, Desarrollo de Métodos de Cartografía y Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa en los Andes Colombianos, tesis doctoral, Bogotá, Colombia.
11. Gonzáles de Vallejo, 2004, ingeniería geológica, Madrid, España.
12. Hernández Madrigal V. M, Garduño Monroy V. H, Irasema Alcántara A, 2007 Estudio geológico para entender los procesos de remoción en masa en la región de Zacapoaxtla, UNAM, Puebla, México.
13. INGEMMET, 1995, Serie a Carta Geológica Nacional Boletín N° 55, Lima Perú.
14. INGEMMET, 1981, Boletín N° 35 geología de los cuadrángulos de Challhuanca, Antabamba Y Santo Tomas, Lima Perú.

15. Kokot, R. 2004, Erosión en la costa patagónica por cambio climático, CONICET – Departamento de Ciencias Geológicas, FCE y N, UBA. Buenos Aires, Argentina.
16. Meléndez de la Cruz J F, Alva Huayaney M, 2004, Aplicación de la geomática en el análisis geomorfológico de la subcuenca de la quebrada Cojup (Huaraz, Ancash), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
17. Municipalidad distrital de Mollebamba, 2007, plan de desarrollo local concertado, Apurimac, Perú.
18. ONER, 1980, Mapa Ecológico del Perú, Lima - Perú
19. Palacios D, De marcos J, 1996, La elaboración de la cartografía de riesgos geomorfológicos y su aplicación en áreas de alta montaña, Madrid, España.
20. Pola-Villaseñor A, Garduño Monroy V. M, Díaz Salgado C, Hernández Madrigal V. M, 2006 Estudio geotécnico asociado a procesos de remoción en masa del parque Francisco Zarco (Ocolusen), Morelia (Michoacán, México), UNAM, México.
21. PRONAMACHCS Apurimac - Gerencia Departamental Apurimac, 2008, Inventario y Planeamiento De Los Recursos Hídricos Microcuenca Mollebamba, Apurimac, Perú.
22. Proyecto de Prevención de desastres de la Comunidad Andina de Naciones PREDECAN, 2006, Amenazas, Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento, Lima.
23. Proyecto de Prevención de desastres de la Comunidad Andina de Naciones PREDECAN, 2006, Conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, , Lima.
24. Proyecto de Prevención de desastres de la Comunidad Andina de Naciones PREDECAN, 2006, Representación de la amenaza vulnerabilidad y riesgo, Lima.
25. Romero G, Maskrey A, 1983 Cómo entender los Desastres 6-10 pp En: Maskrey A, (Compilador) 1993, Los Desastres No son Naturales, Red de Estudio Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
26. Ruiz Vásquez M, Gonzáles Huesca S. 2001, Geología Aplicada a la Ingeniería Civil, D.F. México
27. Suárez Díaz J, 1998 Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Bogota, Colombia.
28. Doffo. N y Gonzáles Bonorino. G,1998, Análisis Morfométrico de microcuencas Departamento de Geología, Universidad nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

## 14) GLOSARIO

Fuentes utilizadas para este Glosario: como INDECI – INGEMMET – EIRD – PREDECAN - DICC. Geológico de Davila Burga J.

### A

**Aglomerado:** Un compuesto de fragmentos rocosos gruesos provenientes de erupciones volcánicas sólo en parte consolidado; en sentido más amplio, un conjunto confuso de materiales piroclásticos gruesos o angulosos.

**Afaníticos:** Textura de las rocas constituidas por los minerales o partículas muy finas que solo pueden ser discriminados al microscopio, esta textura es característica de las rocas volcánicas.

**Afloramiento:** Todo tipo de roca, mineral (filones, vetas), agua etc., que se observa en la superficie terrestre, generalmente las rocas se hallan cubiertas por los materiales descompuestos y el trabajo de campo por la búsqueda de afloramientos.

**Antrópico (a):** Relacionado a la influencia humana o efecto como consecuencia de la actividad humana.

**Amenaza (sinónimo de Peligro):** Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente nocivo, dentro de un período específico de tiempo y en un área dada.

**Análisis del Riesgo:** Metodología para identificar y evaluar el tipo y nivel de daños y/o pérdidas probables que podría tener o podría producir una inversión, a partir de la identificación y evaluación de la vulnerabilidad de esta con respecto a los peligros a los que está expuesta.

**Aluvial:** Término usado para referirse a todo tipo proceso o material relacionado con los procesos fluviales.

**Aluvi3n:** Desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de sedimentos de variada granulometría y bloques de roca de grandes dimensiones. Se desplazan con gran velocidad a través de quebradas o valles en pendiente, debido a la ruptura de diques naturales y/o artificiales o desembalse súbito de lagunas, o intensas precipitaciones en las partes altas de valles y quebradas.

**Arcosa:** Roca sedimentaria (arenisca) compuesta de granos de arena, con predominio de cuarzo, generalmente provienen de las alteraciones de rocas graníticas.

**Avalancha:** Sinónimo de Alud. Término de origen francés

### C

**Cabalgamiento:** Término usado para referirse a un plegamiento fallado en el cual el bloque inferior o cabalgante se encuentra encima del bloque superior sobre yaciendo a rocas más modernas.

**Cárcava:** Zanja excavada en sedimentos no consolidados en las laderas por acción de las aguas de lluvias que escurren por la superficie.

**Cauce:** Lecho de río.

**Coluvial:** Material fragmentario transportado y acumulado por acción de la gravedad, generalmente se ubican en los taludes de los cerros, son heterogéneos tanto en la forma como en el tamaño, muchas veces es difícil separar los materiales coluviales de los aluviales como de los residuales porque siempre la acumulación es mezclada.

**Convección:** Proceso termodinámico de transferencia de calor en dirección vertical del suelo. La formación de las nubes cumuliformes en la sierra y la selva se deben principalmente a este proceso.

**Cuaternario:** La era geológica más reciente. Comienza tras el Terciario y comprende la era actual, Comenzó hace un millón de años.

**Cuenca Hidrográfica:** Es el espacio que recoge el agua de las precipitaciones pluviales y, de acuerdo a las características fisiográficas, geológicas y ecológicas del suelo, donde se almacena, distribuye y transforma el agua proporcionando a la sociedad humana el líquido vital para su supervivencia y los procesos productivos asociados con este recurso, así como también donde se dan excesos y déficit hídricos, que eventualmente devienen en desastres ocasionados por inundaciones y sequías.

## D

**Derrumbe:** Caída repentina de una porción de suelo, roca o material no consolidado, por la pérdida de resistencia al esfuerzo cortante y a la fuerza de la gravedad, sin presentar un plano de deslizamiento. El derrumbe suele estar condicionado a la presencia de discontinuidades o grietas en el suelo con ausencia de filtraciones acuíferas no freáticas. Generalmente ocurren en taludes de fuerte pendiente.

**Desastre:** Una interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad causando grandes pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico).

**Deslizamiento:** Ruptura y desplazamiento de pequeñas o grandes masas de suelos, rocas, rellenos artificiales o combinaciones de éstos, en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla, a lo largo del cual se produce el Movimiento que puede ser lento o violento, y por la presencia de filtraciones acuíferas no freáticas.

**Desprendimientos de Rocas:** Caída violenta de fragmentos rocosos individuales de diversos tamaños, en forma de caída libre, saltos, rebote y rodamientos por pérdida de la cohesión y resistencia a la fuerza de la gravedad. Ocurren en pendientes empinadas, de afloramientos rocosos muy fracturados y/o meteorizados, así como en taludes de suelos que contengan fragmentos o bloques de suelos.

**Detrítico:** Roca formada por fragmentos o detritus provenientes de la erosión de rocas pre existentes.

## E

**Erosión:** Proceso geológico relacionado con el desgaste y movilización de los materiales que forman el suelo.

**Erosión fluvial:** Desgaste que producen las fuerzas hidráulicas de un río en sus márgenes y en el fondo de su cauce con variados efectos colaterales.

**Erosión hídrica:** Desgaste que ejerce la fuerza del agua que cae sobre la superficie o se desplaza sobre éste en forma de escorrentías.

**Escenario de Riesgo:** Un análisis, presentado en forma escrita, cartográfica o diagramada, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas, y basado en métodos participativos, de las dimensiones del riesgo que afecta a territorios y grupos sociales determinados.

Significa una consideración pormenorizada de las amenazas y vulnerabilidades, y como metodología ofrece una base para la toma de decisiones sobre la intervención en reducción, previsión y control de riesgo.

**Exposición:** Alude a la localización de una unidad social en el área donde un peligro ocurre.

**Evaluación de la Amenaza: (Equivale a Evaluación de Peligro)** Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo dado y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables. Amenaza por fenómenos de remoción en masa: se refiere a los fenómenos de remoción en masa de suelo o roca como deslizamiento, reptación, flujos de material, caídas y volcamiento de material.

**Amenaza alta:** Zona donde existe una probabilidad mayor de que se presente un fenómeno de remoción en masa, debido a la fuertes dinámica espaciales que presenta por causas naturales o por intervención antrópica no intencional y con evidencia de procesos activos.

**Amenaza media:** Zona donde existe una probabilidad menor de que se presente un fenómeno de remoción en masa, debido a las características mas estables, del territorio, ya sea por causas naturales o por intervención antrópica no intencional, sin evidencia de procesos activos.

**Amenaza baja:** Zona donde existe probabilidad minima de ocurrencia por la inexistencia de eventos desencadenantes y por la buena estabilidad del territorio ante fenómeno de remoción en masa

## F

**Factores Detonantes o desencadenantes:** Son aquellos que provocan o disparan el evento. Según el carácter de la investigación se considera como factor desencadenante aquellos de origen climático, principalmente la precipitación que satura el suelo lo vuelve inestable y por el factor de la gravedad colapsa, pero otro factor de mucha importancia por las características propias de la microcuenca Mollebamba es el factor sísmico, ya que este seria un factor de inestabilidad para que posteriormente las precipitaciones actúen o al contrario las precipitaciones generan una saturación del suelo que generaría un escenario donde los efectos de un evento sísmico se intensificarían.

**Falla Geológica:** Grieta o fractura entre dos bloques de la corteza terrestre, a lo largo de la cual se produce desplazamiento relativo, vertical u horizontal. Los procesos tectónicos generan las fallas.

**Fallas Activas:** Son aquellas de la era cuaternaria. Entre las más importantes en el Perú podemos mencionar las fallas activas de Huaytapallana (Huancayo), Santa (Ancash), Tambomachay (Cusco) y otras, que están relacionadas con una actividad sísmica.

**Fenómeno Natural:** Todo lo que ocurre en la naturaleza, puede ser percibido por los sentidos y ser objeto del conocimiento. Además del fenómeno natural, existe el tecnológico

**Frecuencia:** Se define de acuerdo con el período de recurrencia de cada uno de los peligros identificados, lo cual se puede realizar sobre la base de información histórica o en estudios de prospectiva.

## G

**Geodinámico:** Proceso que ocasionan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa).

**Geología:** Ciencia que estudia la estructura y el desarrollo de la Tierra, especialmente la parte accesible de la corteza terrestre. Se ocupa de los hechos fundamentales de la historia de la Tierra y de establecer su secuencia temporal, lo que hace de ella una ciencia Histórica. La geología general o dinámica analiza los procesos endógenos (orogénesis, vulcanismo, temblores de tierra) y exógenos (meteorización, erosión, sedimentación) que transforman la corteza terrestre

**Geomorfología:** Es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre teniendo en cuenta su origen, naturaleza de rocas, el clima de la región y las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que de modo general entran como factores constructores del paisaje.

**Génesis:** Origen fuente principio, conjunto de causas y efectos que conducen a un resultado.

## H

**Helada:** Es un evento climático caracterizado por una baja de temperatura ambiental a niveles de cero o debajo de cero. La helada es generada por la invasión de masas de aire frío de origen antártico y, ocasionalmente, por un exceso de enfriamiento del suelo durante cielos claros y secos. Es un fenómeno que se presenta en la sierra peruana y con influencia en la selva, generalmente en la época de invierno.

**Huayco:** Un término de origen peruano, derivado de la palabra quechua "huayco" que significa quebrada, a lo que técnicamente en geología se denomina aluvión. El "huayco" o "lloclla" (el más correcto en el idioma quechua), es un tipo de aluvión de magnitudes ligeras a moderadas, que se registra con frecuencia en las cuencas hidrográficas del país, generalmente durante el periodo de lluvias.

## I

**Intemperismo:** Sinónimo de meteorización.

**Inundaciones:** Desbordes laterales de las aguas de los ríos, lagos y mares, cubriendo temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones, marejadas y maremotos (tsunami). Las inundaciones también se producen por ruptura de diques en río o represamiento de agua.

## M

**Medidas de reducción de riesgo:** Medidas de tipo estructural y no estructural que se incluyen en planes, proyectos o actividades, tendientes a reducir riesgos actuales y futuros afectando principalmente los factores generadores de la vulnerabilidad y las intervenciones humanas que incrementan el potencial de peligro.

**Medidas estructurales** Se refiere a las medidas de ingeniería y de construcción tales como protección de estructuras e infraestructuras para reducir situaciones de riesgo (EIRD, 2004).

**Medidas no estructurales** Se refieren a políticas, proceso de concientización, desarrollo del conocimiento, compromiso público, y métodos o prácticas operativas, incluyendo mecanismos participativos y suministro de información, que puedan reducir el riesgo y consecuente impacto negativo (EIRD, 2004).

También, se refiere a la identificación de áreas propensas a peligros y limitación de su uso, como por ejemplo la zonificación, selección de lugares para construcción, incentivos tributario, entre otros.

**Mitigación:** Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientadas a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos

**Morrena:** El material rocoso transportado (morrena movediza) y depositado (morrea depositada) por un glaciar. Este material, procedente de desprendimientos, meteorización, erosión glaciar, etc. va a parar sobre el glaciar (morrena de superficie) o dentro de él (morrena interna) y es transportado por éste, proceso en el cual es objeto de una erosión intensa. Según la edad de las morrenas, se distinguen morrenas jóvenes, depositadas durante la glaciación Wurm, cuyos perfiles son aún claros y cuyo material está aún poco meteorizado y cementado, y las morrenas viejas, cuya deposición tuvo lugar en glaciaciones anteriores, y cuyas formas, atacadas por la meteorización, están ya muy desvaídas. El espesor de las morrenas varía enormemente.

**Meteorización:** Conjunto de factores externos que intervienen sobre una roca produciendo alteraciones mecánicas y químicas.

## P

**Peligro: (sinónimo de Amenaza)** La probabilidad de que un fenómeno físico se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo definido (frecuencia).

**Proceso de Remoción en Masa:** Se denomina así a los fenómenos geológicos que en su mecanismo involucran la movilización de grandes volúmenes de materiales rocosos hacia niveles inferiores, bajo la acción directa de la gravitación terrestre. La presencia del agua en pequeñas cantidades, sin ser el agente principal, influye en el desarrollo de estos

fenómenos con más frecuencia en los terrenos escarpados de las vertientes de los ríos, lagos, acantilados, y áreas geológicamente jóvenes donde los procesos de erosión de taludes y el tectonismo son activos y la sismicidad es alta.

Los fenómenos de remoción en masa ocurren como movimientos. Gravitacionales de variado carácter y magnitud. Los más conocidos son: los deslizamientos, la reptación de suelos y rocas, los derrumbamientos y los hundimientos, en el caso de la microcuenca Mollebamba los más característicos son los deslizamientos, caída de rocas y los eventos de flujo hídrico (Huaycos o Llocllas).

## R

**Reptación de Suelos:** Es el movimiento lento del suelo y/o de detritos rocosos cuesta abajo, por lo general ni perceptible (salvo mediante reiteradas observaciones), que afecta la parte superficial de la ladera, la capa de suelo y en algunos casos la parte superior de la roca alterada.

Su ocurrencia está influida por la presencia de lluvias o de la fusión de nieves que saturan los suelos en ambientes húmedos y sobre laderas con pendiente moderadas.

Por lo general los efectos de la reptación de suelos no son muy visibles, excepto sobre la vegetación y las estructuras construidas por el hombre. Se hacen evidentes por la presencia de árboles encorvados, postes de alumbrados y teléfonos inclinados, agrietamiento de paredes, rupturas de cercos, etc.

A diferencia de otros fenómenos de remoción en masa, estos se caracterizan por el movimiento desordenado, acompañado de fuertes ruidos. Un mecanismo particular lo constituye el desprendimiento de bloques rocosos

**Resiliencia:** Nivel de asimilación o la capacidad de recuperación que pueda tener la unidad social (persona, familia, comunidad) frente al impacto de un peligro-amenaza.

**Riesgo de Desastre:** Es la probabilidad de que se presente un nivel de consecuencias económicas y sociales adversas en un sitio particular y durante un tiempo definido que exceden niveles aceptables a tal grado que la sociedad o un componente de la sociedad afectada encuentre severamente interrumpido su funcionamiento rutinario y no pueda recuperarse de forma autónoma, requiriendo de ayuda y asistencia externa.

## S

**Sismo:** Un sismo o temblor es un movimiento vibratorio que se origina en el interior de la Tierra y se propaga por ella en todas direcciones en forma de ondas.

**Susceptibilidad del Territorio a PRM:** El grado de predisposición que tiene un sitio a que en él se genere una amenaza debido a sus condiciones intrínsecas que en este caso se considera como factores intrínsecos a la Geología, geomorfología, Pendiente, Uso Actual del Suelo, Topografía.

## T

**Talud:** Cualquier superficie inclinada, respecto a la horizontal, que adoptan permanentemente las estructuras de tierra, bien sea en forma natural o por intervención del hombre. Se clasifican en laderas (naturales), cortes (artificiales) y terraplenes.

**Torrente:** Corriente de agua rápida, impetuosa, que se desplaza a lo largo de un cauce.

**Torrentera:** Cauce o lecho de un torrente.

## V

**Vulnerabilidad:** Susceptibilidad de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

## ANEXO 1 CALCULO DE PARAMETROS FISIOGRAFICOS

### Parámetros de forma:

La forma de una cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada.

#### a.1 Área de la cuenca (A)

La superficie corresponde aquel espacio delimitado por la línea de cumbre la cual esta proyectada en un plano horizontal y su dimensión influye directamente en las características de escurrimientos fluviales y sobre la amplitud de las fluctuaciones

El área de la **microcuenca Mollebamba es 698.19 km<sup>2</sup>**

#### a.2 Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro de la microcuenca esta definido por la longitud de la línea de división de aguas. El perímetro de la **microcuenca Mollebamba es 151.81 Km.**

#### a.3 Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca.

$$K_c = \frac{\text{Per.Cuenca}}{\text{Per.Circulo}} = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

De modo que:

Siendo P y A los parámetros definidos más arriba (en Km. y Km<sup>2</sup> respectivamente). Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Para una cuenca perfectamente circular KC = 1, y cuanto más se aleje KC de 1 más alargada será la cuenca.

En nuestro KC = 1,62 Rango entre 1.5 y 1.75 corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga. Por tanto, los escurrimientos recorren cauces de forma alargada que discurren hacia cursos de agua mas alargados, lo que afirma cuantitativamente que la microcuenca es de forma alargada.

#### a.4 Factor de Forma de la cuenca

Es la relación porcentual del ancho medio de la microcuenca y la longitud del curso de agua mas largo o curso principal

$$F_f = \frac{Am}{L} \quad Am = \frac{S}{L}$$

S = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Am = Ancho medio de la cuenca (Km) = 10.7 Km

L = Longitud del río mas largo de la cuenca (Km)

$$F_f = \frac{S}{L} = \frac{S}{L^2} =$$

El Factor de forma de la **microcuenca Mollebamba es 0.16**

### Parámetros de Relieve

La influencia del relieve sobre el hidrograma es aún más evidente. A una mayor pendiente corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal.

#### a.5 Amplitud del relieve

Se define como la diferencia entre la altura máxima menos la altura mínima de la cuenca, que toma el valor de  $Amp = h_{max} - h_{min} = 5020 - 3000 = 2020 \text{ m}$

#### a.6 Altitud Media de la cuenca

Representa la altitud promedio de toda la microcuenca y se obtiene mediante el cálculo áreas parciales relacionándolas con las altitud medias entre cada área para luego dividirla con el área total **3992.5 m.s.n.m**

$$H_m = \frac{\sum (h_m \times a)}{S} =$$

Donde:

$H_m$  = Altura media entre dos curvas de nivel (m.s.n.m)

$a$  = Área entre dos curvas de nivel (m<sup>2</sup>)

$S$  = Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)

La altitud media de la **microcuenca Mollebamba es 3992.5 m.s.n.m**

#### a.7 Pendiente media de la microcuenca (%)

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales escurre con una velocidad que depende directamente de las declividad de estos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento.

La pendiente media del río es un parámetro empleado para determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos.

Se determina la pendiente media del cauce principal mediante la siguiente relación.

$$I = \frac{Dv * 100}{Dh}$$

Donde:

$I$  = Pendiente

$Dv$  = Distancia Vertical en metros 2020

$Dh$  = Distancia horizontal en metros 49.4

La pendiente media de la **microcuenca Mollebamba es 4.08 %**

**a.8 Coeficiente de masividad:** este coeficiente permite diferenciar cuencas de igual altura media pero de relieve distinto. Hemos de notar que este coeficiente puede dar valores iguales para cuencas distintas, por lo que no sería como tal válido para definir la erosión, en el caso de la microcuenca Mollebamba el coeficiente de masividad es 5.2 lo que indica alto grado de variación de altitudes.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Hm}{A} \quad \begin{matrix} Hm \text{ (m)} \\ A \text{ (Km}^2\text{)} \end{matrix}$$

**a.9 Coeficiente orográfico:** este índice combina los dos parámetros del relieve actuantes en los procesos erosivos: la altura media, sobre la energía potencial del agua; y la inclinación característica de las laderas de la cuenca, sobre la energía cinética del flujo de la escorrentía superficial.

$$C.O. = Hm \cdot \operatorname{tg}\alpha > 6 \text{ relieve accidentado}$$

En el caso de la microcuenca Mollebamba el coeficiente orográfico es muy elevado lo que indica un relieve muy accidentado.

### Parámetros relativos a las red hidrográfica

#### a.10 Longitud del microcuenca principal (L)

Considerando como la red hídrica más larga a la unión de los Ríos Yanahuarajo y Mollebamba, las partes altas de la cuenca, la longitud del cauce de la microcuenca de la **microcuenca Mollebamba es 65.21 Km.**

#### a.11 Amplitud de cota

Se define como la diferencia entre la altura máxima menos la altura mínima del cauce principal, que toma el valor de  $Acota = H_{max} - H_{min} = 4800 - 3000 = 1800 \text{ m}$

Nuestra cuenca tiene una densidad de drenaje baja, dando una textura grosera. En principio, y sin tener en cuenta otros factores del medio físico de la cuenca, al tener una densidad de drenaje baja, la respuesta de la cuenca frente a una tormenta será lenta, evacuando el agua en más tiempo que otra cuenca con densidad más alta.

#### a.12 Pendiente media Del río principal de la microcuenca (%)

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales escurre con una velocidad que depende directamente de la declividad de estos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento.

La pendiente media del río es un parámetro empleado para determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos.

Se determina la pendiente media del cauce principal mediante la siguiente relación.

$$I = \frac{Dv * 100}{Dh}$$

Donde:

I = Pendiente

Dv = Distancia Vertical en metros 2020

Dh = Distancia horizontal en metros 49.4

La pendiente media del río principal de la **microcuenca Mollebamba es 4.08 %**

## ANEXO 2 PERFILES TRASVERSALES DE LA MICROCUENCA

### Perfiles:

El perfil transversal de la microcuenca, que se selecciono es un punto medio de la microcuenca en la parte alta, y es representa la conformación general de la zona, en los puntos (A - A')

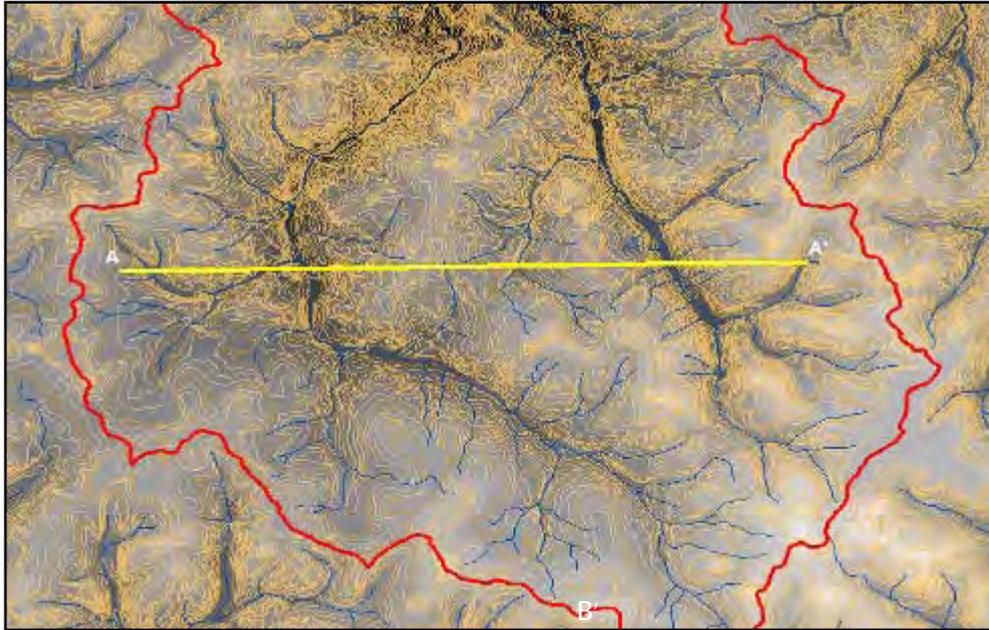


Figura 2.1

Modelo de elevación digital con los perfiles trazados en el sector alto de la microcuenca

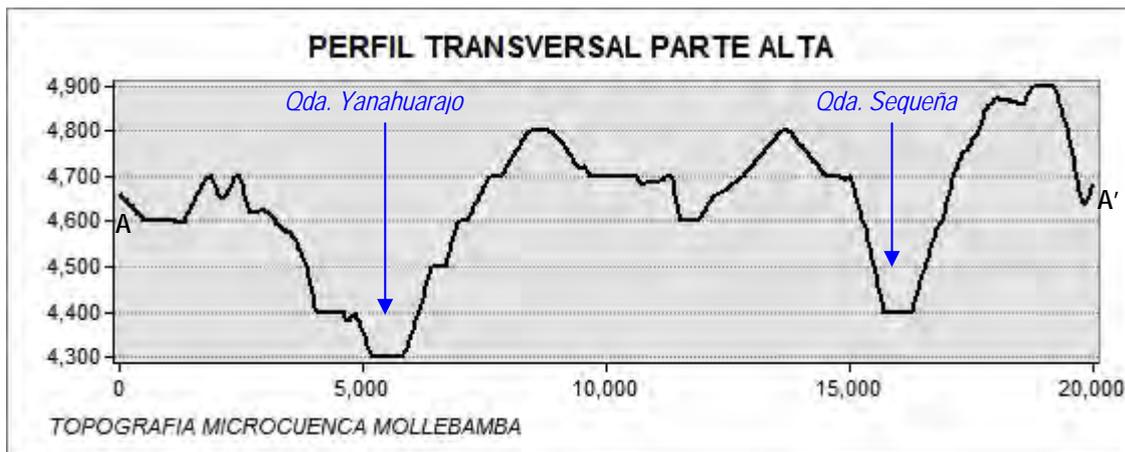


Figura 2.2

Perfil transversal en el sector alto

## Topografía de la parte media

### Perfiles:

El perfil transversal de la microcuenca, que se selecciono es un punto medio de la microcuenca en la parte media, y se representa la conformación general de la zona, en los puntos (C - C')

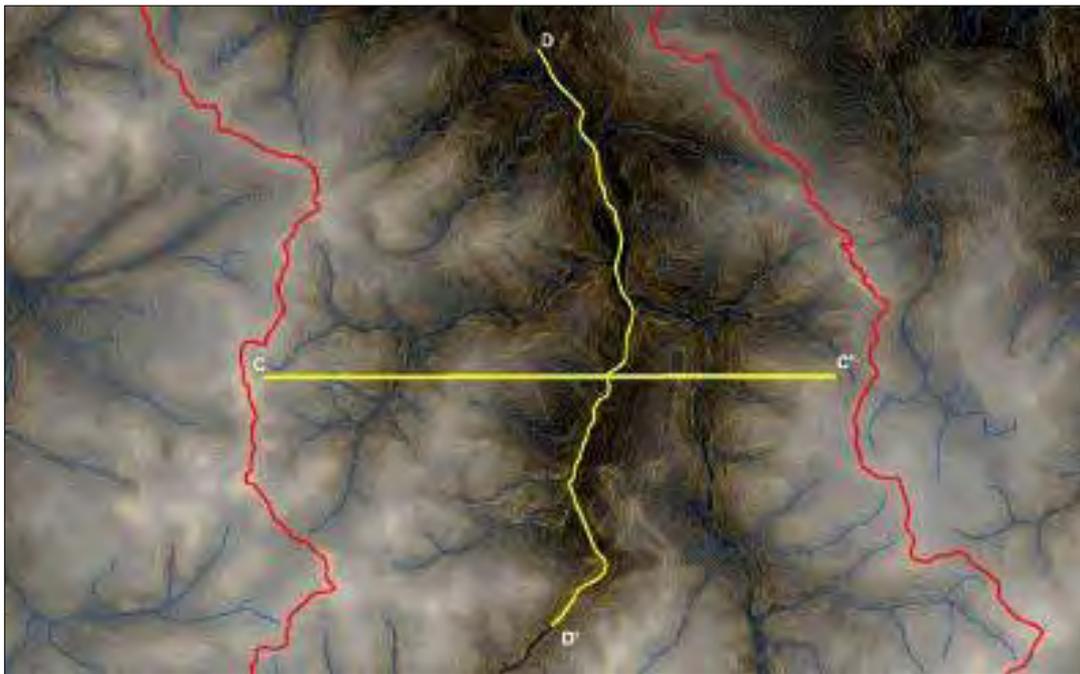


Figura 2.3  
Modelo de elevación digital con los perfiles trazados en el sector medio de la microcuenca

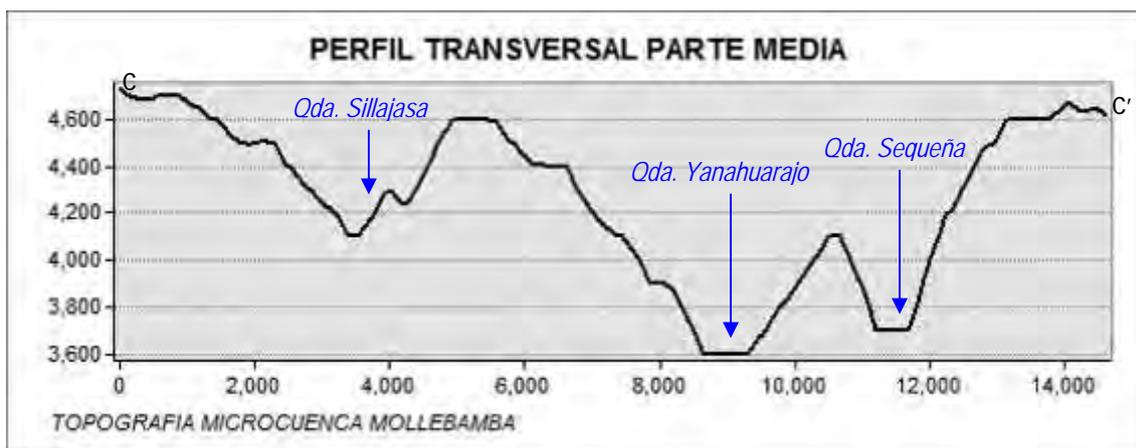


Figura 2.4  
Perfil transversal del sector medio

## Topografía de la parte baja

### Perfiles:

Puntos (E - E'), (F - F'), (G - G').

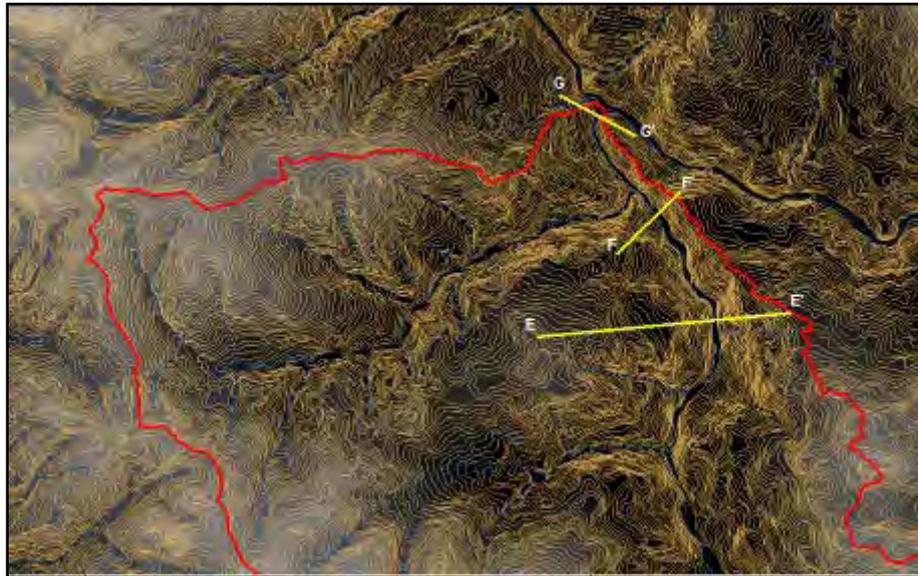


Figura 2.5

Modelo de elevación digital con los perfiles trazados en el sector bajo de la microcuenca

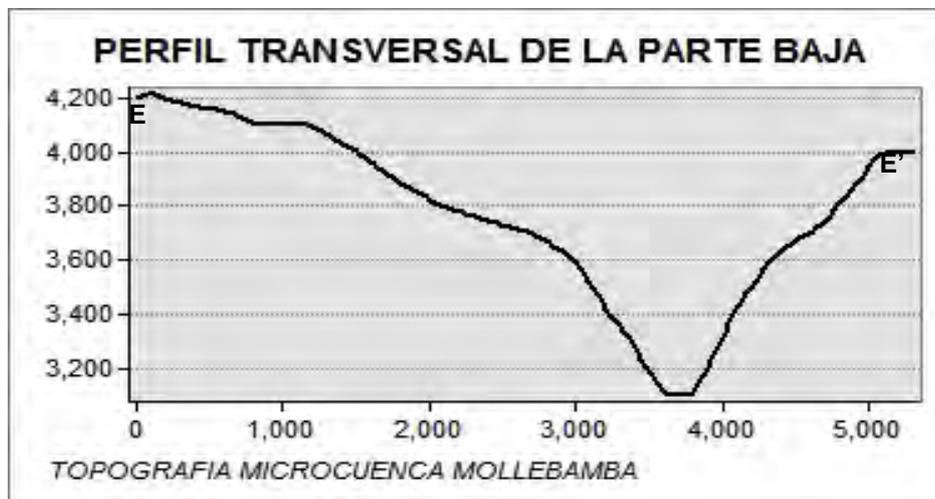


Figura 2.6

Primer Perfil transversal en el sector bajo

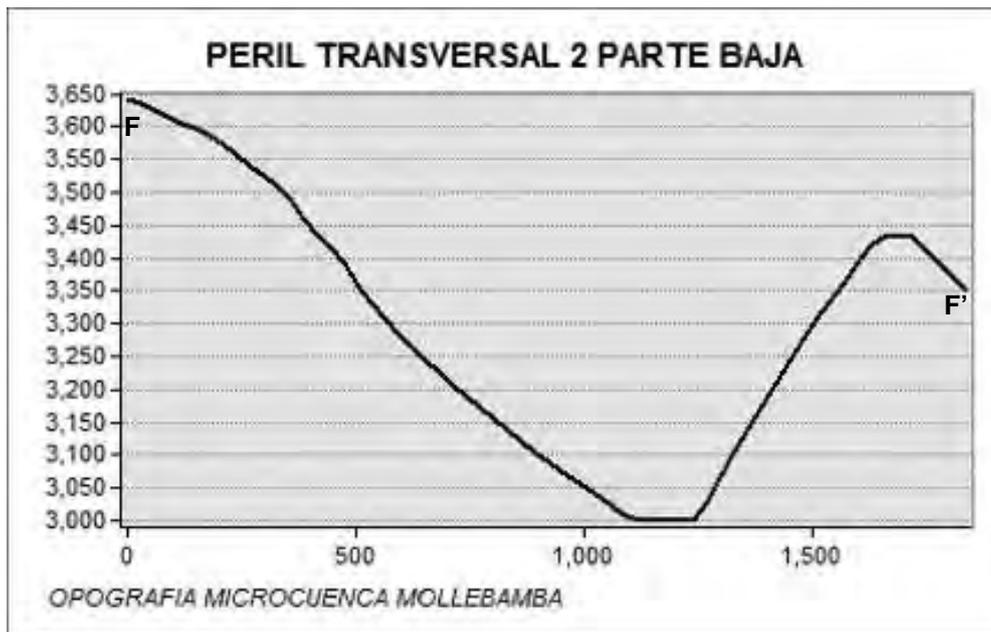


Figura 2.7  
Segundo Perfil transversal en el sector bajo

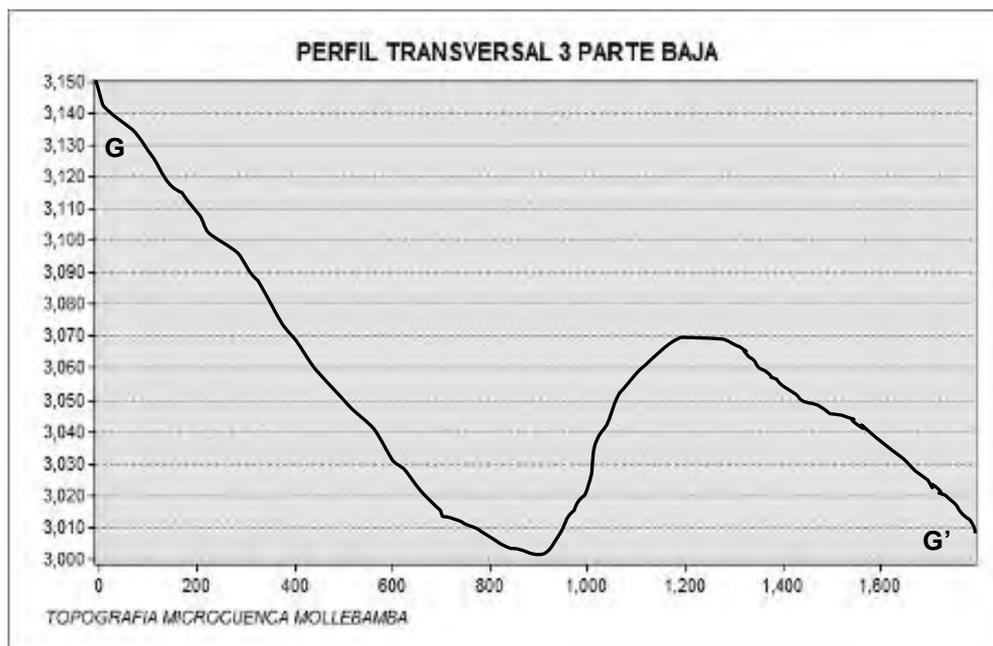


Figura 2.8  
Tercer Perfil transversal en el sector bajo

### ANEXO 3

#### TABLAS DE EVENTOS DE REMOCIÓN EN MASA SOBRE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO Y VIAL

#### VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA

##### CANAL DE MATARA MOLLEBAMBA

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Caída de rocas	3853 m	8409808	724734	4+000		Mollebamba	CBDM3
2	Caída de rocas	3844 m	8409953	724577	4+200	Existen puntos de infiltración en algunos tramos del canal que genera deslizamiento y caída de rocas	Mollebamba	CBDM2
3	Caída de rocas	3740 m	8411329	724151	5+800	Pequeña zona afectada por caída de rocas y detritos	Matara	CBDM1
4	Caída de rocas	3742 m	8411381	724169	5+900	Procesos de erosión hídrica en las partes altas generando saturación de suelo	Matara	CBDM30
5	Deslizamiento	3853 m	8409825	724724	4+000	evento producido por fallas superficiales	Mollebamba	DBDM3
6	Deslizamiento	3776 m	8410395	724751	4+700	suelo inconsistente proclive a colapso por lluvias, material fragmentado	Mollebamba	DBDM2
7	Deslizamiento	3753 m	8411155	724120	5+700	zona de material coluvial fragmentado que genera material para caída de rocas	Matara	DBDM1
8	Erosión hídrica	3967 m	8408477	725192	2+360	toromaya punto de captación canal entubado	Mollebamba	EBDM2

##### CANAL DE TRAPICHE

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	caída de rocas	3491 m	8400253	725211	0+640		Calcauso	CMIM22

## CANAL ACOYCHO

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Caída de rocas	3577 m	8403627	726228	0+460	Material coluvial suelto	Mollebamba	CMDM15
2	Caída de rocas	3576 m	8403598	726216	0+495	Caída de rocas que impacta directamente al canal	Mollebamba	CMDM16
3	Caída de rocas	3576 m	8403581	726153	0+560		Mollebamba	CMDM17
4	Caída de rocas	3582 m	8403605	726300	0+350		Mollebamba	CMDM18
5	Deslizamiento	3587 m	8403574	726532	0+150	Zonas de material suelto	Mollebamba	DMDM31
6	Deslizamiento	3583 m	8403609	726464	0+220	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM32
7	Deslizamiento	3584 m	8403617	726386	0+300	Punto de alto peligro en época de lluvias por filtración desde el canal se recomienda prioridad	Mollebamba	DMDM33
8	Deslizamiento	3583 m	8403621	726363	0+320	Deslizamiento antiguo	Mollebamba	DMDM34
9	Deslizamiento	3569 m	8403297	725667	1+150	zona de deslizamiento producto de la saturación de suelos por filtración de agua	Mollebamba	DMDM37
10	Deslizamiento	3586 m	8403619	726389	0+300	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM36
11	Erosión hídrica	3579 m	8403606	726291	0+400	Punto de filtración de agua generando saturación de suelos	Mollebamba	EMDM10

## CANAL ALTO DE VITO

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Deslizamiento	3602 m	8408365	721898	3+780	Zona de muy alto peligro que afecta directamente al canal que esta debajo unos 4 a 5 metros	Vito	DBIA10
2	Deslizamiento	3491 m	8407692	720668	0+140	Deslizamiento	Vito	DBIM78
3	Deslizamiento	3451 m	8408025	721784	1+450	Deslizamiento	Vito	DBIA16

### CANAL ANTACUY A

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Deslizamiento	3537 m	8403726	726292	0+440	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM35

### CANAL VITO (Atero)

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Deslizamiento	3480 m	8407799	720802	0+300	Deslizamiento	Vito	DBIM75
2	Deslizamiento	3456 m	8408016	721625	1+300	Gran Deslizamiento Que Afecta Directamente Al CC.PP Vito Se Activa Con Precipitaciones Saraccata	Vito	DBIM13

### CANAL CONDORI

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Caída de Rocas	4049 m	8400662	726735	9+250	Se identifico que desde este punto se inicia la zona mas inestable del canal	Mollebamba	CMDA21
2	Deslizamiento	4134 m	8398494	730348	0+150	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM62
3	Deslizamiento	4126 m	8399118	730340	1+040	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM51
4	Deslizamiento	4129 m	8399123	730311	1+060	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM52
5	Deslizamiento	4128 m	8399101	730126	1+250	Desarenador Del Canal Condori	Mollebamba	DMDM53
6	Deslizamiento	4060 m	8400095	726561	8+420	Zonas De Material Suelto	Mollebamba	DMDA41

## VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA

### Vía Mollebamba - Challhuanca

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Caída de rocas	4108 m	8406993	717098	15+780	Caída de rocas	Vito	CBIM6
2	Caída de rocas	3311 m	8404353	724051	1+040		Silco	CMIA14
3	Caída de rocas	3673 m	8406201	721780	7+650		Silco	CBIM7
4	Caída de rocas	3500 m	8405880	722536	6+780		Silco	CMIA8
5	Caída de rocas	3500 m	8405879	722536	6+781		Silco	CMIA9
6	Caída de rocas	3465 m	8405297	722796	3+470		Silco	CMIM10
7	Caída de rocas	4218 m	8408086	715873	18+500	Caída de rocas	Vito	CBIA5
8	Deslizamiento	4177 m	8407826	716438	17+400	Cantera	Vito	DBIA12
9	Deslizamiento	4136 m	8407443	716979	16+500	Cantera	Vito	DBIA79
10	Deslizamiento	4105 m	8406987	717095	15+750	Deslizamiento	Vito	DBIM20
11	Deslizamiento	4104 m	8406932	717042	15+730	Deslizamiento	Vito	DBIA21
12	Deslizamiento	4109 m	8407032	717129	15+830	Deslizamiento	Vito	DBIM22
13	Deslizamiento	4225 m	8408303	715805	18+450	deslizamiento	Vito	DBIA9
14	Deslizamiento	3881 m	8406614	720475	10+390	áreas de afectación directa a la carretera en el área de la comunidad de vito	Vito	DBIA24
15	Deslizamiento	3627 m	8405341	722329	4+980	deslizamiento sobre áreas de cultivo y cultivo material no consolidado producto de precipitaciones	Silco	DMIA28
16	Deslizamiento	3834 m	8406155	718735	13+030	Deslizamiento	Vito	DBIM27
17	Deslizamiento	3831 m	8407100	721429	8+800	Deslizamiento	Vito	DBIA19
18	Deslizamiento	3610 m	8406555	717405	14+920	Deslizamiento	Vito	DBIA23

### Vía Mollebamba – Quebrada La Paca

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Caída de rocas	3676 m	8398012	728099	0+730	Afecta directamente la carretera zonas con material suelto	Mollebamba	CMDA27
2	Deslizamiento	3502 m	8401141	725727	3+045	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM40
3	Deslizamiento	3495 m	8399392	726137	5+410	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM80
4	Deslizamiento	3497 m	8399316	726247	5+550	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM42
5	Deslizamiento	3498 m	8399212	726351	5+740	Zona de alto peligro por caída de material desde la montaña hacia la carretera	Mollebamba	DMDM43
6	Deslizamiento	3521 m	8398846	727143	6+700	Material suelto donde se produce caída de rocas	Mollebamba	DMDM49
7	Deslizamiento	3530 m	8398766	727448	7+060	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM50
8	Deslizamiento	3564 m	8398691	727834	7+500	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM54
9	Deslizamiento	3563 m	8398688	727881	7+550	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM55
10	Deslizamiento	3673 m	8398753	728045	7+740	Zona de alta inestabilidad del talud	Mollebamba	DMDM56
11	Deslizamiento	3785 m	8398849	728505	8+250	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM57
12	Deslizamiento	3801 m	8398831	728662	9+600	Zonas donde la inestabilidad de taludes es muy pronunciada	Mollebamba	DMDM58
13	Deslizamiento	3880 m	8398703	728621	9+470	Zonas donde la inestabilidad de taludes es muy pronunciada	Mollebamba	DMDM61
14	Deslizamiento	3932 m	8398612	728615	9+370	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM60
15	Deslizamiento	4136 m	8398368	730083	11+610	Aguas termales zonas de huayco en caso de lluvia zona de la Oda. Paca	Mollebamba	DMDM63
16	Huayco	3822 m	8398893	728860	9+800		Mollebamba	HMDM12

### Vía Mollebamba - Antabamba

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Caída de rocas	3643 m	8407686	723561	5+870		Mollebamba	CBDA32
2	Deslizamiento	3557 m	8407324	723593	4+700	Suelo afectado por eventos de deslizamiento de origen antrópico que afecta a la carretera	Mollebamba	DBDA18
3	Deslizamiento	4106 m	8408818	725370	13+700	Producto de la sobrecarga posiblemente saturación de agua, zonas de fragmentación deslizamiento lento	Mollebamba	DBDM7
4	Deslizamiento	4115 m	8408918	725321	13+900	Deslizamiento	Mollebamba	DBDM6
5	Erosión hídrica	3468 m	8406616	723743	3+300	Suelo denudado susceptible a colapso que afectaría directamente a la carretera	Mollebamba	EBDA4
6	Erosión hídrica	3959 m	8407067	724902	10+990		Mollebamba	EBDA3

### Vía Silco - Calcauso

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Caída de Rocas	3532 m	8402447	724732	4+000		Calcauso	CMIM19
2	Caída de Rocas	3552 m	8401758	724918	4+770		Calcauso	CMIA20
3	Caída de Rocas	3448 m	8404788	722821	0+350		Silco	CMIA12
4	Deslizamiento	3527 m	8402844	724723	3+600	Zonas de alto peligro sobre el canal Sapsi zonas de alta canal fracturado por el sismo	Calcauso	DMIA38
5	Deslizamiento	3427 m	8403769	724228	2+380	Evento que afecta directamente al canal	Calcauso	DMIM30
6	Deslizamiento	3556 m	8401642	724924	4+890	Deslizamiento	Calcauso	DMIA39
7	Huayco	3411 m	8403280	724404	3+000	Punto de alto peligro	Calcauso	HMIA4
8	Huayco	3435 m	8403304	724404	2+290	Zona de alta pendiente	Calcauso	HMIA5

### Vía desvío a Vito

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
c	Deslizamiento	3576 m	8408143	721135	4+700		Vito	DBIM11
2	Deslizamiento	3614 m	8408023	720749	4+280		Vito	DBIM14
3	Deslizamiento	3641 m	8407979	720437	3+880		Vito	DBIM15
4	Deslizamiento	3653 m	8407864	720377	3+780		Vito	DBIA76
5	Deslizamiento	3735 m	8407515	719256	2+300		Vito	DBIM17
6	Deslizamiento	3903 m	8406305	719189	0+230		Vito	DBIM26
7	Deslizamiento	3679 m	8407867	720404	3+800		Vito	DBIA77

### Vía desvío Trapiche - Mina Buenaventura

Nº	EVENTO	ALTITUD	COORDENADA		PROGRESIVA	DESCRIPCION	COMUNIDAD	CODIGO
			NORTE	ESTE				
1	Deslizamiento	3627 m	8398159	728088	0+600	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA64
2	Deslizamiento	3702 m	8397357	728143	1+400	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM66
3	Deslizamiento	3777 m	8396774	727774	2+350	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA68
4	Deslizamiento	3863 m	8396542	727831	3+100	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA70
5	Deslizamiento	4033 m	8396334	728155	4+400	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA72
6	Deslizamiento	4340 m	8395766	728715	5+800	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA74
7	Deslizamiento	4390 m	8395781	728827	6+310	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA73
8	Deslizamiento	3771 m	8397306	728120	1+460	Deslizamiento	Mollebamba	DMDM67
9	Deslizamiento	3694 m	8397779	728152	1+000	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA65
10	Deslizamiento	3637 m	8398553	727950	0+120	Deslizamiento	Mollebamba	DMDA59
11	Deslizamiento	3851 m	8406550	719195	0+510	Deslizamiento	Vito	DBIM25
12	Erosión hídrica	3703 m	8397258	728122	1+520	Punto en la carretera hacia la mina catarata melliza	Vito	EMDM9

## ANEXO 4 CRONOLOGIA DE EVENTOS

CRONOLOGIA DE DESASTRES				
EVENTO	COMUNIDAD	PERIODO	DESCRIPCION	AREA AFECTADA
Sismo	Mollebamba	08/08/2001	<b>Deslizamiento de rocas</b> , provoco la muerte de animales y cultivos se perdieron, se rajaron casas, <b>derrumbes</b> . <b>Huayco</b> en Moqsuma y Challihuary chacras, carretera, terrenos de cultivo, desaparición de puquiales. Aguas termales se enfriaron,	Canal de Champilli, Canal Ccajata, Canal Acoycho (marg. Izq)
Viento fuerte	Mollebamba	Junio 2003	Desprendimiento de techos. Falta de forraje, muerte de ganado.	Carmen Alto y Apurimac Antuyo, Tacataca, Patanta, Pupani, Pantipata, Valle de Mollebamba
Nevada	Mollebamba	Agosto 197	Muerte de animales alpacas. Se cayeron las hojas de árboles frutales. Se rajaron las casas de adobe, se perdieron adobes.	Zona alta de Santiago de Huaqtcanca
Sequía	Mollebamba	1983	Hubo hambruna la lluvia fue escasa, Se perdieron los cultivos. Muerte de alpacas, ovinos, vacunos Disminuyo el caudal del agua potable,	Todo Mollebamba
Inundación	Mollebamba	1995 2003	El río Mollebamba aumento su caudal. Nevada en la zona alta. Arrasó con terrenos de cultivo en Chipuy y Mulla.	2003 perdida de retama (pulgonos)
Inundación	Mollebamba	1988.	Lluvia torrencial Aumento del caudal del río, Se perdió puente de Amayja, Leqota, Arequipa Huayco, caminos para la altura, casas de Mullia, cabañas de vaquería, animales, (becerros, caballo) personas	La Pampa de Mollebamba
inundación	Mollebamba	A partir de 1970, a la fecha enero, feb, abril	Afecta a los cultivos. Daño la producción plantas nativas sin hojas. Rompe las tejas. Afecta la fenología de la planta Muerte de personas y animales.	Pampacocha, Pomacota, Casiasco, Qalla, Alta, Yaucoña, Ailaucoña, Ccaccacata, Colcabamba, Ccaccantia, Lluillinsa, Pocorayme, Antacuy, Suyaypata, Uraypata, Huancari.
Helada	Mollebamba	1982	Quema de pasto natural y forraje. Congelación de manantes Afectación a los cultivos Afectación al ganado Afecto Salud de los niños y ancianos IRAs. Congelamiento del agua en el canal.	Antacuy, Huanaypata, Pocorajhe, Suyaypata, Huancani bajo, Pampacocha, Casiasco, Pumacota, Qalla.
Granizada Helada	Silco	2008	Duración 03 horas Se perdieron los cultivos	Todo Silco
Sequía	Silco	1980	No hubo cosecha ni pastos naturales	

		1981 1982 1992	Perdida de Ganado	Silco
Nevada	Silco	1996 1997 1982 1983	Duración de 3 días Perdida de fauna silvestre Perdida de pastos Escasez de Agua para riego y consumo humano Perdida de Ganado	Zona de altura: Tinta ya, Yanama, Waña Kallanka, Inki, Condor Puquio Corra corral, Cruz Qasa Poblado de Silco
Inundación Por desborde del río Silco	Silco	1963 1973 1974	Lluvia todo la noche Arrasó la población ubicada a la derecha del río Afecto viviendas y cultivos	Silco Margen derecha del río y Pukru
Sequía	Silco	1992 Enero - Marzo	Perdida en la producción de tubérculos Desaparición de semilla papa nativa Desaparición de semilla de maíz	Todo Silco
Huayco	Silco	1984 Marzo	Lluvia torrencial Se encontraban en pleno barbecho Deslizamiento de tierra bofedales o manantes Arrasó con cultivos y viviendas en Llikcha	Qomo Qasa Llikcha
	Silco	1952	Se presento durante la fiesta de la virgen Candelaria Lluvia torrencial toda la noche Enterró becerros Arrasó viviendas de Chullullo Wakiri No había donde dormir Reventaron los manantiales Aparecieron manantiales en nuevas zonas	Mayunpampa Calvario Chullullo Wakilli
Huayco	Silco	1948	Desapareció cataratas. Producto del deslizamiento de manantiales (encanto de pocoanta)	Payta Pututuni Pocowanca
Sismo	Silco	2001	El evento inicio en la noche La población se refugio en la plaza de armas Derrumbe afecto a los animales Presencia de olores a minerales (Azufre)	Todo Calcauso: Calvario Puka Qaqa Misti Manu
Sismo	Silco	1964	Daños estructurales en la iglesia, se derrumbo la torre Fisuras y colapso de viviendas	Poblado
Sismo	Silco	1930	Derrumbe del cerro Puka Qaqa Desaparición de manantes Se genero inestabilidad en la zona	Pampa Lliki
Nevada + helada	Vito	2009 Agosto	Perdida de pastos Perdida de Ganado y animales menores	Pampawasina Chuychu Llameqa Chachakuma Hatunqasa Qesque
Granizada Lluvia	Vito	2008 2009	Erosión de suelos de cultivo Afectación pastizales	Todo Vito
Deslizamiento	Vito	2005 2009	Afecto caminos rurales y terrenos de cultivo	Wakapalla
Vientos fuertes	Vito	2008	Vientos en forma de remolino	Chawpimayo

		Febrero	Afecto techos de viviendas Derrumbe de postes de alumbrado eléctrico Cultivos afectados: Maíz, cebada y habas Se perdió el 30% de la cosecha de maíz, cultivo más afectado.	Piscocho Fuisa Calvario
Sismo	Vito	2001	Se presentó a golpe de las 9.00 de la noche Genero derrumbe de rocas La población se refugio en la plaza de armas Se presentaron fisuras (100%) y derrumbes en viviendas La posta medica y el templo fueron afectados El colegio hasta la fecha no ha sido reconstruido Se afectaron caminos de herradura	Vito: Mayupata Chuchukani Imaya Pampachu Patario Uriray Vilanta
Granizada + helada	Vito	2008	Precipitación de granizos grandes del tamaño de canicas, permaneció por el lapso de una semana Afecto cultivos de papa, cebada, arvejas, maíz, trigo y plantas nativas Se presentaron enfermedades en el ganado, neumonía, diarreas, carbunco sintomático, fiebre aftosa en vacunos y alpacas Presencia de IRAs en niños y adultos Se siente que la variabilidad climática se intensifica a partir del 2005	Vito

## ANEXO 5 ALBUM DE MAPAS

DT – 01	MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 02	MAPA BASE DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 03	IMAGEN SATELITAL DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 04	LIMITES DE NIVELES Y SECTORES DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 05	MAPA DE INFRAESTRUCTURA DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 06	MAPA GEOLOGICO LOCAL DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 07	MAPA GEOMORFOLOGICO – GEODINAMICO DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 08	MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 09	MAPA DE REMOCION EN MASA DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA
DT – 10	MAPA DE SUCEPTIBILIDAD A PROCESO DE REMOCION EN MASA DE LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA

## ANEXO 6

### FICHAS DE PROYECTO DE REDUCCION DE RIESGOS

	ANÁLISIS HISTÓRICO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURÍMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMÁTICOS Y DE REMOCIÓN EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA		
<b>PROYECTO:</b>		<b>PROGRAMA</b>	
Mantenimiento de Canal de riego “Acoycho”		Adaptación al Cambio Climático	
		<b>CÓDIGO</b>	<b>I - 01</b>
<b>1.</b>	<b>ASPECTOS GENERALES</b>		
	<b>1.1 UBICACIÓN</b>	<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>	<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>
	Región	APURÍMAC	Reconstrucción de canales de riego
	Provincia	Antabamba	<b>1.4 PRIORIDAD</b>
	Distrito	Juan Espinoza y Medrano	
		GOBIERNO REGIONAL- MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES	
<b>2.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>		
	<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>	
	Actualmente se pierde agua por infiltración en el canal, pero también se afecta áreas agrícolas por colapso del canal, situación que se estaría produciendo por fallas geológicas en la zona	Todos los usuarios y población en general de la comunidad de Mollebamba,	
<b>3.</b>	<b>FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>		
	<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>	
	Reconstruir zonas más afectadas del canal de riego sobre la base de adecuados estudios de geotecnia		
	<b>3.2 OBJETIVOS</b>		
	Reducir el riesgo de colapso del canal como producto de filtraciones y las afectaciones a terrenos adyacentes.		
<b>4.</b>	<b>ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>		
		<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>	
		Región Apurímac	

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Mantenimiento de reservorios en la comunidad de Silco.				Adaptación al Cambio Climático			
				<b>CÓDIGO</b>			
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>		<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>			
Región	Apurímac	GOBIERNO REGIONAL- MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES		<b>1.4 PRIORIDAD</b>			
Provincia	Antabamba						
Distrito	Juan Medrano Espinoza						
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>				<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>			
Los reservorios de agua se ubican sobre una ladera, donde el terreno se encuentra en proceso de deslizamiento lento como consecuencia de la erosión que producen manantes de agua ubicados en la parte superior, así como por agrietamientos que afectarían la estructura.				La mayor parte de los pobladores en la comunidad de Silco.			
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
Estabilización, mantenimiento y protección de los reservorios de agua de la comunidad de Silco.							
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
Evitar que las estructuras de concreto colapsen y de esa forma prolongar su vida útil, haciendo los reforzamientos y la protección necesaria con este fin.							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
<b>4.1 PRESUPUESTO ESTIMADO</b>				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
S/.				Región Apurímac			

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Conservación de Pastos Naturales ante peligro de erosión por material volcánico				Adaptación al Cambio Climático			
				<b>CÓDIGO</b>			
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>		<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>			
Región	Apurímac	GOBIERNO REGIONAL- MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES		Plan de Gestión de Riesgo Mollebamba			
Provincia	Antabamba			<b>1.4 PRIORIDAD</b>			
Distrito	Juan Espinoza Medrano						
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>				<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>			
El material volcánico existente en la superficie del territorio de la parte alta de la comunidad de Santa Rosa, está siendo arrastrado hacia las partes bajas de la comunidad por acción de la lluvia y el viento, ocasionando la pérdida de suelos y de pastos naturales, que sirven de alimento a los camélidos en la zona.				Comunidad de Santa Rosa			
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
Hacer trincheras de 1 metro como mínimo en una extensión de 500 metros lineales para poder contener el avance del material volcánico.							
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
Preservar las áreas de pastoreo ante la dispersión de roca volcánica.							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
<b>4.1 PRESUPUESTO ESTIMADO</b>				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
S/.				Región Apurímac			

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Mejoramiento de la seguridad física de infraestructura vial afectada por Procesos de Remoción en Masa				Adaptación Al Cambio Climático			
				<b>CÓDIGO</b>			
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>			<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>		
Región	Apurímac	GOBIERNO REGIONAL-MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES			Plan de Gestión de Riesgo Mollebamba		
Provincia	Antabamba						
Distrito	Juan Espinoza Medrano						
<b>1.4 PRIORIDAD</b>							
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>				<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>			
Dentro de la microcuenca existen puntos identificados como deslizamientos, desprendimientos de rocas, derrumbes, etc., debido a intensa actividad geodinámica que se han acelerado por al haber cortado las laderas deleznable para construir carreteras sin haberle compensado con las necesarias obras de estabilización. Además la situación se ha agravado por actividades humanas, como explotación de canteras informales con cortes de taludes que se puede ver en diversos tramos de las carreteras: Mollebamba – Challhuanca, Mollebamba - Antabamba y Mollebamba – Calcauso, lo cual está desestabilizando los taludes, lavando y arrastrando materiales hacia la carretera, con el consiguiente bloqueo y destrucción de la misma, situación que se hace más crítica en la temporada de lluvias.				Población de Mollebamba, Silco, Vito, Calcauso			
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
El proyecto comprende la estabilización de laderas y taludes mediante una combinación de medidas: forestación, construcción de pircas secas, construcción de gaviones, control de cárcavas, muros de contención, construcción de cunetas y alcantarillas para el drenaje de aguas pluviales. Prohibición de actividades extractivas en laderas y taludes de las carreteras.							
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
Reducir la vulnerabilidad de las vías dotándolas de mecanismos de protección y seguridad ante la intensiva erosión, derrumbes, bloqueos y cortes de vías que se producen con mucha frecuencia, incrementados por actividades extractivas de los taludes y laderas.							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
<b>4.1 PRESUPUESTO ESTIMADO</b>				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
S/.				Región Apurímac			

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Muros de defensa ribereña en Calcauso y Mollebamba				Plan de Gestión de Riesgo Mollebamba			
				<b>CÓDIGO</b>			
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>		<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>			
Región	Apurímac	GOBIERNO REGIONAL- MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES		Adaptación Al Cambio Climático			
Provincia	Antabamba			<b>1.4 PRIORIDAD</b>			
Distrito	Juan Espinoza Medrano						
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>				<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>			
<p>En la comunidad de Calcauso existen terrazas a orillas del río Mollebamba, cuyos taludes son socavados por el caudal del río en tiempo de lluvias, produciéndose el colapso de taludes. Estas terrazas son de uso agrícola, en la margen izquierda corresponden a Calcauso, además existe un colegio a una distancia de 500 metros del borde del cauce, el cual podría ser afectado en caso que la erosión y colapso de riberas no se pueda controlar. En la margen derecha el mismo problema tiene la comunidad de Mollebamba.</p>				Población de Calcauso.			
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
<p>Hacer un enrocado en la parte baja, aprovechando los bolones existentes en la parte baja para contener la erosión y socavamiento de taludes.</p>							
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
<p>Contener la pérdida de terrenos agrícolas e infraestructura ubicada sobre las terrazas.</p>							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
<b>4.1 PRESUPUESTO ESTIMADO</b>				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
S/.				Región Apurímac			

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Remoción de bloques peligrosos que podrían caer afectando infraestructura vial y de riego y limpieza de escombros.				Adaptación al Cambio Climático			
				<b>CÓDIGO</b>			
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>			<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>		
Región	Apurímac	GOBIERNO REGIONAL-MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC – PREDES			Plan de Gestión de Riesgo Mollebamba		
Provincia	Antabamba				<b>1.4 PRIORIDAD</b>		
Distrito	Juan Espinoza Medrano						
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>					<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>		
<p>En la microcuenca, existen distintos puntos de caída de bloques de roca que afectan la infraestructura vial y de riego, estos materiales se caracterizan por ser material suelto fracturado.</p>					<p>Población de Mollebamba, Silco, Vito, Calcauso</p>		
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
<p>Remover y realizar limpieza en las partes donde ya existe material fracturado, ya que son potencialmente peligrosos.</p>							
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
<p>Evitar que algún tramo de las carreteras y/o canales sean bloqueados por rocas de gran tamaño.</p>							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
<b>4.1 PRESUPUESTO ESTIMADO</b>				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
S/.				Región Apurímac			

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Mejoramiento de la seguridad física en vías que unen las comunidades.				Adaptación Al Cambio Climático			
				<b>CÓDIGO</b>			
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>		<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>		<b>1.4 PRIORIDAD</b>	
Región	Apurímac	GOBIERNO REGIONAL- MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES		Plan de Gestión de Riesgo Mollebamba			
Provincia	Antabamba						
Distrito	Juan Espinoza Medrano						
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>				<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>			
En la microcuenca se identificaron deslizamiento propios de las condiciones geológicas- geomorfológicas y topográficas, un ejemplo de esto es el deslizamiento que se ubica en la carretera hacia la comunidad de Vito que tiene una longitud de 200 metros lineales que en época de lluvias ocasiona el bloqueo y limita el acceso y la comunicación entre las comunidades. Otros puntos de las vías que interconectan las comunidades también están afectadas por procesos de remoción en masa, como la vía Silco-Calcauso, desvío a Vito, desvío Trapiche-Mina Buenaventura (como indica el punto 6.1.3 del presente Estudio)				Población de Mollebamba, Silco, Vito, Calcauso			
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
Tratamiento de los puntos de deslizamiento específicos utilizando medidas mecánicas como construcción de pircas secas, construcción de gaviones, para contener deslizamientos, acompañados con otras medidas para estabilizar la ladera, como forestación y control de riego. Además construcción de cunetas en vías y salidas de aguas pluviales evitando que crucen las vías y las deterioren.							
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
Mejorar la seguridad física de las vías que interconectan las comunidades.							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
<b>4.1 PRESUPUESTO ESTIMADO</b>				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
S/.				Región Apurímac			

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Control de dos deslizamientos en la comunidad de Vito				Adaptación al Cambio Climático			
				<b>CÓDIGO</b>			
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>		<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>			
Región	Apurímac	GOBIERNO REGIONAL-MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES		Plan de Gestión de Riesgo Mollebamba			
Provincia	Antabamba						
Distrito	Juan Espinoza Medrano						
				<b>1.4 PRIORIDAD</b>			
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>				<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>			
<p>Existen dos deslizamientos activos en Vito, que se han intensificado por factores antrópicos, los cuales afectan directamente al Canal bajo de Vito (Atero) y al canal alto, además que amenazan con afectar a una parte del centro poblado si no se los controla a tiempo. La afectación a los canales genera un ambiente de inestabilidad y alto riesgo para todo el sistema agrícola en la comunidad de Vito que se sustenta en estos dos canales.</p>				Comunidad de Vito			
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
<p>Realizar estudios de geotecnia al detalle que permitan conocer la profundidad a la que se encuentra el material parental y determinar la consistencia del suelo, posterior a eso plantear soluciones para estabilización de ambos deslizamientos.</p>							
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
<p>Reducir el riesgo de daños para la población de Vito y del sistema de riego agrícola que se sustenta en dos canales, afectados por dos deslizamientos.</p>							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
<b>4.1 PRESUPUESTO ESTIMADO</b>				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
S/.				Región Apurímac			

		ANALISIS HISTORICO DE EVENTOS CLIMATICOS EXTREMOS Y SUS IMPACTOS EN APURIMAC Y CUSCO Y CARACTERIZACION Y EVALUACION DE RIESGOS DE DESASTRES OCASIONADOS POR PELIGROS CLIMATICOS Y DE REMOCION EN MASA EN LA MICROCUENCA MOLLEBAMBA					
<b>PROYECTO:</b>				<b>PROGRAMA</b>			
Rehabilitación general de la infraestructura de riego en la comunidad de Calcauso				Adaptación Al Cambio Climático			
				<b>CÓDIGO</b>		<b>I - 01</b>	
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>							
<b>1.1 UBICACIÓN</b>		<b>1.2 ENTIDADES INVOLUCRADAS</b>		<b>1.3 NATURALEZA DEL PROYECTO</b>			
Región	APURIMAC	GOBIERNO REGIONAL- MUNICIPALIDAD DE JUAN ESPINOZA MEDRANO – PACC - PREDES		Reconstrucción de los canales de riego			
Provincia	Antabamba			<b>1.4 PRIORIDAD</b>			
Distrito	Juan Espinoza Medrano						
<b>2. IDENTIFICACIÓN</b>							
<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>				<b>2.2 BENEFICIARIOS</b>			
<p>El daño y colapso de gran parte de la infraestructura de riego en la comunidad de Calcauso como producto del sismo registrado en el año 2001 generó pérdida de áreas de cultivo, lo que relaciona directamente con la producción y la seguridad alimentaria en la zona. Esta infraestructura hasta ahora no ha sido rehabilitada y presenta filtraciones, rupturas y bloqueos en diferentes tramos.</p>				<p>Todos los usuarios y población en general de la comunidad de Calcauso</p>			
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROYECTO</b>							
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>				<b>3.3 TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>			
Rehabilitación de la infraestructura de riego en la comunidad de Calcauso				 			
<b>3.2 OBJETIVOS</b>							
Refaccionar los canales y restablecer la eficiencia de riego en la zona pudiendo recuperar todas las áreas de cultivos abandonadas a la fecha							
<b>4. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</b>							
				<b>4.2 ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO</b>			
				Región Apurímac			