

PACC - Serie de investigación regional 17

Amenazas ante eventos de movimientos en masa e inundaciones, áreas críticas y medidas de mitigación en la región Apurímac



Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC- Perú

Informe final de investigación del estudio bi-regional disciplinario realizado, en el marco del PACC, por el **Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES)**, titulado “Amenazas ante eventos de movimientos en masa e inundaciones, áreas críticas y medidas de mitigación en la región Apurímac, Perú”.

www.paccperu.org.pe

www.noticias.paccperu.org.pe

Mayo 2012

PACC Apurímac, Perú
Jirón Puno 107, Gobierno Regional de Apurímac
Teléfono: (51)(83) 322595

PACC Cusco, Perú
Jirón José Santos Chocano H-10, Urbanización Santa Mónica, Wanchaq.
Telefax: (51)(84)235229

PACC Lima, Perú
Avenida Ricardo Palma 857, Miraflores, Lima 18.
Teléfono: (51)(1)4440493

Elaborado por:

Gilberto Romero Zeballos, Hugo O-connor Salmón, Alfonso Díaz Calero, Julio Meneses Bautista y Gabriela Chumes Contreras. Todos investigadores de PREDES.

Corrección de estilos y diseño gráfico:

Yadira Hermoza Ricalde

Primera Edición.

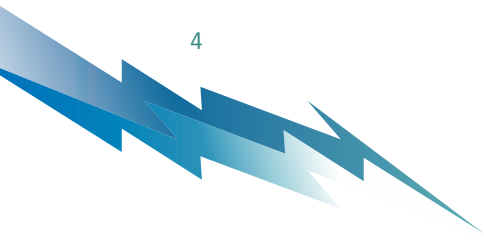
Reproducción autorizada si se cita la fuente. Este libro deberá ser citado de la siguiente manera: PREDES. 2012. “Amenazas ante eventos de movimientos en masa e inundaciones, áreas críticas y medidas de mitigación en la región Apurímac”. Serie de investigación regional # 17. Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC-Perú.

Amenazas ante eventos de movimientos en masa e inundaciones, áreas críticas y medidas de mitigación en la región Apurímac

PACC - Serie de investigación regional 17

2012





PRESENTACIÓN

El Programa de Adaptación al Cambio Climático - PACC, con el objetivo de desarrollar conocimiento sobre las manifestaciones locales y regionales del cambio climático en Apurímac y Cusco, y sus impactos en los medios de vida de las poblaciones rurales de estos territorios, para dar soporte técnico-científico al establecimiento de políticas públicas, programas, proyectos y medidas específicas de adaptación, por parte de actores regionales y locales; impulsó un proceso de investigación a dos niveles: regional, con alcance en las dos regiones antes citadas, y local, circunscrito a dos microcuencas, Huacrahuacho en la provincia de Canas-Cusco y Mollebamba en la provincia de Antabamba-Apurímac.

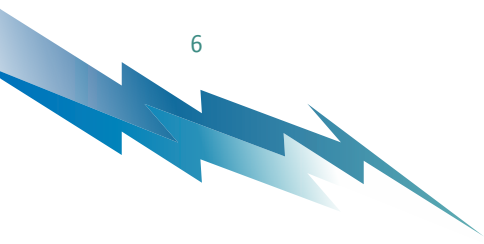
Este documento es el informe final de investigación del ***Estudio de Amenazas ante eventos de movimientos en masa e inundaciones, áreas críticas y medidas de mitigación en la región Apurímac***, elaborado el 2011 por el Centro de Estudios y Prevención de Desastres-PREDES, y forma parte de la serie de publicaciones digitales sobre las investigaciones realizadas en las regiones Apurímac y Cusco, ubicadas en los andes sur del Perú. Si bien, esta investigación fue llevada a cabo por la cooperación conjunta entre PREDES y PACC, los resultados, las conclusiones e interpretaciones presentes en este documento, son de estricta responsabilidad de PREDES.

Este estudio constituye una primera aproximación al diagnóstico de los procesos de movimientos en masa que ocurren en la actualidad en la región Apurímac, a través de modelos de susceptibilidad del territorio en relación a los diferentes eventos geodinámicos, así como, un análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura vial, energética, y de la vulnerabilidad por exposición de las principales ciudades. El estudio también, presenta una identificación de los puntos críticos donde se producen afectaciones y a partir de ello, se formulan algunas propuestas de medidas técnicas para reducir la vulnerabilidad y mejorar la seguridad física en la región Apurímac.

El Programa de Adaptación al Cambio Climático a través de esta publicación, pone a disposición de las autoridades, funcionarios y profesionales de las instituciones públicas y privadas, centros de investigación y universidades, los resultados de esta investigación, que pueden ser representativos respecto a la problemática de las amenazas y vulnerabilidades a nivel regional en relación a los eventos geodinámicos y los procesos de movimientos de masa y al cambio climático, en otras regiones del sur del país.

Esta publicación busca compartir el conocimiento desarrollado y coadyuvar a un proceso de adaptación basado en un entendimiento de esta realidad y de sus proyecciones.

Lenkiza Angulo Villarreal
Coordinadora Nacional
Programa de Adaptación al Cambio Climático-PACC



1.1 RESUMEN

La región Apurímac está ubicada en la zona sur andina del Perú. Se caracteriza por ser físicamente muy variada, lo que se expresa en aspectos geológicos y geomorfológicos. En ella se están produciendo intensos procesos, tanto exógenos como endógenos que van modelando el territorio, constituyendo diferentes geoformas en este medio. Producto de la interacción de aspectos ambientales, geológicos y antrópicos se producen eventos de movimientos en masa, los cuales en un contexto de cambio climático se intensifican por efecto principalmente de lluvias intensas, que en varias ocasiones han producido daños y afectan periódicamente a la infraestructura física del territorio, así como los centros poblados.

El presente estudio es un diagnóstico de los procesos de movimientos en masa que ocurren actualmente en la región Apurímac, a través de modelos de susceptibilidad del territorio a la ocurrencia de diferentes eventos geodinámicos. También se analiza la vulnerabilidad de la infraestructura vial, energética y la vulnerabilidad por exposición de las ciudades más importantes. Se identifican los puntos críticos donde se están produciendo las principales afectaciones y a partir de allí, se formulan algunas propuestas de medidas técnicas para reducir la vulnerabilidad y mejorar la seguridad física.

Este estudio contiene un mapeo de elementos de geomorfología, geología y pendientes, bajo la hipótesis que los procesos geodinámicos son elementos fundamentales para la generación de procesos de movimientos en masa, pero activados y acelerados por factores antrópicos y eventos climáticos extremos como las precipitaciones, la radiación solar, la variación térmica y otros.

El estudio permitió mapear más de 500 lugares potencialmente peligrosos donde ocurren movimientos en masa. De igual manera se generaron tres modelos funcionales que expresan la dinámica de la región y 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 georeferenciados en campo por el INGEMMET.

En suma los procesos de movimientos en masa están muy activos en la región Apurímac, por sus características geológicas, geomorfológicas, por sus elevadas pendientes y quebradas de topografía abrupta, a lo que se agregan actividades antrópicas que incrementan los procesos, tales como: el corte de taludes para la construcción de vías y canales de riego, la reducción de la cobertura vegetal como producto del pastoreo de ganado en áreas de fuerte 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.

En síntesis, la conformación particular de la región Apurímac ayuda a los procesos de remoción en masa que se podrían acelerar como efecto de eventos climáticos.

1.2 INTRODUCCION

Los movimientos en masa y las inundaciones son procesos naturales que vienen ocurriendo durante muchísimos años en nuestro planeta, como parte de la interacción entre la corteza terrestre, la hidrósfera y atmósfera; sin embargo, el ser humano viene ocupando de manera cada vez más desordenada, extensos territorios, tanto para su hábitat como para sus medios de vida, exponiéndose y exponiendo sus bienes a este modelamiento continuo del paisaje. Además, esta acción humana interviene y acelera estos procesos, convirtiéndolos en peligros y desastres mayores.

Cuantiosas y crecientes pérdidas, especialmente en los países en desarrollo, son resultado de desastres, a ello se suman los cambios cada vez más evidentes del clima, actuando sobre estos procesos naturales e incrementándolos, como es el caso de las precipitaciones pluviales cada vez más intensas, alternadas con períodos de escasez de agua. Por todo ello es de alta prioridad para el desarrollo sostenible de nuestro país, actuar decididamente en el campo de la prevención y mitigación de estos desastres.

En este marco, la elaboración del presente documento responde a la solicitud del programa PACC-Perú de producir un diagnóstico de los peligros de geodinámica externa (movimientos en masa) e inundaciones generados a partir de la acción de los agentes climáticos en la región de Apurímac.

A partir de fuentes secundarias hemos realizado la identificación y geo-referenciación de los procesos y eventos denominados “movimientos en masa” e inundaciones, cuyos factores desencadenantes son de origen hidrometeorológico.

En tal sentido el presente estudio propone una visión de conjunto sobre la problemática de este tipo de peligros naturales, partiendo de un conjunto de estudios, informes técnicos, tesis, ponencias y estadísticas desarrollados en las últimas décadas en este ámbito regional.

La región ha sido motivo de múltiples trabajos, en la medida que presenta zonas de frecuentes desastres que devienen en doloroso saldo de vidas y pérdida de bienes, y el estancamiento o retroceso de los procesos de desarrollo económico y social de esta parte del país.

Esta diversa producción de conocimiento científico sobre el territorio se encuentra de alguna manera dispersa y almacenada en distintas bibliotecas institucionales, archivos de entidades públicas y algunos pocos materiales colocados en portales de Internet. Todos ellos merecen ser cuidadosamente revisados, extrayendo de cada uno los hechos, características e intensidad de los peligros e impactos, muchos de los cuales han llegado a ser graves. Esta labor bibliográfica nos ha permitido formarnos una visión general de las causas de base y los mecanismos que intervienen en estos procesos geodinámicos y contar con un enfoque cercano a la comprensión de los peligros locales y cómo mitigarlos.

Elaborar un inventario lo más completo posible de los eventos y emergencias ocurridos en estas regiones nos ofrece la certeza de cuál es la amplitud y profundidad de estos eventos, su frecuencia y susceptibilidad a los agentes climáticos, y el impacto probable sobre la población y sus medios de vida.

El Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC) ha propiciado la elaboración del presente diagnóstico de peligros, en la medida que requiere contar con un instrumento técnico que sustente la priorización de un conjunto de medidas de mitigación frente a eventos recurrentes que tienen como factor detonante los cambios climáticos. Esta propuesta de medidas está destinada a ser sometida a consideración e implementada por los gobiernos regional y locales de Apurímac.

1.3 OBJETIVOS

Evaluar la vulnerabilidad de la población en la región Apurímac ante los impactos causados por los eventos de movimientos en masa e inundaciones desencadenados por precipitaciones pluviales, y estimar el nivel de peligro que representan para los centros poblados, el territorio y la infraestructura física instalada.

Objetivo específico 1

Cartografiar los procesos de movimientos en masas e inundaciones estableciendo su localización y características.

Objetivo específico 2

Establecer la susceptibilidad del territorio a los movimientos de masa e inundaciones a través de modelos funcionales del territorio.

Objetivo específico 3

Estimar el nivel de peligro que representan los movimientos en masa y las inundaciones, definiendo las zonas críticas y el impacto, principalmente sobre los centros poblados urbanos e infraestructura prioritaria de uso común (carreteras e infraestructura productiva principalmente).

1.4 ANTECEDENTES

En la región Apurímac se han venido realizando estudios parciales y focalizados, pero sin los mismos objetivos o similares al que ha planteado el PACC, ya que considerar el contexto de cambio climático implica tener elementos de mayor consideración para la ocurrencia creciente de todos estos eventos.

Sin embargo a nivel de la región de 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:

- Estudio de riesgos geológicos de las franjas geológicas del Perú elaborado por el INGEMMET.
- Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres – INDECI – Años 2003-2009.
- Mapa de Peligros de la ciudad Abancay – Programa de Ciudades Sostenibles PNUD – INDECI, 2007.
- Inspecciones de riesgo geológico en el área de Ccocha - Pumarana, distrito Tamburco, provincia Abancay biblioteca de INGEMMET
- Fracturamiento, agrietamientos y derrumbes en el área de Quischque, Guillermo Ortiz Martínez Agosto

1973 - Biblioteca INGEMMET.

- Derrumbes en la localidad de Capaya, realizado por el Ing. Geólogo Fernando Perales Mayo 1972 - Biblioteca INGEMMET.

(Para ver más títulos consultados, ir a la Bibliografía)

1.5 ALCANCES

Alcance geográfico

El estudio tiene un alcance geográfico regional, es decir todo el departamento de Apurímac.

Alcance Técnico

El estudio es elaborado en base a fuentes secundaria de datos y especialistas locales conocedores de la realidad regional.

Se considera el inventario de procesos y movimientos en masa e inundaciones, georeferenciados, caracterizados y estableciendo el nivel de peligrosidad de estos eventos y su probable comportamiento a nivel de provincia, considerando su localización y características. Se han tomado en cuenta prioritariamente los siguientes eventos: huaycos, deslizamientos, inundaciones, aluviones, erosión hídrica, y en segundo orden se consideran eventos como: hundimientos, movimientos complejos, reptación de suelos, etc.

Para ello se utilizó información generada por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET e instituciones regionales basadas en informes técnicos geológicos geodinámicos, lo cual se ha complementado con registros históricos de desastres a fin de validar el nivel de peligro e impacto a través de fuentes como DesInventar y SINPAD del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI.

Para el aspecto de modelamiento del territorio a través de diseños funcionales se utilizó la información generada dentro de las regiones en los proyectos de zonificación Ecológica y Económica (ZEE) a la escala 1/350,000. Esta información comprende diferentes ejes temáticos como la litología, la geología estructural, la geomorfología, las pendientes, las zonas de vida, ecología, etc. En el caso de las precipitaciones la información que se utilizó tendrá que ser la generada a partir de la caracterización climática de las regiones desarrollada por el SENAMHI.

El estudio comprende los siguientes aspectos:

1. Mapeo y caracterización de los procesos de movimientos en masa e inundaciones

Se ha reunido toda la información alfanumérica y mapas disponibles con el fin de identificar los procesos y eventos de remoción en masa. Se ha caracterizado los eventos de movimientos en masa e inundaciones, su localización, magnitud y características geodinámicas.

Se tomaron como base los estudios de franjas geológicas (franjas 2 y 3) realizados por INGEMMET, así como

las estadísticas del Inventario Nacional de Peligros Geológicos realizado entre los años 2000 - 2005, en los cuales se presenta una tabla que especifica la ubicación geográfica, el tipo de evento y una breve descripción del mismo. Es necesario puntualizar que la información trabajada ha sido a nivel regional y esta es una primera aproximación donde el análisis no alcanza detalles de número de viviendas o infraestructura que están amenazadas por los eventos estudiados.

El presente estudio permite identificar mayor cantidad de eventos de movimientos en masa que los identificados por el estudio de INGEMMET. Así mismo se ha obtenido mayor precisión sobre algunas zonas específicas porque adicionalmente se han consultado otras fuentes secundarias de información.

II. Determinación de la susceptibilidad del territorio a procesos de movimientos en masa e inundaciones

Esta etapa involucró modelar el territorio para conocer las zonas más propensas a la ocurrencia de eventos potencialmente peligrosos desde la concepción de los eventos de movimientos en masa e inundaciones. Para ello se analizó información de diferentes ejes temáticos como la litología, la geología estructural, la geomorfología, las pendientes, las zonas de vida, ecología, etc.

En el caso de las precipitaciones la información usada ha sido generada a partir de la caracterización climática de las regiones y ha sido desarrollada por el SENAMHI. Este análisis y cruce de variables ha tenido que ser estructurado dentro de un modelo conceptual, plasmado en modelos funcionales que representan la realidad del territorio a través de criterios determinísticos. En función de ello se ha desarrollado actividades que se describen a continuación.

III. Identificación de áreas críticas y establecimiento de los probables impactos actuales

En base al mapa de susceptibilidad a procesos y eventos de remoción en masa y la estadística de eventos que han producido desastres, se determinaron las áreas territoriales más propensas a desastres. Esta parte del estudio incluyó la identificación de áreas críticas, lo que significa la determinación del área territorial, donde la susceptibilidad a los movimientos en masas del territorio es alta a muy alta y donde ocurren eventos peligrosos ya identificados e inventariados, cuya evolución o recurrencia afectará áreas urbanas, agrícolas e infraestructura (vial, energética, servicios).

Las zonas críticas son espacios territoriales acotados en centros poblados, vías terrestres, infraestructura productiva y/o infraestructura pública (instituciones educativas, locales de salud y otros), amenazados por uno o más eventos peligrosos, sean estos:

- Eventos activos o latentes, con posibilidades de desencadenarse por efecto de lluvias.
- Eventos que se han manifestado en el pasado y que actualmente es probable su ocurrencia.
- Eventos con reconocido nivel de recurrencia en base a estadísticas consultadas.

2.1 MARCO CONCEPTUAL

El Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES) ha desarrollado un enfoque conceptual sobre los desastres, el que se sintetiza en la siguiente frase:

“Los desastres no son naturales”

Si bien algunos peligros naturales tienen un potencial destructivo, sin embargo, los desastres no se explican meramente por la amenaza física misma, sino por las condiciones específicas en que se encuentran las personas y sus medios de vida al momento de presentarse un evento peligroso. Por ello los desastres no tienen por qué ser considerados como “naturales”.

Un desastre viene a ser entonces el resultado de la relación entre eventos naturales peligrosos (con una magnitud capaz de producir daños) y determinadas condiciones de vulnerabilidad que se explican por factores socioeconómicos y físicos preexistentes (tales como viviendas con deficiencias técnicas en su construcción, ubicación de edificaciones y obras de infraestructura en suelos inestables, cultivos poco resistentes al frío, en zonas donde la temperatura puede llegar a ser extrema, etc.)

En cuanto a los fenómenos naturales, no todos son peligrosos. 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 y otros. Así mismo, el peligro que representa un fenómeno natural puede ser permanente o pasajero. En todos los casos se le denomina así porque es potencialmente dañino.

Entendemos que la vulnerabilidad es la susceptibilidad a sufrir daño. La vulnerabilidad de una unidad social depende de su grado de exposición al peligro o amenaza, de su nivel de fragilidad o resistencia a la acción de un evento destructivo y de la capacidad de reponerse ante éste y recuperar las condiciones de vida previas.

La exposición se refiere a la localización en términos espaciales y temporales, es decir, en el lugar donde el peligro se desenvuelve y en el periodo en que suele ocurrir.

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

No todas las sociedades son igualmente vulnerables, algunas han asumido 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 así 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 y 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 ella misma es susceptible de ser afectada, sea por acción humana o por eventos de la propia naturaleza. Las intervenciones humanas equivocadas afectan los ecosistemas, agotan algunos recursos no renovables y depredan cobertura vegetal que constituye la protección natural que tiene el suelo ante eventos altamente erosionables, como 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 asegurar su existencia.

Los riesgos de desastres se generan en el mismo proceso del 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 riesgosas 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 se convierten en desastres cuando no han podido ser controlados a tiempo. Los riesgos son procesos construidos socialmente en los que participan los actores del desarrollo. En este sentido para poder reducir los riesgos de desastres hay que incorporar el enfoque de prevención en el proceso del desarrollo, lo que supone conocer el riesgo y proponer acciones del desarrollo que reduzcan riesgos o que no los incrementen.

Uno de los principales actores de la reducción de riesgos es la población, la cual necesita tomar conciencia sobre los riesgos y comprometerse a 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 peligrosos, desarrolla actividades que suscitan mayor actividad geodinámica, exacerbando los peligros o incluso creando nuevos; pero la población también es sujeto de transformación, y como producto de esas experiencias negativas, a lo largo del tiempo ha diseñado sus propias estrategias para protegerse, afrontar y recuperarse, lo cual significa conocimientos y experiencias que deben ser sistematizados.

Los movimientos en masa

Como parte de los procesos denudativos a los que está expuesta la corteza terrestre por la continua acción de agentes como temperatura, vientos, precipitaciones, etc., el relieve formado por el plegamiento tectónico es permanentemente desgastado por estos agentes climáticos, lo cual genera los movimientos en masa.

Bajo esta denominación se ha considerado un conjunto de eventos de geodinámica externa, como son; los derrumbes, deslizamientos, hundimientos, erosión, reptación, volcamientos, caída de rocas, flujos de detritos, flujos de lodo, aluviones y avalanchas. Este término es equivalente y viene a sustituir a “procesos de remoción en masa”.

Los movimientos en masa pueden ser de desarrollo lento o repentino y pueden referirse al desplazamiento de pequeñas, medianas o grandes porciones de roca y suelo desencadenados por la acción directa del agua, sea en estado líquido o sólido, o como resultado de movimientos sísmicos o bruscas variaciones climáticas.

El presente diagnóstico se ocupa de algunos de los peligros geodinámicos cuyo factor desencadenante es la acción de los agentes climáticos, como también de las inundaciones, como fenómeno resultante del incremento drástico de la escorrentía superficial.

2.2 SECUENCIA METODOLÓGICA

En esta etapa se detallan los procesos y métodos para poder llegar a cumplir con los objetivos del estudio. Es así que, en una primera fase, se desarrolla un acopio y análisis de información cartográfica y documental que precede al estudio.

En una segunda fase el equipo técnico desarrolló el análisis de la información, generando mapas temáticos y modelos conceptuales de peligros y vulnerabilidad que permitieron realizar diagnósticos de los procesos geodinámicos en la región, lo que nos permite caracterizarla físicamente ante la ocurrencia de diferentes tipos de eventos. A su vez, se elaboró el análisis de la vulnerabilidad por exposición de los diferentes elementos vulnerables como son los centros poblados y las vías, peligros geodinámicos de la región, vulnerabilidades que permiten dimensionar los probables daños y pérdidas que se podría tener.

Con todos los componentes antes mencionados, se identifican áreas críticas de riesgo relativo alto o muy alto, donde se ve el posible impacto de un evento potencialmente peligroso, y con ello la identificación de medidas a considerar por las autoridades regionales. Para poder seguir este proceso se definieron metodologías específicas para cada uno de los pasos, desde el trabajo de campo hasta el procesamiento de la información:

- a. Cartografiado de peligros geodinámicos.
- b. Ponderación y valoración del peligro.
- c. Generación de modelos funcionales – SIG.
- d. Análisis de la vulnerabilidad física.

2.2.1 Metodología para el cartografiado de peligros geodinámicos

El cartografiado de peligros geodinámicos es una base para el desarrollo del trabajo que implica la recopilación de información base y temática que será el soporte de información geográfica para todo el estudio. En tal sentido en esta etapa se precisan los pasos realizados para la obtención de la información y su procesamiento.

2.2.1.1 Recopilación de la información de base para el estudio

Dentro de la recopilación es necesario diferenciar el tipo de información requerida que puede ser de dos tipos: base y temática.

a) Información base.- Se considera aquella que conforma el mapa base de la región. Esta información es de carácter espacial ya que involucra la representación de entes geográficos y entes abstractos dentro del territorio.

La información está conformada por datos que representan los entes geográficos los cuales son tomados de la fuente oficial, es decir del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y comprende:

- Red hidrográfica
- Red Vial
- Curvas de nivel (topografía)
- Límites políticos administrativos
- Centros poblados (capitales distritales)

Esta primera fase del trabajo comprende el acopio de toda la información disponible sobre eventos de movimientos en masa e inundaciones que se han dado en el ámbito de la región Apurímac. Para esta recopilación, se han dado los siguientes pasos:

- La identificación de las fuentes de información donde se obtienen datos de los eventos considerados como movimientos en masa e inundaciones.
- Ordenamiento y depuración de los datos obtenidos, tanto de estadísticas de eventos y emergencias, como de estudios, informes, ponencias y otros documentos de análisis de la geodinámica externa del área de estudio.
- Establecimiento de la base de datos principal que va a ser sustento de los mapas SIG.

b) Información temática

La información temática propia de la geodinámica de las zonas de estudio es el elemento más importante al cual refiere todo este proceso de automatización de datos. La información que se utilizó básicamente fue a partir del inventario de peligros geodinámicos elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET a raíz de los “Estudios de Riesgos Geológicos” desarrollados a nivel de franjas en los años 2000 – 2004.

Los datos estadísticos utilizados tienen información que permite caracterizar cada uno de los eventos en función de su ubicación política y geográfica, del grado de afectación, y de las características particulares de cada uno de éstos.

Atributos de la información temática.- 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 de los componentes geográficos.

Todo tipo de información que contiene coordenadas puede ser espacializado dentro de un sistema de proyección. En este caso la información de inventario de peligros geodinámicos desarrollado por el INGEMMET

posee datos referidos a la ubicación geográfica definido por las coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), así también contiene información que permite ubicar los eventos en función de los límites políticos, y del mismo modo, complementando la información de ubicación podremos conocer el tipo de evento y el nivel de peligro expresado en una descripción del mismo.

2.2.1.2 Procesamiento de la información

En esta segunda etapa se elaboró y procesó la información cartográfica referente al inventario de eventos de movimientos en masa e inundaciones.

Considerando una escala de 1:350,000 para la región Apurímac se ha procedido a elaborar el mapa de localización de eventos, así como de otros referentes a infraestructura básica, usos del suelo, etc. para la determinación de la susceptibilidad del territorio a fenómenos de movimientos en masa e inundaciones. Una vez que se obtuvo el inventario de peligros de movimientos en masa desarrollado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, en una base de datos tabulados en formatos Excel, se tuvo que migrar la información a una base de datos espacial a través de Geoprocetos en ArcGis, los que se detallan a continuación.

a) Espacialización de la información estadística

Adecuando la información tabular en función de datos numéricos que expresan coordenadas geográficas y en formatos de tablas con separación tabular y estando lista esta información, se adjunta a la base de datos mediante la asignación de referencia espacial a cada uno de los datos tabulares a través de la herramienta *Display Data (XY)*, con este proceso cada uno de los datos estadísticos se convierten en información espacial que refiere a una zona determinada.

b) Asignación de referencias geográficas

Posterior a la espacialización de la información se procedió a configurar y añadir atributos como son los sistemas de referencia geográfica y los elementos cartográficos. Estos se definieron en función de las escalas de trabajo, asignando a la información un sistema de coordenadas geográficas en el sistema WGS 84.

c) Representación final de la información de peligros geodinámicos

Considerando que la información base y la información temática para la representación de los mapas ya tiene un sistema de coordenadas, estamos en la etapa de definir gráficamente la representación de los diversos peligros identificados en campo expresados a una escala y proyección bidimensional del terreno.

2.2.1.3 Insumo para modelos funcionales

El producto que se presenta al finalizar estos procesos es el primer paso que se plantea dentro del estudio ya que el objetivo final es definir áreas críticas, expresadas en modelos funcionales dentro de aplicación SIG. En este sentido la ubicación en función de coordenadas de los peligros geodinámicos es uno de los diferentes

pasos que más adelante se desarrollarán, donde los peligros geodinámicos servirán para calibrar los modelos que se desarrollen en función de la integración de elementos temáticos con el fin de definir las características de la región Apurímac.

2.2.2 Metodología para la ponderación y valoración del peligro

El definir la importancia de los elementos de una realidad, pasa por conocer cuál es la forma de intervención y el nivel de preponderancia que éste tiene dentro de un modelo conceptual que pretende representar y pronosticar el comportamiento del territorio ante la posible ocurrencia de eventos potencialmente peligrosos. Es así que la metodología para el desarrollo de las ponderaciones de los elementos pasa por dos aspectos que se definen a continuación:

2.2.2.1 Ponderación de unidades de un factor físico

En un modelo conceptual donde se superponen y se suman mediante un algebra de mapas diferentes factores, es necesario considerar las unidades que tiene cada uno de estos factores para su ponderación, considerando que cada una es particular para cada tipo de evento. En este sentido vemos que la necesidad de ponderar cada una de las unidades que conforman un factor tiene que estar sujeta al enfoque conceptual que se utiliza dentro de la gestión de riesgos.

Cuadro N° 2.1 Cuadro de ponderaciones de unidades de un factor

| PONDERACIÓN | PELIGRO |
|-------------|----------|
| 1 | Bajo |
| 2 | Medio |
| 3 | Alto |
| 4 | Muy Alto |

Considerando el cuadro anterior vemos un ejemplo de la forma en la que se considera la ponderación de las unidades dentro de un factor determinado, respetando la clasificación ya existente dada por el INDECI.

Ej. Ponderación de las pendientes para un modelo de susceptibilidad a inundación:

Considerando criterios de topografía y formación del relieve que serán explicados a profundidad más adelante, se procedió a ponderar y dar la importancia a cada una de las unidades que conforman el factor pendiente.

Cuadro N° 2.2 ponderaciones de las unidades de pendientes

| PONDERACIÓN | PELIGRO |
|-------------|---------|
| 0° - 1° | 4 |
| 2° - 5° | 4 |
| 6° - 15° | 2 |
| 16° - 25° | 1 |
| 26° - 50° | 1 |
| 50° - más | 1 |

Elaboración: PREDES

En el cuadro N° 2.2 vemos que a la zonas con pendientes entre 0° - 1° y 2° - 5° se le asignan ponderaciones más altas, lo que significa una mayor probabilidad de ocurrencia del evento en zonas que poseen estas características. De igual manera se pondera las unidades de los demás factores que intervienen en el modelo. Para el presente estudio los modelos desarrollados son los de susceptibilidad ante deslizamiento, huayco e inundaciones.

2.2.2.2 Asignación de pesos a los diferentes factores

Un modelo funcional es un producto que responde a la integración de factores que definen el comportamiento dinámico del territorio. En función de ello es que existen herramientas que nos permites integrar todos estos elementos.

Mediante el análisis espacial del módulo del *Model Builder del ARCGIS* podemos realizar esta integración, pero en función de los requerimientos del programa se pide asignar valores de importancia entre uno y otro factor, lo que permitirá definir el producto final.

Pero es clave precisar que las ponderaciones y los pesos que se le asignan a cada variable están sujetos a una realidad determinada, lo que implica que los modelos desarrollados para Apurímac no necesariamente son iguales para ser aplicados en Lima ya que las condiciones son claramente diferentes, motivo por el cual todos los pesos y ponderaciones dadas en este estudio únicamente funcionan en la región estudiada y con el tipo de información que se tiene como insumo. Para la aplicación en otras zonas tendría que definirse de forma particular.

Ejemplo de integración

Para el caso del modelo de susceptibilidad a deslizamientos en la región Apurímac se plantearon pesos para cada factor en función del conocimiento de la dinámica y de la importancia de cada uno de los factores para la ocurrencia de este tipo de evento, lo que se explicará en detalle en los siguientes capítulos.

Cuadro N° 2.3 ponderaciones de las unidades de pendientes

| FACTOR | PESO |
|--|------------|
| Cobertura vegetal | 15 |
| Litología | 15 |
| Geomorfología | 30 |
| Pendiente | 35 |
| Precipitación (media mensual de febrero) | 5 |
| TOTAL | 100 |

Elaboración: PREDES

2.2.3 Metodología para la generación de modelos funcionales – SIG

El diseñar una metodología de modelos funcionales pasa por diversas etapa, que van desde el acopio y depuración de la información, pasando por la generación de bases de datos geográficos, hasta definir las relaciones de integración de los factores que intervienen en el modelo para llegar a valores que mediante representaciones gráficas dan a conocer el nivel de susceptibilidad ante deslizamientos en la región.

2.2.3.1 Definición de los datos geográficos

Los datos recopilados describen las diferentes observaciones realizadas en el estudio y se almacenan en parte de un sistema con el objetivo de ser analizados y procesados para llegar a responder preguntas y resolver 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 2.1
Componentes básicos de los datos geográficos

2.2.3.2 Definición de modelo para el análisis geográfico:

En función de las características físicas del medio donde se desarrolla el estudio, y la relación de análisis y resultados que se espera, se optó por asumir el modelo entidad - relación para justificar la parte conceptual del proceso, ya que garantiza la organización de todos los factores en un solo esquema de representación. Este modelo es un medio efectivo para mostrar los requerimientos de información que deberá organizarse y documentarse para desarrollar el SIG.

El diseño del modelo lógico implica determinar la estructura de la base de datos el cual contiene la información alfanumérica e información gráfica, las que son capturadas con los atributos que describen las características, como identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter; además, se define la geometría (punto, línea o área), etc.

En esta etapa también se elaboran las estructuras donde 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 llevan a cabo más adelante, así como las consultas que se vayan a realizar, la estructura de la base de datos (gráfica y alfanumérica) y finalmente se hace un diseño detallado de lo que contendrá la información cartográfica y de la presentación que tendrán los productos normalmente.

2.2.3.3 Diseño de la Geodatabase

2.2.3.4 Diseño de modelo funcional

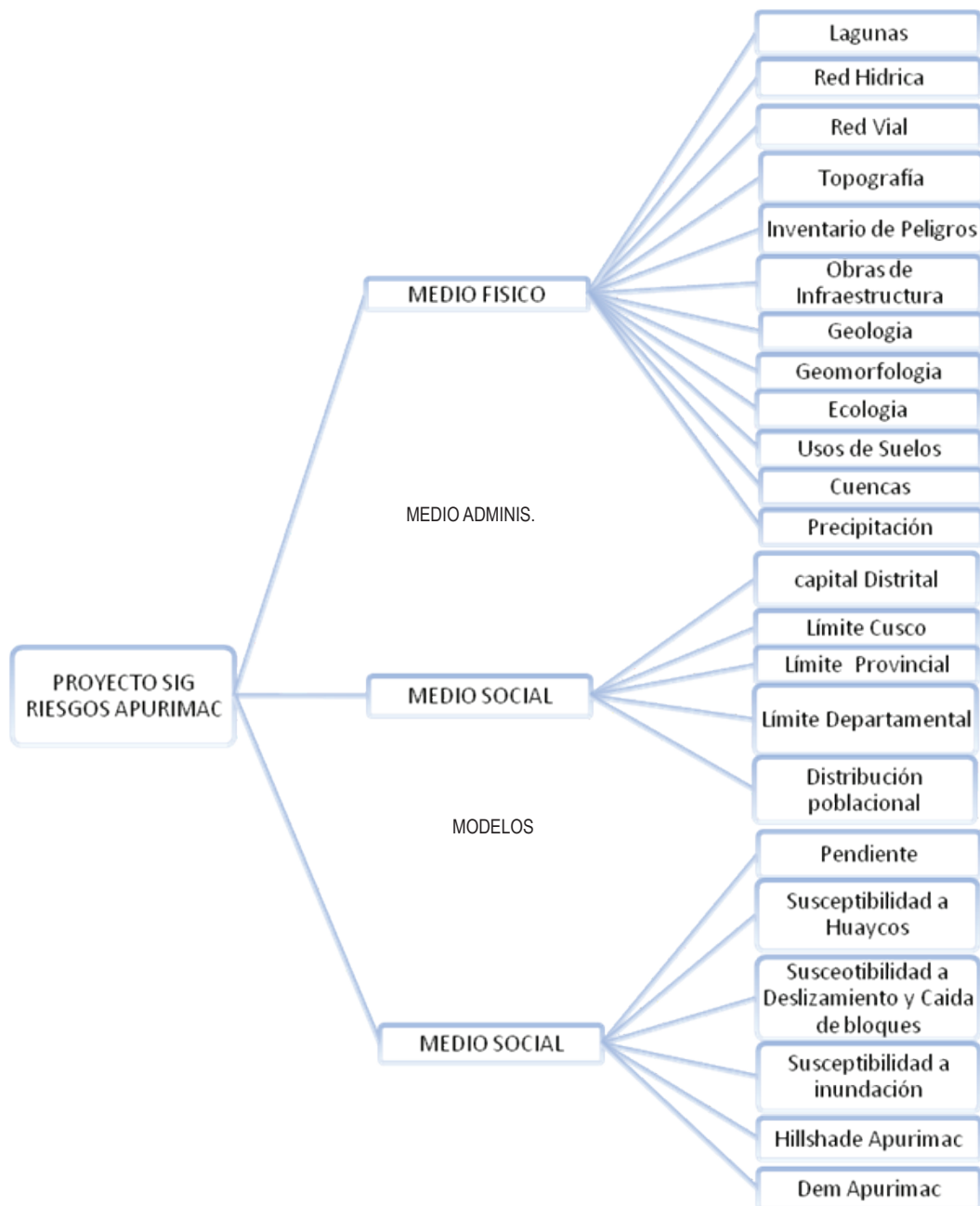


Figura 2.2 Diseño de la base de datos geográfica
Elaboración: PREDES

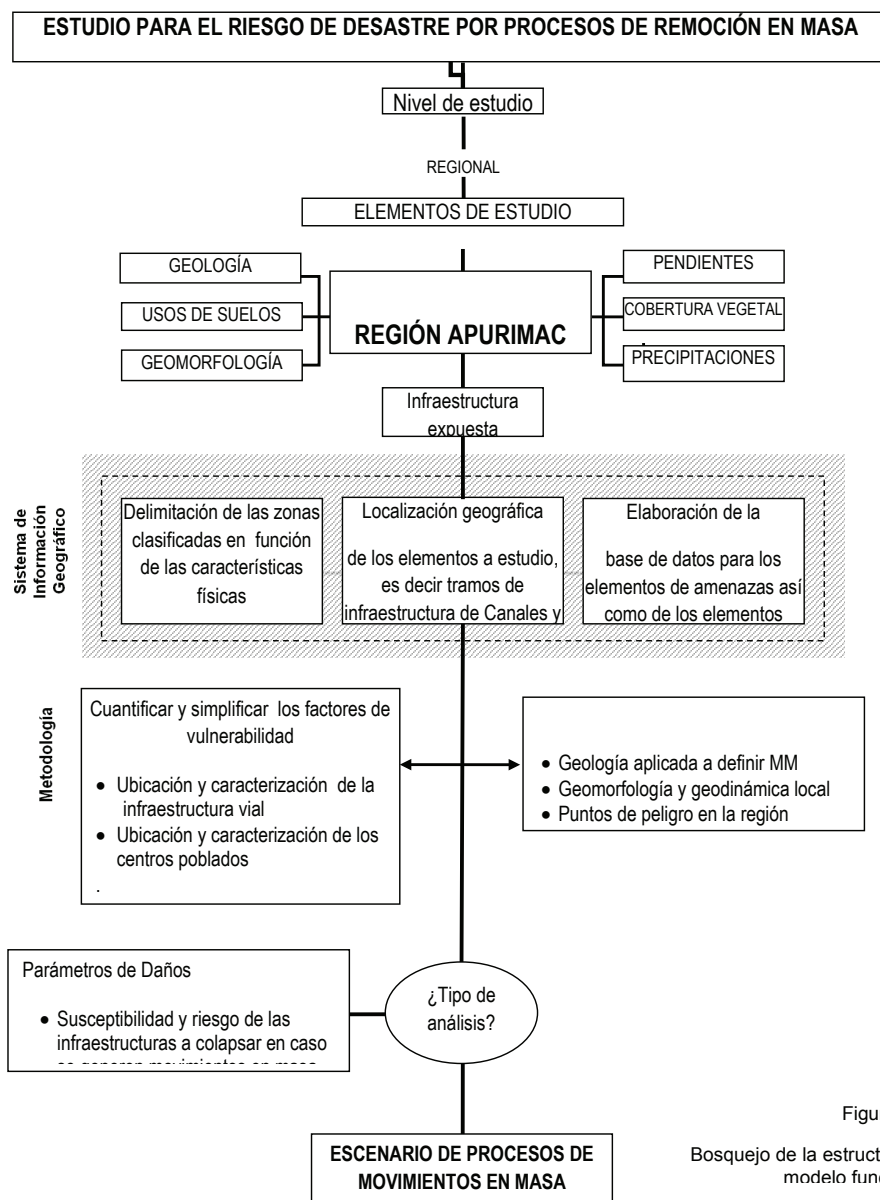


Figura 2.3

Bosquejo de la estructura el modelo funcional

2.2.3.5 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 con información generada a partir de la ZEE de la región Apurímac, con datos proporcionados por el gobierno regional y con datos de precipitaciones proporcionados por el SENAMHI.

Para el diseño funcional de la cartografía y planos que serían 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 cartografía fotogramétrico.
- Corrección de mapa de pendientes en función del DEM y observaciones de campo.
- Diseño de y digitalización de mapas geológico, geomorfológico y geodinámico,
- Con relaciona a la información de vulnerabilidad se re proyecto las capas de límite urbano previamente sectorizado desde un Sistema Geográfico a un sistema proyectado en coordenadas UTM, a partir del cual se llenó la base de datos para cada componente.
- Llenado de la base de datos tanto de la información.
- Definición de Proyección UTM.
- Definición de la zona del Esferoide Internacional.
- Elaboración de un modelo conceptual para desarrollo de mapas de susceptibilidad a Huaycos, deslizamiento e inundación.

2.2.3.6 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 en el que 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 movimientos en masa, que se refiere al tipo de depósito y el material constitutivo del territorio, la permeabilidad, la litología de las rocas y su estructura, y la alteración y meteorización.

En la evaluación de peligros de generación de movimientos en masa 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 región Apurímac debido que tiene una morfodinámica muy intensa, es así que la topografía, la pendiente de las laderas y los cambios fuertes de pendiente, son elementos trascendentes en relación a la generación de movimientos en masa.

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

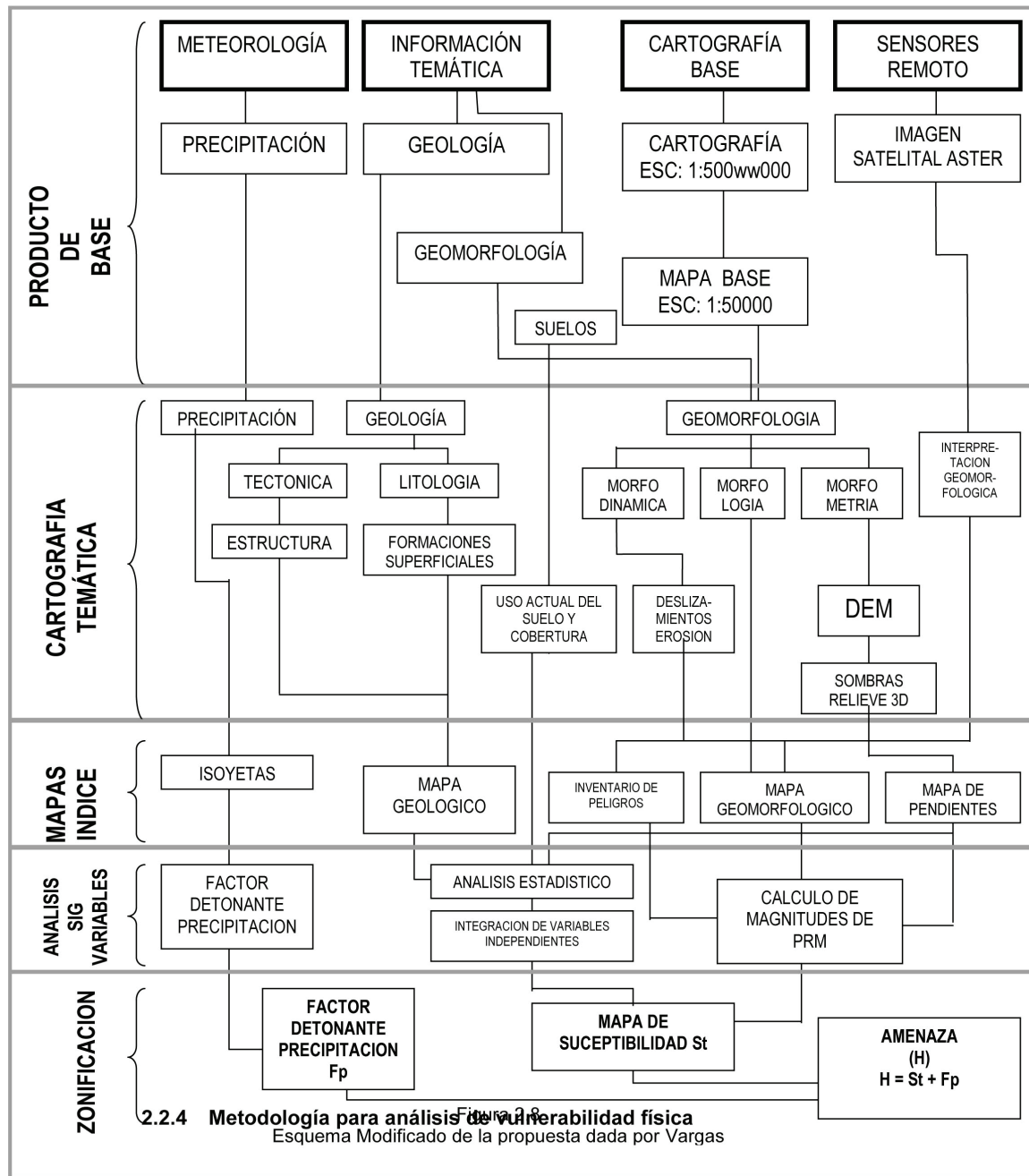
El elemento activo desencadenante de movimientos en masa son las precipitaciones porque alteran los procesos geológicos.

Los elementos mencionados deben interactuar para poder determinar un modelo que nos permita conocer cuál es el comportamiento de los factores intrínsecos cuando son alterados por los factores extrínsecos en un contexto de cambio climático donde la agresividad de la precipitación va en aumento.

En resumen, conociendo las características físicas intrínsecas de la región y los aspectos extrínsecos podríamos zonificar los eventos de movimientos 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 en el contexto de cambio climático.

DIAGRAMA METODOLÓGICO DE ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA
(Fuente primaria – Modelo de Germán Vargas Cuervo)



1.1.4 Metodología para análisis de vulnerabilidad física

La metodología empleada ha consistido, por un lado, en el análisis de los elementos vulnerables dentro de un ámbito expresado a nivel de región donde las aproximaciones permiten hacer un análisis por exposición y cercanía a los elementos de peligro y por otro lado, la forma de definir la vulnerabilidad física de los elementos tanto de infraestructura como asentamientos poblacionales, que es la de superponer geográficamente estos elementos sobre los mapas definidos a través de modelos ante diferentes eventos estudiados para luego asumir el nivel de vulnerabilidad y/o exposición por la característica del territorio en el cual se ubica los elementos. Esto permite identificar zonas críticas donde se tiene la intersección entre zonas de alto peligro donde se ubican infraestructura y población.

Cuadro N° 2.4 Rangos de vulnerabilidad

| Criterio | Vulnerabilidad |
|---|-----------------------|
| 1. Alejado de zonas de peligro, ubicada en zonas físicamente estables | Bajo |
| 2 Próximo a zonas de peligro, ubicada en zonas físicamente estables próximas a zonas inestables | Medio |
| 3 Muy Próximo a zonas de peligro, ubicada en zonas físicamente en zonas inestables | Alto |
| 4 Ubicado sobre zona de alto peligro físicamente inestable. | Muy Alto |



3 GESTIÓN DE RIESGOS EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

3.1 GESTIÓN DE RIESGOS EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Las amenazas naturales que se manifiestan en la región Apurímac obedecen a procesos que se desarrollan desde hace muchos siglos como parte del modelamiento del relieve geográfico. Algunos de estos peligros naturales se deben a la acción directa de agentes hidro-meteorológicos, como son la temperatura y la precipitación pluvial, que originan las avenidas de temporada y los posteriores desbordes de los cursos de agua, mientras que hay otras amenazas que tienen que ver con procesos geológicos de desgaste del manto rocoso y suelo, como son los denominados “movimientos en masa”.

Sea de una manera directa o indirecta, siempre el detonante o agente desencadenante de estos movimientos en masa e inundaciones es la precipitación pluvial, cuyo régimen está sometido al comportamiento cíclico del clima. Por ello la variabilidad climática está ligada a estos procesos.

La variabilidad climática juega un rol primordial en el desencadenamiento de los procesos naturales, como son los movimientos en masa e inundaciones, agudizados muchas veces por la propia acción humana a través de sus acciones depredatorias.

El calentamiento global como fenómeno particular de la época actual se manifiesta en una intensificación de la variabilidad climática y el retroceso de los glaciares, y por tanto contribuye al incremento de estos eventos que tienen potencial destructivo. En este contexto toda acción humana que no toma en cuenta estos peligros, haciendo uso indiscriminado de los recursos naturales, desertificando o desestabilizando laderas, ocupando las franjas ribereñas o emplazando obras en lugares inseguros, se expone a sufrir graves pérdidas de vidas y bienes.

La base de datos DesInventar (1970-2006) que ha recopilado los impactos de estos procesos naturales, tanto de origen hidrometeorológico como geológico, pone en evidencia el carácter cíclico de los factores desencadenantes, pero también muestra tendencias de incremento de los eventos que devienen en desastres sobre la región retardando su desarrollo.

Estas tendencias que relacionan el tiempo y la recurrencia de los eventos nos permiten analizar las distintas variables y efectos que estos generan en distintos ámbitos sociales, económicos y productivos, dañando su infraestructura.

El siguiente cuadro se basa en la información de la ésta base de datos:

Numero de desastres Apurimac

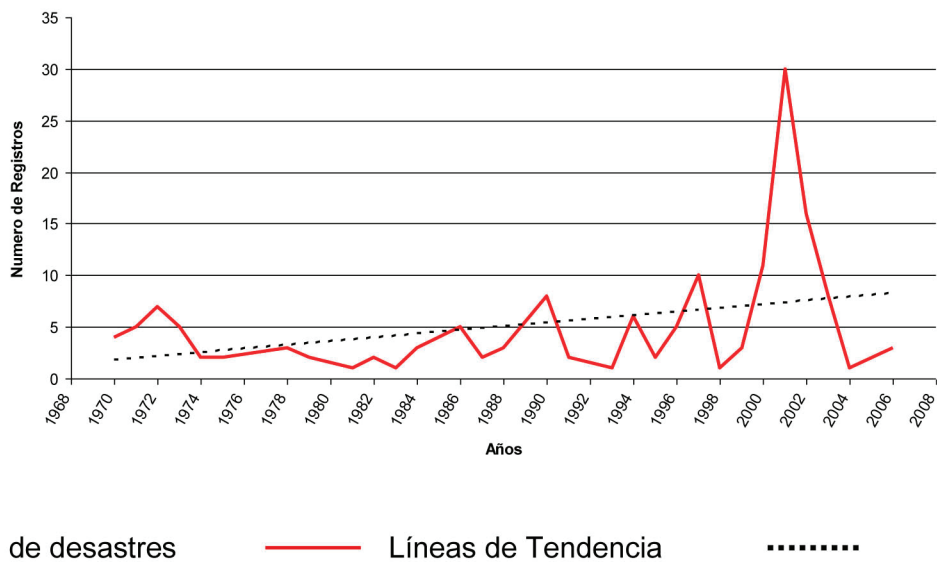


Gráfico 1 – Desastres ocurridos en los años (1987 - 2006) - APURÍMAC

La evolución de los valores de recurrencia es debida a la inexistencia de planificación en el creciente asentamiento y densificación de zonas urbanas en alto riesgo, como son las fajas marginales de los ríos, laderas inestables, etc. Este aumento de agentes expuestos a la ocurrencia de eventos potencialmente peligrosos conlleva al incremento de los desastres y por lo tanto al valor de las pérdidas económicas.

Recurrencia de desastres Climáticos en la Región Apurimac (1970 - 2006)

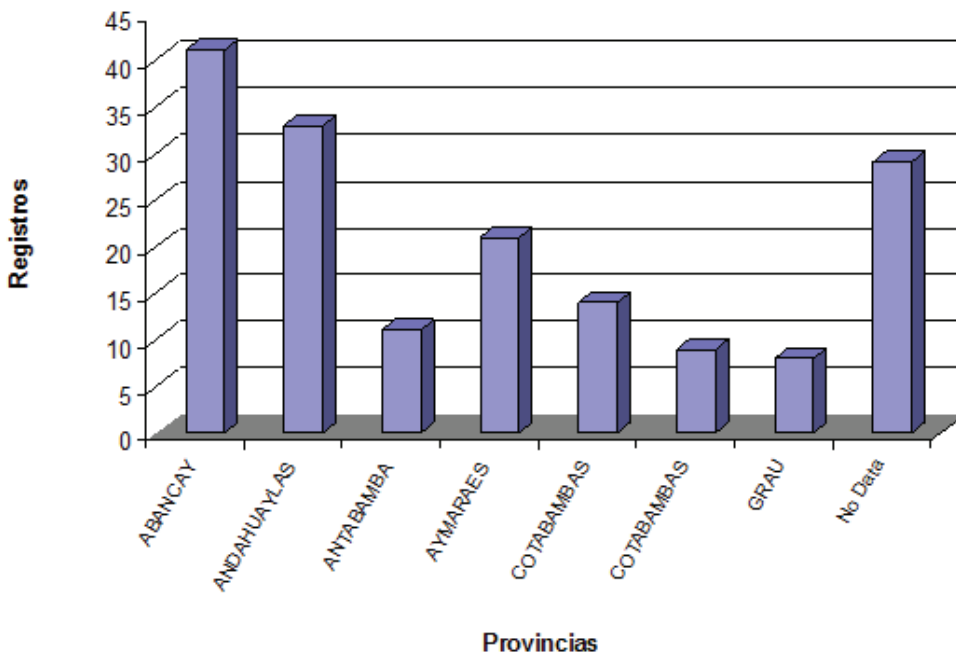


Gráfico 2 – Recurrencia de desastres por lluvias (1970 – 2006) - APURÍMAC

El gráfico anterior muestra a las provincias de Abancay y Andahuaylas como foco de la ocurrencia de desastres por la precipitación intensa que recibe, pero esto no quiere decir que allí sean mayores que en toda la región, sino que las ciudades capitales de estas dos provincias concentran una mayor cantidad de elementos vulnerables y población susceptibles de ser afectados, por ello el gráfico sólo refleja la extrema vulnerabilidad de las concentraciones urbanas expuestas a los eventos climáticos.

En otras palabras, estos resultados no corresponden enteramente al comportamiento climático o meteorológico, sino también al comportamiento antrópico que exagera los efectos de eventos cíclicos y naturales.

3.2 Evidencias del cambio climático y la agudización de los procesos geodinámicos e hidroclimáticos.

En la medida que la región Apurímac pertenece a una zona de montaña o sierra, está expuesta normalmente a regímenes pluviales de moderados a intensos, especialmente en temporada lluviosa (meses de diciembre a marzo), de tal modo que el cambio climático como efecto del calentamiento global va a incidir de alguna forma aún no conocida en su totalidad sobre la profundización de los extremos de temperaturas y precipitaciones, ya que según los informes de SENAMHI la temperatura está en un ascenso promedio muy ligero y la precipitación aún en niveles muy erráticos que no permite definir tendencias. En contraste con el común decir de la población, “hoy en día el calor y el frío se perciben más intensos”, incluso en cualquier época del año.

La consecuencia directa viene a ser la presencia de “crisis climáticas” que en décadas anteriores no se conocían. Un ejemplo reciente se ha dado a comienzos del año 2010 con un intenso período de lluvias entre Apurímac y Cusco, multiplicándose el caudal normal de temporada, provocando inundaciones que resultaron en cuantiosos daños materiales, incluyendo la pérdida de varios puentes como el que une Apurímac con Ayacucho.

Otro aspecto importante es la evidencia del retroceso de los glaciares de la zona. Contrariamente a lo que pueda pensarse, la pérdida rápida del volumen de los glaciares no reduce el peligro de aluviones ya que la agudización de los cambios de temperatura agrieta los nevados, siendo más proclives aún a la fractura y desprendimiento de grandes bloques de hielo. Se han dado casos recientes, como por ejemplo, la posibilidad de un gran flujo de aluvión proveniente de las alturas del nevado Ampay y la laguna Uspaycocha sobre la ciudad de Abancay.

En resumen, podemos afirmar que la región Apurímac es un territorio sumamente sensible a la variabilidad climática como factor desencadenante de los procesos de movimientos en masa e inundaciones. Este hecho demanda trabajar intensamente sobre las condiciones de vulnerabilidad, reduciendo la exposición de los medios de vida y población a dichos peligros, especialmente en las zonas críticas cuya susceptibilidad a sufrir eventos geodinámicos es mayor.



4 CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS GEODINÁMICOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PELIGROS GEODINÁMICOS EN LA REGIÓN

Los eventos geodinámicos considerados como movimientos en masa e inundaciones identificados en esta región son los siguientes:

4.1.1 Aluvión

Se denomina así, al flujo de lodo y rocas generado por el desprendimiento de un glaciar o nevado que se desplaza por un río o quebrada seca. Por el gran volumen de la masa transportada es capaz de sepultar pueblos enteros y generar grandes embalses en los ríos donde alcanza a descargar.

En Apurímac se producen aluviones en las quebradas que descienden del nevado Ampay (5,198 msnm). Como se aprecia en el anexo ya se han estudiado eventos de esta naturaleza, sin embargo no hay un mapa de zonificación frente a este tipo de amenaza para los centros poblados dentro la influencia del nevado.

Los aluviones son fenómenos muy ligados al cambio climático ya que los nevados retroceden fragmentándose, con lo cual el desprendimiento de grandes bloques sobre diques de morrenas de antiguas avalanchas desencadena estos procesos.

4.1.2 Caídas (desprendimiento de rocas)

Este tipo de fenómeno ocurre cuando se separan y/o ruedan bloques rocosos de taludes empinados, sea como producto del humedecimiento de laderas generalmente por acción de precipitaciones pluviales o por otros eventos como los sismos.

La energía potencial contenida en las rocas sueltas depende de su masa y la altura a la que se encuentran respecto al lugar afectable. Al cambiar su estado de reposo ésta se transforma en energía potencial, cuya fuerza y capacidad destructiva dependerá de la inclinación de la ladera sobre la que se desplaza y la distancia que recorrerá.

El daño que ocasione estará en función de las otras rocas que llegue a movilizar y de las obras y vidas interpuestas en su trayectoria. Por lo general las rocas caen sobre vías de transporte como líneas férreas y carreteras, bloqueándolas o destruyéndolas. Muchos de estos eventos se explican por el corte y desestabilización de los cerros que ha producido el ser humano al construir estas obras. Se puede decir que la intervención antrópica en la generación de este tipo fenómeno es de primer orden.

En la región Apurímac son frecuentes los desprendimientos y rodadura de rocas que ocasionan el corte de carreteras. Existen zonas muy propensas a estos eventos, siendo destacables las laderas de la vía Abancay-Chalhuanka, en las que se presentan periódicamente estos eventos especialmente en época de lluvias (diciembre a marzo).

4.1.3 Caídas (derrumbes)

Este tipo de fenómeno de movimiento en masa consiste en el brusco desplome parcial de un talud o escarpa. Se presenta como un repentino colapso de una porción significativa de material de cobertura del manto rocoso, también denominado depósito residual al perder su cohesión interna, ya sea por saturación (presencia de agua) o efecto de un movimiento sísmico u otro agente externo (incluida la acción humana).

En Apurímac este tipo de evento se produce en distintas zonas del territorio aunque de diferentes características según el piso ecológico y la geomorfología de la zona. Por ejemplo la vía entre Abancay y Andahuaylas frecuentemente es interrumpida por derrumbes de laderas inestables sobre esta carretera.

4.1.4 Deslizamiento

Se constituye junto a las inundaciones como uno de los fenómenos más comunes de geodinámica externa en la zona andina. El deslizamiento se entiende como un desplazamiento masivo de una porción significativa de suelo o ladera siguiendo un determinado plano de falla pudiendo ser éste plano o cilíndrico.

A lo largo de la región Apurímac todas las provincias presentan este tipo de fenómenos cuyos factores de desencadenamiento han sido muy estudiados, pero las medidas para mitigarlos son escasamente implementadas. El caso más relevante se produjo en el último tramo del kilómetro 30 de la carretera Cusco – Abancay. Los deslizamientos y derrumbes afectan la base de esta vía asfaltada constituyendo un grave peligro para el transporte terrestre.

4.1.5 Erosión de laderas

Es uno de los procesos de desgaste natural de la superficie de los cerros consistente en el desprendimiento y transporte de material del suelo o la roca por la acción directa de un agente físico, como puede ser el agua, el viento, el hielo o la acción humana. Esta acción generalmente es lenta pero persistente y determina el debilitamiento de la estabilidad de la ladera y por lo tanto coadyuva a su colapso, sea como derrumbe o como deslizamiento.

En Apurímac un caso extendido es el proceso erosivo de laderas a partir de la intervención humana, como el corte de cerros para el desarrollo de carreteras o para extraer materiales de construcción, ya que al variar la pendiente natural de reposo de los taludes que se han formado en miles de años se inicia la erosión de la ladera a partir de su base inferior de manera regresiva.

4.1.6 Erosión fluvial

Otro proceso típico es el desgaste natural de las terrazas en las riberas de los ríos por acumulación de sedimentos en época de avenidas. Consiste en la socavación que genera lateralmente la corriente, especialmente en la parte externa de las curvas que describe el río y se combina con el proceso de sedimentación, lo que va a determinar la colmatación de cauces y por ende favorece nuevas inundaciones.

Este proceso generalmente es lento aunque se acelera durante la crecida del caudal de escorrentía durante la temporada de lluvias especialmente en tramos angostos de los cauces, generando derrumbe de terrazas y la incorporación brusca de material sólido al río.

Toda obra de infraestructura tales como bocatomas, puentes, presas, etc. que hayan sido sustentadas en estas terrazas pueden llegar a colapsar por la erosión, incluso en una misma temporada de lluvias.

En la región se tienen muchos casos de debilitamiento y colapso de estructuras ante crecidas extraordinarias de los ríos, como los puentes a lo largo de las vías Abancay-Andahuaylas y Abancay-Chalhuanka. En la ciudad de Andahuaylas los puentes que cruzan el río Cumbe se encuentran seriamente afectados por la erosión.

4.1.7 Flujos (huaycos)

Los flujos de lodo o detritos más conocidos en el Perú como huaycos, son fenómenos muy frecuentes y localizados en zonas intermedias y bajas de los andes en ambas vertientes.

Los flujos o huaycos consisten en una descarga relativamente violenta y turbulenta de una masa de agua, sedimentos, rocas de diverso tamaño y en algunos casos vegetación que se desplaza sea a lo largo de una quebrada seca o en un río de pendiente pronunciada. Su inicio está determinado por intensas precipitaciones que llegan a saturar las partes altas o medias de una cuenca o vaso receptor. En algunos casos su detonante es la ruptura de diques luego de haberse producido deslizamientos o derrumbes que embalsan al río.

El grado de peligrosidad de un huayco va depender de la intensidad y duración de la precipitación pluvial, el volumen de material suelo acumulado o incorporado al sistema de drenaje de cauces secundarios y principal y finalmente la pendiente de la zona de transporte y descarga de esta cuenca.

En Apurímac hay varias zonas en las que se presenta este tipo de fenómeno, como por ejemplo en las grandes quebradas que son cortadas por la carretera en el tramo entre puente Cunyac y el poblado de Curahuasi. El huayco más grande es el que baja por la denominada Quebrada Honda por las víctimas que ha cobrado en años anteriores. En esta zona recientemente se ha construido un puente en curva que ha reducido parcialmente el riesgo.

4.1.8 Hundimiento

Se denomina así al brusco desplazamiento vertical de una masa de suelo o roca, debido a una falla estructural en la bóveda de una cavidad subterránea, generalmente asociadas a formaciones de calizas que se encuentran en disolución.

4.1.9 Inundación

La inundación aunque no puede ser identificada como un fenómeno de movimientos en masa, sin embargo, siendo un producto del desborde de ríos o lagunas luego de lluvias intensas en toda una cuenca, está muy vinculada a los mismos factores climáticos que desencadenan los demás eventos de geodinámica externa. Otro tipo de inundación es la que se da como resultado directo de intensas precipitaciones pluviales que al caer en zonas urbanas llanas o cultivos generan gran acumulación de agua por empozamiento. Este fenómeno de geodinámica externa puede también ser resultado de otro evento, como por ejemplo un aluvión, ya que éste al descargar gran cantidad de sedimentos a un río, producirá su colmatación y lo embalsará. La ruptura del dique natural formado por el aluvión o huaycos determinará una gran inundación sobre los poblados río abajo.

Las zonas más propensas a las inundaciones son las que tienen cursos de agua de escasa profundidad o se encuentran estrechados por la acción humana. Estos puntos serán de probable inundación en época de avenida estacional.

4.1.10 Movimientos complejos

Este tipo de movimiento involucra dos o más eventos, sea como partes integrantes de la masa en movimiento o en algún momento de su desarrollo. Algunos autores no lo consideran como movimiento sino como una actividad múltiple en la que se asocian dos o más tipos de fenómenos.

En zonas próximas a Chalhuanca se dan eventos en los que se combinan derrumbes, deslizamientos y huaycos.

4.1.11 Reptación de suelos

Es un fenómeno poco frecuente y de tipo lento de tal forma que puede pasar inadvertido durante cierto tiempo. Consiste en el desplazamiento horizontal de una porción grande de un suelo sin poder identificarse una superficie de falla. Puede ser de tipo estacional y por ende ligado a cambios climáticos o humedecimiento persistente del suelo o de tipo verdadero cuando el desplazamiento es continuo en el tiempo.

La reptación puede cubrir extensas áreas incluyendo centros poblados en su interior.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEODINÁMICOS EN LA REGIÓN APURÍMAC EN CADA PROVINCIA

En esta sección consignaremos a partir de los resultados del mapeo de eventos en SIG, los procesos de movimiento en masa e inundaciones que se presentan en las 7 provincias de Apurímac.

Es necesario indicar que para el caso de la región Apurímac, INGEMMET ha inventariado más de 500 lugares donde se han producido al menos en una ocasión. En los cuadros siguientes al lado de cada tipo de evento se señala el número de lugares geográficos en los que se ha presentado. Posteriormente tomando información de otras fuentes hemos completado un total de 538 lugares de eventos peligrosos.

Como información complementaria se presentan los distritos y zonas críticas afectadas por estos eventos donde podemos verificar los lugares proclives a los peligros identificados y georeferenciados.

Las fuentes secundarias a las que hemos recurrido son, la información recopilada por la base de datos DesInventar (1970-2009) y el registro de emergencias de INDECI (2003-2009).

4.2..1 Abancay

Cuadro N° 4.1.1 Número de lugares sujetos a movimientos en masa en Abancay

| Peligro | Lugares |
|---------------------|------------|
| Aluvión | 2 |
| Caída | 76 |
| Deslizamiento | 36 |
| Erosión fluvial | 4 |
| Erosión laderas | 6 |
| Flujo | 10 |
| Inundación | 3 |
| Movimiento complejo | 8 |
| Reptación | 1 |
| Total | 146 |

Fuente: INGEMMET

Cuadro N° 4.2 Registros de desastres en Abancay - DesInventar

| Provincias | Avenida torrencial | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|--------------|--------------------|---------------|----------|------------|
| Abancay | | 3 | 1 | 2 |
| Curahuasi | 1 | 1 | 6 | 1 |
| Tamburco | | | 1 | |
| Total | 1 | 4 | 8 | 3 |

Fuente: DesInventar:

Cuadro N° 4.3 Registros de emergencias en Abancay

| Distrito | Derrumbe | Deslizamiento | Inundación | Reptación | Huayco |
|--------------|----------|---------------|------------|-----------|----------|
| Abancay | 1 | 10 | 8 | 1 | 2 |
| Circa | | 3 | 4 | | 1 |
| Curahuasi | | 1 | 3 | | 3 |
| Huanipaca | 2 | 1 | 1 | | 1 |
| Lambrama | 3 | | 2 | | |
| Pichirhua | 2 | 3 | 1 | | 2 |
| Tamburco | | | 8 | | |
| Total | 8 | 18 | 27 | 1 | 9 |

Fuente: INDECI- Emergencias

Peligros Principales en Abancay

En la provincia predominan los movimientos en masa asociados a caída de rocas, así como los deslizamientos. Los huaycos y aluviones se dan apenas en 12 lugares, sin embargo el impacto de estos eventos puede ser muy significativo. Se debe tener en cuenta que la ciudad de Abancay se sitúa a menos de 10 km de la cumbre del nevado Ampay y tiene 2 importantes cauces de drenaje que alcanzan la zona urbana.

La información de DesInventar ratifica la predominancia de los deslizamientos y los huaycos. En menor importancia están las inundaciones. Por su parte los registros de emergencias de INDECI colocan a las inundaciones como el mayor peligro y además reiteran que son los deslizamientos, los eventos de movimientos en masa más extendidos en el ámbito provincial. En cuanto a los distritos, Abancay concentra la mayor parte de los deslizamientos e inundaciones y es el distrito más poblado de la provincia (53%). Otro distrito que reporta inundaciones frecuentes es Tamburco.

4.2.2 Andahuaylas

Cuadro N° 4.4.1 Número de lugares sujetos a movimientos en masa en Andahuaylas

| Peligro | Lugares |
|---------------------|-----------|
| Caída | 23 |
| Deslizamiento | 15 |
| Erosión fluvial | 3 |
| Erosión laderas | 13 |
| Flujo | 19 |
| Hundimiento | 1 |
| Inundación | 11 |
| Movimiento complejo | 4 |
| Reptación | 2 |
| Total | 91 |

Fuente: INGEMMET

Cuadro N° 4.5 Registros de desastres en Andahuaylas - DesInventar

| Provincias | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|----------------------|---------------|----------|------------|
| Andahuaylas | | 1 | 2 |
| Andarapa | | | 1 |
| Huancarama | 1 | 2 | |
| Huancaray | 1 | | 1 |
| Pacobamba | | 1 | 1 |
| Pampachiri | | 1 | |
| San Antonio de Cachi | | | 1 |
| Talavera | 2 | 1 | 1 |
| Total | 4 | 6 | 7 |

Fuente: DesInventar:

Cuadro N° 4.6 Registros de emergencias en Andahuaylas

| Distrito | Derrumbe | Deslizamiento | Inundación | Huayco |
|--------------------|----------|---------------|------------|----------|
| Andahuaylas | 1 | 4 | 11 | 1 |
| Andarapa | | | 1 | 1 |
| Chiara | | 1 | | |
| Huancarama | | 2 | | |
| Huayana | | 1 | | |
| Kishuara | | 4 | 1 | |
| Pacobamba | | 2 | | |
| Pacucha | | | 1 | |
| S. Ant. de Cachi | | 1 | | |
| S. Maria de Chicmo | | 1 | 2 | |
| San Jerónimo | 2 | 2 | 8 | |
| Talavera | 1 | 2 | 2 | |
| Tumay huaraca | | 1 | | |
| Turpo | | | 1 | |
| Total | 4 | 21 | 27 | 2 |

Fuente: INDECI- Emergencias

Peligros principales en Andahuaylas

En esta provincia se presenta gran variedad de eventos de movimientos en masa como la caída de rocas, los huaycos, los deslizamientos, los procesos erosivos y las inundaciones, pero los más frecuentes de acuerdo a la fuente estadística de DesInventar son las inundaciones, los huaycos y los deslizamientos. Así mismo, las emergencias registradas por INDECI confirman que las inundaciones y los deslizamientos son los eventos de mayor recurrencia.

Los distritos de Andahuaylas y San Jerónimo concentran la mayor parte de las inundaciones de la provincia. Los deslizamientos (11 distritos) y los huaycos (5), se presentan en todo el territorio.

4.2.3 Antabamba

Cuadro N° 4.7.1 Número de lugares sujetos a movimientos en masa en Antabamba

| Peligro | Lugares |
|---------------------|-----------|
| Caída | 9 |
| Deslizamiento | 4 |
| Erosión fluvial | 2 |
| Erosión laderas | 3 |
| Flujo | 6 |
| Inundación | 1 |
| Movimiento complejo | 1 |
| Reptación | 3 |
| Total | 29 |

Fuente: INGEMMET

Cuadro N° 4.8 Registros de desastres en Antabamba - DesInventar

| Provincias | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|--------------|---------------|----------|------------|
| Antabamba | 2 | 1 | |
| Huaquirca | | 1 | |
| Oropesa | | 1 | 1 |
| Sabaino | 1 | | |
| Total | 3 | 3 | 1 |

Fuente: DesInventar:

Cuadro N° 4.9 Registros de emergencias en Antabamba

| Distrito | Derrumbe | Deslizamiento | Inundación | Huayco |
|--------------|----------|---------------|------------|----------|
| Antabamba | 2 | | 2 | 1 |
| Huaquirca | | | | 1 |
| Oropesa | 1 | 1 | 1 | |
| Sabaino | | 1 | | |
| Total | 3 | 2 | 3 | 2 |

Fuente: INDECI- Emergencias

Peligros Principales en Antabamba:

En la provincia se presentan 7 tipos de eventos tipificados como movimientos en masa, especialmente la caída rocas, los deslizamientos y huaycos. También se presentan de manera importante el fenómeno de reptación de suelos. De todos ellos desatacan la caída de rocas y los huaycos. La mayor parte de estos eventos (deslizamientos, derrumbes e inundación) se dan en el distrito de Antabamba.

4.2.4 Aymaraes

Cuadro N° 4.10 Número de lugares sujetos a movimientos en masa en Aymaraes

| Peligro | Lugares |
|---------------------|------------|
| Caída | 42 |
| Derrumbe | 2 |
| Deslizamiento | 7 |
| Erosión fluvial | 13 |
| Huayco | 34 |
| Movimiento complejo | 3 |
| Reptación | 1 |
| Total | 102 |

Fuente: INGEMMET

Cuadro N° 4.11 Registros de desastres en Aymaraes - DesInventar

| Provincias | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|--------------|---------------|----------|------------|
| Capaya | | 1 | |
| Caraybamba | 1 | | |
| Chalhuanca | 3 | 2 | |
| Chapimarca | 2 | 1 | |
| Cotaruse | 3 | 1 | |
| Huayllo | 1 | | |
| Lucre | | 1 | |
| Tapairihua | | 2 | |
| Toraya | | | 1 |
| Yanaca | 1 | | |
| Total | 11 | 8 | 1 |

Fuente: DesInventar

Cuadro N° 4.12 Registros de emergencias en Aymaraes

| Distrito | Derrumbe | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|-------------------|----------|---------------|----------|------------|
| Chalhuanca | | 1 | | |
| Cotaruse | | | | 1 |
| J.Apu Sahuaraura | 1 | | | |
| Lucre | | | | 1 |
| S. Juan de Chacña | | | | 1 |
| Sañayca | | 2 | | 1 |
| Tapairihua | | 1 | 4 | |
| Tintay | | | | 2 |
| Toraya | | | | 1 |
| Total | 1 | 4 | 4 | 7 |

Fuente: INDECI- Emergencias

Peligros principales en Aymaraes:

Esta provincia muestra una mayor actividad (102 puntos georeferenciados) comparada con otras de la región. Destacan los sitios donde se presentan la caída de rocas y los flujos o huaycos. También se dan con intensidad los procesos erosivos por acción de los ríos y en menor medida los deslizamientos, sin embargo las fuentes complementarias nos señalan que los eventos más frecuentes son los deslizamientos, los huaycos, aunque las estadísticas recientes apuntan a las inundaciones como las de mayor recurrencia. En este sentido se ha identificado a Chalhuanca como el distrito de mayor actividad geodinámica y es además el de mayor población urbana de la provincia.

4.2.5 Chincheros

Cuadro N° 4.13 Número de lugares sujetos a movimientos en masa en Chincheros

| Peligro | Lugares |
|-----------------|-----------|
| Caída | 42 |
| Deslizamiento | 14 |
| Erosión Laderas | 2 |
| Huayco | 21 |
| Inundación | 1 |
| Total | 80 |

Fuente: INGEMMET

Cuadro N° 4.14 Registros de desastres en Chincheros - DesInventar

| Provincias | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|--------------|---------------|----------|------------|
| Anco_Huallo | | | 1 |
| Huaccana | 1 | 1 | |
| Ocobamba | | 1 | 2 |
| Uranmarca | 1 | | |
| Total | 2 | 2 | 3 |

Fuente: DesInventar

Cuadro N° 4.15 Registros de emergencias en Chincheros

| Distrito | Derrumbe | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|--------------|----------|---------------|----------|------------|
| Anco-Huallo | | 3 | | 2 |
| Chincheros | | | | 4 |
| Huaccana | 2 | 1 | 1 | |
| Ocobamba | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Ongoy | 5 | 7 | | |
| Uranmarca | | | | 1 |
| Total | 8 | 12 | 2 | 10 |

Fuente: INDECI- Emergencias

Peligros Principales en Chincheros:

Para esta provincia INGEMMET ha identificado la caída de rocas (42 lugares) y los huaycos (21), como los eventos más extendidos en el territorio, seguidos de los deslizamientos (14). DesInventar agrega a ello las inundaciones, mientras que las estadísticas de emergencias recientes destacan los deslizamientos y las inundaciones como los eventos más frecuentes.

Los distritos de Chincheros y Ocobamba son los que presentan la mayor actividad geodinámica de la provincia. Es necesario puntualizar que la provincia de Chincheros es de reciente formación (1983), ya que hasta esa fecha era parte de Andahuaylas, por lo que las estadísticas anteriores la agrupaban con esta última y por ello no reflejan necesariamente la extensión y frecuencia de estos eventos peligrosos.

4.2.6 Cotabambas

Cuadro N° 4.16 Número de lugares sujetos a movimientos en masa en Cotabambas

| Peligro | Lugares |
|---------------------|-----------|
| Caída | 21 |
| Deslizamiento | 10 |
| Erosión fluvial | 2 |
| Erosión laderas | 9 |
| Huayco | 3 |
| Inundación | 1 |
| Movimiento complejo | 2 |
| Reptación | 3 |
| Total | 51 |

Fuente: INGEMMET

Cuadro N° 4.17 Registros de desastres en Cotabambas - DesInventar

| Provincias | Deslizamiento | Inundación |
|--------------|---------------|------------|
| Cotabambas | 1 | |
| Tambobamba | | 2 |
| Total | 1 | 2 |

Fuente: DesInventar

Cuadro N° 4.18 Registros de emergencias en Cotabambas

| Distrito | Derrumbe | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|----------------|----------|---------------|----------|------------|
| Challhuahuacho | | | | 2 |
| Cotabambas | | 1 | | |
| Haquira | | 1 | 2 | |
| Mara | 1 | | 1 | |
| Tambobamba | | 1 | 1 | 4 |
| Total | 1 | 3 | 4 | 6 |

Fuente: INDECI- Emergencias

Peligros principales en Cotabambas:

Siendo una de las provincias de menor actividad geodinámica, ésta se concentra en la caída de rocas y los deslizamientos. A éstos le siguen los procesos erosivos especialmente en laderas, lo cual incide en la inestabilidad de taludes. Otro aspecto a tener en cuenta es la reptación de suelos, que es un fenómeno poco extendido en la región.

DesInventar tiene escasa información de eventos, sin embargo las estadísticas de emergencias de INDECI nos indican la mayor recurrencia de las inundaciones, luego los huaycos y los deslizamientos, siendo Tambobamba y Challhuahuacho los más afectados por las inundaciones.

4.2.7 Grau

Cuadro N° 4.19 Número de lugares sujetos a movimientos en masa en Grau

| Peligro | Lugares |
|---------------------|-----------|
| Caída | 14 |
| Deslizamiento | 9 |
| Erosión de laderas | 8 |
| Huayco | 2 |
| Movimiento complejo | 2 |
| Reptación | 4 |
| Total | 39 |

Fuente: INGEMMET

Cuadro N° 4.20 Registros de desastres en Grau - DesInventar

| Provincias | Avenida torrencial | Huayco | Inundación |
|----------------|--------------------|----------|------------|
| Chuquibambilla | 1 | | |
| Curpahuasi | | 1 | 3 |
| Gamarra | | 1 | |
| Vilcabamba | | | 1 |
| Virundo | | | 1 |
| Total | 1 | 2 | 5 |

Fuente: DesInventar:

Cuadro N° 4.21 Registros de emergencias en Grau

| Distrito | Derrumbe | Deslizamiento | Huayco | Inundación |
|----------------|----------|---------------|----------|------------|
| Chuquibambilla | 2 | 3 | 2 | 12 |
| Curasco | | 2 | | |
| Curpahuasi | | | 1 | 1 |
| Gamarra | 1 | | 1 | 5 |
| Huayllati | 3 | 2 | | |
| Mamara | | | 1 | 2 |
| Pataypampa | | 1 | | |
| Progreso | | | 1 | 3 |
| Vilcabamba | | 1 | | 2 |
| Total | 6 | 9 | 6 | 25 |

Fuente: INDECI- Emergencias

Peligros principales en Grau:

Es otra de las provincias de menor actividad en cuanto a movimientos en masa e inundaciones, habiéndose ubicado 39 lugares donde se presentan estos fenómenos.

Como en las demás provincias de Apurímac, en Grau predominan las caídas de rocas y los deslizamientos. También es destacable la reptación de suelos (4 lugares) y la erosión de laderas que tiene que ver con la

generación de los deslizamientos.

Las estadísticas de DESINVENTAR e INDECI resaltan de manera notable la frecuencia de las inundaciones en esta provincia, de tal modo que en los últimos 7 últimos años se han reportado 25 emergencias por este motivo, siendo Chuquibambilla el distrito más afectado por estos eventos y en menor medida Gamarra y Curpahuasi.

4.2.8 Resumen de los peligros en la región Apurímac

Consolidando la identificación de peligros de las provincias se puede tener una visión de conjunto sobre los movimientos en masa e inundaciones que constituyen amenazas para esta región. El inventario de procesos realizado por INGEMMET arroja el siguiente resultado del número de lugares en los que se presentan estos procesos para Apurímac:

Cuadro N° 4.22 Lugares en los que se presentan estos procesos de movimientos en masa

| Provincia | Caída | Deslizamiento | Erosión Fluvial | Erosión Laderas | Huayco | Hundimiento |
|--------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|-------------|
| Abancay | 76 | 36 | 4 | 6 | 10 | 0 |
| Andahuaylas | 23 | 15 | 3 | 13 | 19 | 1 |
| Antabamba | 9 | 4 | 2 | 3 | 6 | 0 |
| Aymaraes | 42 | 7 | 13 | 0 | 34 | 0 |
| Chincheros | 42 | 14 | 0 | 2 | 21 | 0 |
| Cotabambas | 21 | 10 | 2 | 9 | 3 | 0 |
| Grau | 14 | 9 | 0 | 8 | 2 | 0 |
| Total | 227 | 95 | 24 | 41 | 95 | 1 |

Del cuadro general de peligros por movimientos en masa e inundaciones en Apurímac hacemos un análisis comparativo para concluir en lo siguiente:

- 1) El tipo de evento de movimiento en masa más extendido en Apurímac es la caída de rocas (227 lugares) y en segundo lugar los deslizamientos (95) y huaycos (95).
- 2) Respecto a las inundaciones solo figuran 17 lugares, lo que no refleja la amplitud de estos eventos debido a que la base de datos de INGEMMET está orientada más a los procesos de origen geológico, por lo que presumimos no hayan sido consignadas en esta fuente,
- 3) Lo anterior se confirma con las bases de datos complementarias de DesInventar (fuentes periodísticas) y de INDECI (emergencias).
- 4) La provincia que destaca por la mayor extensión de los eventos de movimientos en masa e inundaciones es Abancay (76 lugares con caída de rocas, 36 con deslizamientos y 10 con huaycos). En segundo lugar está Aymaraes (42 con caída de rocas, 34 con huaycos). En tercer lugar, Andahuaylas (23 con caída de rocas, 19 con huaycos y 15 con deslizamientos).
- 5) La provincia con menor presencia de estos eventos es Antabamba (29 lugares), siguiéndole Grau (con 39).

En conclusión, como producto de su relieve accidentado y sus profundos valles la región Apurímac es un territorio con gran actividad geodinámica, especialmente de deslizamientos y caída de rocas que tienen que ver directamente con la acción erosiva de las aguas, sea de precipitación o de escorrentía superficial. Sus empinadas laderas constituidas por material rocoso sometido a fracturamiento o depósitos inestables sobre los que actúan los agentes climáticos, van a determinar los frecuentes eventos de movimientos en masa e inundaciones. Tanto centro poblados como vías de comunicación y otras obras de infraestructura se encuentran expuestas a estas amenazas naturales.

Si bien los aluviones no aparecen como una amenaza extendida sino más bien localizada no deja de tener especial importancia la presencia del nevado Ampay (5,200 msnm) a solo 10 km de la ciudad de Abancay (2,360 msnm), cuya población aproximada es 52,000 habitantes. Pueden verse en el anexo las fichas que corresponden a aluviones producidos en esta zona.

Las fuentes secundarias en este aspecto complementan definitivamente la evaluación de la incidencia de las inundaciones y también nos informan de los impactos en los distritos y zonas críticas de cada provincia,

y acerca de la recurrencia de estos eventos, en la medida que contabilizan el número de ocurrencias o de emergencias que resultan de esos eventos.

En el caso de la base de datos DesInventar, mostramos en el siguiente cuadro el número de eventos registrados en 4 décadas sobre la base de noticias periodísticas.

Cuadro N° 4.23 Inventario de desastres de la región Apurímac

| BASE DE DATOS - DesInventar (1970-2009) | | | | | |
|---|--------------------|---------------|-----------|------------|---------------|
| Provincias | Avenida torrencial | Deslizamiento | Huayco | Inundación | Total general |
| ABANCAY | 1 | 4 | 8 | 3 | 16 |
| ANDAHUAYLAS | | 4 | 6 | 7 | 17 |
| ANTABAMBA | | 3 | 3 | 1 | 7 |
| AYMARAES | | 11 | 8 | 1 | 20 |
| CHINCHEROS | | 2 | 2 | 3 | 7 |
| COTABAMBAS | | 1 | | 2 | 3 |
| GRAU | 1 | | 2 | 5 | 8 |
| Total | 2 | 25 | 29 | 22 | 78 |

Fuente: DesInventar

Se observa que los eventos más recurrentes en la región son los huaycos (29 eventos), los deslizamientos (25) y las inundaciones (22) y las provincias más afectadas por estos eventos, son Aymaraes, Andahuaylas y Abancay.

Esta fuente es además una referencia importante para el diagnóstico, en la medida que nos aproxima a la frecuencia con la que se repiten estos eventos en la región. La debilidad de esta base de datos radica en los pocos registros que ha recopilado, comparativamente al inventario de INGEMMET.

Cuadro N° 4.51 Inventario de emergencias en la región Apurímac – INDECI

| COMPENDIO DE LAS EMERGENCIAS EN LA REGIÓN APURÍMAC – INDECI (2003-2009) | | | | | | |
|---|-----------|---------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Provincia | Derrumbe | Deslizamiento | Reptación | Huayco | Inundación | Total |
| ABANCAY | 8 | 18 | 1 | 9 | 27 | 63 |
| ANDAHUAYLAS | 4 | 21 | | 2 | 27 | 54 |
| ANTABAMBA | 3 | 2 | | 2 | 3 | 10 |
| AYMARAES | 1 | 4 | | 4 | 7 | 16 |
| CHINCHEROS | 8 | 12 | | 2 | 10 | 32 |
| COTABAMBAS | 1 | 3 | | 4 | 6 | 14 |
| GRAU | 6 | 9 | | 6 | 25 | 46 |
| Total | 31 | 69 | 1 | 29 | 105 | 235 |

De acuerdo al último cuadro, la estadística de emergencias que registra INDECI en los 7 años últimos confirma la predominancia de las inundaciones (105) y los deslizamientos (69). Luego están los huaycos (29), lo cual significa el 86% de las emergencias atendidas en Apurímac. Además se registran 31 derrumbes, estos últimos suelen confundirse con los deslizamientos debido a que ambos representan el colapso de laderas inestables.

Otros datos importantes expresan; que la mayor parte de estas emergencias se ubican en las provincias de Abancay, Andahuaylas y Chincheros y las inundaciones se localizan en 3 provincias: Abancay, Andahuaylas y Grau.

Tomando en cuenta esta información complementaria se puede afirmar que Apurímac es una región en la que se generan intensos procesos de movimientos en masa e inundaciones, entre otros fenómenos naturales, y constituyen factores de permanente amenaza sobre condiciones de gran vulnerabilidad, generándose constantes y crecientes desastres con pérdida de vidas y bienes que retrasan su desarrollo económico y social.

La sismicidad regional como detonante de procesos de movimientos en masa

La región Apurímac se encuentra en una zona sísmica que ya tiene un historial de eventos, que han producido daños diversos. El presente diagnóstico, si bien correlaciona los fenómenos de geodinámica externa con el impacto de la variabilidad climática en nuestro país no debe pasar por alto el factor sísmico, en la medida que contribuye a la desestabilización de masas rocosas y puede desencadenar o acelerar eventos de movimientos en masa, como es el caso de los deslizamientos, la ruptura de diques naturales o artificiales, derrumbes, hundimientos y otros.

Tabla GL- 02 Cuadro de eventos sísmicos de Apurímac

| LUGAR | DAÑOS Y AREA AFECTADA | FECHA | INTENSIDAD |
|---------------------|---|------------|------------|
| Cusco | Terremoto del Cuzco, cuyos efectos se ha notado en la ciudad de Abancay y Andahuaylas. | 1650-01-31 | |
| Aymaraes | Terremoto en el pueblo de Santa Catalina provincia de Aymaraes y poblaciones aledañas. | 1739-03-24 | |
| Huancarama | Terremoto destruye el pueblo de Huancarama al oeste de Abancay. | 1847-01-01 | |
| Andahuaylas | Terremoto ocasionado en Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo. | 1862-04-13 | |
| Cotabambas | Sismo de regular intensidad con destrucción de algunas viviendas y daños materiales. | 1870-07-10 | |
| Abancay | Fuerte sismo en Abancay a las 21.30 produciendo aberías en muchas edificaciones con 27 replicas hasta las 06 a.m. del día siguiente, fue percibido en forma notoria en Curahuasi. | 1875-12-05 | |
| Abancay | | 1876-01-04 | IX MM |
| Abancay | Terremoto ocasionado en Huamanmarca, al SW de Abancay, cuyo pueblo quedo desolado a consecuencia de este fenómeno. | 1905-01-20 | |
| Aymaraes | Violento sismo en la provincia de Aymaraes, puente Huayquipa, Sañayca, con daños en Colcabamba, Amoray, murieron mas de 150 personas con replicas en Chalhuanca, Abancay con daños en las construcciones. | 1913-11-04 | |
| Abancay | Sismo de gran intensidad con extensos daños | 1925-01-05 | VI MM |
| Cusco | Gran sismo que afecto fuertemente las zona urbana. | 1941-09-18 | VI – VII |
| Cusco | Histórico sismo que asoló la ciudad y alrededores. | 1950-05-21 | VI MM |
| Aymaraes | Terremoto que afectó las viviendas de comunidades en toda la zona | 1964-07-01 | (5.3) MM |
| Chalhuanca | Sismo de proporciones con consecuencias en toda la zona. | 1965-12-19 | (5.1) MM |
| Chuquibambilla | Fuerte temblor sentido en la población y alrededores. | 1969-06-12 | (5.2) MM |
| Aymaraes | Sismo destructor en Soraya, Mosecco, Sañayca, Toraya: ubicados al margen izquierdo del río Pachachaca. Los deslizamientos destruyeron diversos tramos en la carretera Abancay Chalhuanca. | 1971-10-14 | |
| Cotaruse – Aymaraes | Sismo de regular intensidad con afectación de construcciones. | 1994-06-16 | (4.4) MM |
| Antabamba | Sismo de 6.2 en la escala de Richter con daños materiales en construcciones de viviendas. | 2001-08-08 | |

FUENTE: IGP - ING. JUAN C. GOMEZ

En el anterior cuadro se resume la actividad sísmica en Apurímac registrada por el Instituto Geofísico del Perú y recogida por el “*Mapa de Peligros de Abancay*” del Programa Ciudades Sostenibles – INDECI-PNUD, 2007

Se observa que 6 de las 7 provincias de Apurímac están propensas a sufrir movimientos sísmicos, siendo las más afectadas Aymaraes (1971) y Antabamba (2001), por ello, a la variabilidad climática debemos considerar este factor de geodinámica interna en la generación de movimientos en masa de esta región.



5 MODELOS FUNCIONALES DE PELIGROS GEODINAMICOS E HIDROCLIMATICOS

5.1 CONDICIONES Y PARÁMETROS FÍSICOS DEL TERRITORIO

El territorio sobre el cual desarrollamos todas nuestras actividades es resultado de la interacción de elementos naturales internos y externos, y seguirá transformándose. Producto de estos cambios y dinámicas, las características geológicas, hidrológicas, meteorológicas de este territorio son tal como las conocemos ahora.

En una etapa muy antigua del Planeta la corteza terrestre fue aflorando entrando en contacto con un medio diferente al de su origen, lo que implicó diferentes respuestas de la roca a las grandes fuerzas climáticas, tectónicas y actualmente antrópicas, iniciándose el largo proceso que modela el paisaje. Este modelamiento responde a dinámicas que en la actualidad presentan niveles muy inferiores a los que alcanzaron eras geológicas anteriores.

En función de las dinámicas y procesos que involucraron la conformación de un relieve como el de la región Apurímac podemos definir las variables a estudiar como la litología, la geomorfología, la cobertura vegetal, la precipitación y el uso del suelo y también el factor antrópico. Todos ellos en la actualidad, participan de la transformación del medio físico.

Cabe resaltar que los modelos a desarrollar son a base de promedios debido a la escala del estudio y a los insumos de la Zonificación Económica Ecológica – ZEE. Ello significa que en un futuro próximo, las zonificaciones y los estudios deberán realizarse a más detalle, lo que significará que muchas de las actuales formaciones se puedan desagregar en otras que permitan tener un mayor detalle de aproximación.

5.1.1 Parámetros geológicos y relaciones espaciales

La geología en la región Apurímac responde a procesos que se dan en el Paleozoico y luego en el Mesozoico, llegando a su actual estado en el Cenozoico (Cuaternario), prolongándose hasta la actualidad. Durante estos procesos geológicos podemos ver evidencias, principalmente por las abundantes fallas recientes, los plegamientos y otras acciones tectónicas que indican la constante actividad geológica del territorio regional. Se trata de cambios persistentes y prolongados en el tiempo. Es por ello que en función del periodo de formación, la cristalización, los componentes químicos y las grandes fuerzas de compresión y tensión han determinado que esta región, como parte de la Cordillera Andina, presente diversas formaciones, grupos i/o familias geológicas. En esta oportunidad, omitiremos su descripción, ya que existen instrumentos como el Cuadrángulo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico que las detalla con precisión.

Las formaciones geológicas las hemos categorizado de forma aplicada para permitir la generación de modelos de susceptibilidad a procesos de movimientos en masa. En ese sentido vimos necesario clasificarlas en

4 grandes grupos producto de la respuesta que éstos tienen ante los factores externos que alteran su composición original.

5.1.1.1 Unidades geológicas y ponderación

Se trata de identificar el grupo que litológicamente tiene una buena respuesta a los procesos que antes mencionamos. Las características de este tipo de roca son bastante cohesionadas y duras. En su mayoría estas rocas son muy duras debido a su origen intrusivo y generalmente están catalogadas por estar compuestas por areniscas cuarzosas, en algunos casos también las lignimbritas con columnas o bloques redondeados que presentan una erodibilidad o capacidad de respuesta muy buena frente a la erosión.

a) La gran mayoría de las rocas que corresponde a este conjunto de clasificación 1 dentro del rango de peligro se ubican por toda la región. Generalmente en este grupo destacan las rocas volcánicas e intrusivas que forman parte de las rocas que brindas adecuada respuesta por su dureza en general.

No se presenta el cuadro debido a la gran cantidad de formaciones y/o grupos que la conforman, pero cabe resaltar que lo cuadros se aprecian en los archivos DBF de la capa de geología.

b) Existe un conjunto de formaciones cuya respuesta a la erosión no es tan buena como la anterior debido a la composición que presentan, ya que por lo general están compuestas por areniscas cuarzosas, así también conglomerados heterogéneos agrupados en matriz arcillosas y arenosas.

Cuadro 5.1 Ponderación de formaciones geológicas grado 2

| FORMACION GEOLÓGICA | SIMBOLO | ERATAMA | RANGO |
|---------------------------|-------------|----------------------|-------|
| Grupo Tarma | Cs-t | Carbonifero Superior | 2 |
| Formación Socosani | Jm-so | Jurasico medio | 2 |
| Formación Cachios | Jm-yu/ca | Jurasico medio | 2 |
| Formación Puente | Jm-yu/pu | Jurasico medio | 2 |
| Formación Cachios | Js-yu/ca | Jurasico superior | 2 |
| Formación Arcurquina | Kis-ar_i | Cretáceo inferior | 2 |
| Formación Ausangate | KsPp-au | Cretáceo superior | 2 |
| Formación Pampamarca | NQ-pa | Paleógeno | 2 |
| Formación Soncco | Peo-so | Neógeno Cuaternario | 2 |
| Grupo Copacabana inferior | Pi-co_i | Paleogeno oligoceno | 2 |
| Grupo Mitu sedimentario | PsTi-mi/sed | Pérmico inferior | 2 |
| | | Pérmico superior | 2 |
| | | Triásico | 2 |

Ing.Herbert Esquivel – Consultor PREDES

c) El conjunto de formaciones y/o unidades litológicas que corresponden a la ponderación 3, implica respuestas más inestables a los procesos de erosión, producto del material que las conforma. Es así que en este grupo existen formaciones que están compuestas por rocas deformadas por tectónicas y ciclos orogénicos muy intensos, así como roca predominantemente esquistosa y pizarras que son rocas poco competentes. En muchos casos, las rocas están diaclasadas generando depósitos coluviales.

Cuadro 5.2 Ponderación de formaciones geológicas grado 3

| FORMACION GEOLOGICA | SIMBOLO | ERATAMA | RANGO |
|----------------------------|---------|-----------------------------|-------|
| Formación Quilque | KsPp-qu | Cretáceo superior Paleogeno | 3 |
| Grupo San José | Oim-sj | Ordovícico medio | 3 |
| Grupo Copacabana superior | Pi-co_s | Pérmico superior | 3 |
| Depósitos Coluviales | Qh-co | Cuaternario holoceno | 3 |
| Depósitos Eluviales | Qh-el | Cuaternario holoceno | 3 |
| Depósitos Fluvio-Glaciales | Qpl-fg | Cuaternario pleistoceno | 3 |
| Depósitos Morrénicos | Qpl-mo | Cuaternario pleistoceno | 3 |
| Depósitos Fluvio-Glaciales | Qpl-fg | Cuaternario pleistoceno | 3 |

Ing. Herbert Esquivel – Consultor PREDES

d) El último grupo responde al conjunto de formaciones más inestables, generadoras de la mayor cantidad de material que finalmente forman parte de los procesos de movimientos en masa que se suscitan en la región. Dentro de este grupo tenemos aquellas formaciones que se caracterizan por ser material que no está consolidado en laderas de partes altas así como arenas, limos, arcillas y depósitos lacustres y por último, rocas metamórficas esquistosas, así como depósitos fluvio aluviales

Cuadro 5.3 Ponderación de formaciones geológicas grado 4

| FORMACION GEOLOGICA | SIMBOLO | ERATAMA | RANGO |
|------------------------------|---------|----------------------|-------|
| Formación Maras | Ki-ma | Cretáceo superior | 4 |
| Depósitos Fluvio - Aluviales | Qh-al | Cuaternario holoceno | 4 |

Ing. Herbert Esquivel – Consultor PREDES

5.1.2 Parámetros geomorfológicos y relaciones espaciales

Las diferentes representaciones del territorio muestran el resultado de la interacción de diversos procesos, producto de grandes fuerzas que responden a modelamiento tectónico, así como diversos procesos erosivos.

Producto de estos procesos, en la región Apurímac se aprecia un conjunto de formaciones que refieren un relieve muy complejo y muy abrupto; consecuencia de una morfogénesis y morfodinámica bastante particular. Estas formaciones se representaron en mapas donde se detallan las diferentes unidades, que son las que fueron insumo para la zonificación de los diferentes peligros estudiados en el presente diagnóstico.

En ese sentido la geomorfología explicada por su dinámica de formación es uno de los parámetros más importantes para poder definir los diferentes modelos de susceptibilidad. Este factor es el que ha definido gran parte los resultados finales, lo que demuestra la fuerte relación espacial que existe entre esta variable y los procesos geodinámicos que se dan en la región.

5.1.2.1 Unidades geomorfológicas y ponderación (Deslizamiento y caída de bloque)

De la tabla adjunta podemos ver la importancia para cada unidad en relación a la generación de deslizamiento desde el punto de vista de la geomorfología. En ese sentido en la región Apurímac se definió la siguiente ponderación considerando las fuentes analizadas, ya que podríamos definir que las zonas de colinas erosionables, así como las laderas de montañas altas son las de mayor calificación para el análisis. En el mismo sentido las

terrazas fluvio aluviales así como las laderas de montaña baja son las de mayor relevancia para definir las relación desde el punto de vista de la geomorfología.

Cuadro 5.4 Ponderación de formaciones geomorfológicas

| NOMBRE DE LA UNIDAD | NOMBRE GEOGRAFICO | PONDERACION |
|--------------------------------|--------------------|-------------|
| Fondos de Valle Fluvio Aluvial | Fondos de Valle | 2 |
| Fondos de Valle Fluvio Glacial | Fondos de Valle | 2 |
| Laderas de Montaña Baja | Laderas de Montaña | 2 |
| Mesetas Estructurales | Mesetas | 2 |
| Laderas de Montaña Baja | Laderas de Montaña | 2 |
| Altiplanicies Fluvio Glaciales | Altiplanicies | 3 |
| Terrazas Fluvio Aluviales | Terrazas | 3 |
| Altiplanicies Fluvio Glaciales | Altiplanicies | 3 |
| Colinas Erosiónales | Laderas de Montaña | 4 |
| Laderas de Montaña Alta | Laderas de Montaña | 4 |

Fuente: Equipo PREDES

5.1.2.2 Unidades geomorfológicas y ponderación de unidades (Huayco)

Vemos que en este caso los patrones se modifican, dándole un mayor peso a los flujos de agua en pendiente, destacando incluso sobre las laderas sin presencia de quebradas. Considerando ello, vemos que los valles disectados, las colinas erosionables y las terrazas fluvio-glaciares son las que mayor relevancia toman ya que en promedio estas formaciones se relacionan a cursos de agua intermitente que en época de lluvias acarrea flujos turbulentos.

Existen otras formaciones que involucran elementos de menor relevancia como mesetas y altiplanicies que indican una dinámica menor para la ocurrencia de huaycos. En aquellos que tienen clasificación 3 vemos que involucra zonas de mínima disceptación y por las características implica zonas semiplano o levemente onduladas que generalmente se dan en las partes altas de la región donde destacan laderas de montañas bajas.

Cuadro 5.5 Ponderación de formaciones geomorfológicas para huaycos

| NOMBRE DE LA UNIDAD | NOMBRE GEOGRAFICO | PONDERACION |
|--------------------------------|--------------------|-------------|
| Fondos de Valle fluvio aluvial | Fondos de valle | 4 |
| Fondos de Valle fluvio glacial | Fondos de valle | 4 |
| Laderas de montaña baja | Laderas de montaña | 3 |
| Mesetas estructurales | Mesetas | 1 |
| Altiplanicies fluvio glaciales | Altiplanicies | 2 |
| Terrazas fluvio aluviales | Terrazas | 4 |
| Altiplanicies fluvio glaciales | Altiplanicies | 2 |
| Colinas erosionales | Laderas de montaña | 4 |
| Laderas de montaña alta | Laderas de montaña | 3 |

Fuente: Equipo PREDES

5.1.2.3 Unidades geomorfológicas y ponderación de unidades (inundación)

a) Este conjunto, a diferencia de los anteriores, está organizado de diferente forma, ya que cada tipo de ponderación está sujeta al tipo de evento, a su origen y formación. Es así que los elementos de entrada tienen que ser variados en relación a su importancia para el modelo. En este caso para determinar susceptibilidad a inundación, las unidades que tiene las mejores condiciones para la concentración de aguas son los pisos de valle y las llanuras planas de los diferentes patrones hidrográficos de la región, así mismo están las formaciones como fondos de valle fluvio-aluvial y fluvio-glacial y terrazas fluvio-aluviales. En segundo plano se encuentran las formaciones de zonas planas de mayor altitud, como mesetas o altiplanicies que ayudan a la concentración de agua. Las zonas exentas de posibles inundaciones son las que menos ponderación se le asigna por ser zonas muy abruptas sujetas a movimientos de masas, más no a inundaciones.

Cuadro 5.6 Ponderación de formaciones geomorfológicas para inundaciones

| NOMBRE DE LA UNIDAD | NOMBRE GEOGRÁFICO | PONDERACIÓN |
|--------------------------------|--------------------|-------------|
| Fondos de valle fluvio aluvial | Fondos de Valle | 4 |
| Fondos de valle fluvio glacial | Fondos de Valle | 4 |
| Laderas de montaña baja | Laderas de Montaña | 1 |
| Mesetas estructurales | Mesetas | 3 |
| Laderas de montaña baja | Laderas de Montaña | 1 |
| Altiplanicies fluvio glaciales | Altiplanicies | 3 |
| Terrazas fluvio aluviales | Terrazas | 4 |
| Altiplanicies fluvio glaciales | Altiplanicies | 3 |
| Colinas erosionales | Laderas de Montaña | 3 |
| Laderas de montaña alta | Laderas de Montaña | 1 |

Fuente: Equipo PREDES

5.1.2.4 Unidades morfométrica y ponderación

Las características morfométrica y de geometría del territorio están muy vinculadas en la generación de modelos de diferentes peligros debido a que toda dinámica o esfuerzo implica una energía y/o fuerza determinada; esta fuerza en muchos de los casos es la gravedad, y la fuerza de gravedad está implícita dentro de la forma o ángulo de inclinación de los cuerpos. En este sentido, para la ponderación se determinaron dos tipos de casos considerando parámetros y estándares establecidos por el INGEMMET.

a) En el caso de deslizamientos y huaycos tendremos que definir el nivel de importancia de las pendientes, considerando que a mayor pendiente, mayor el rango de importancia para este tipo de fenómenos, ya que define la energía de arrastre para determinar la movilidad de los materiales en las laderas a lo largo de la región.

Cuadro 5.7 Ponderación de pendientes – Deslizamientos y huaycos

| PENDIENTE | PONDERACIÓN |
|-----------|-------------|
| 0°-1° | 1 |
| 2°-5° | 1 |
| 6°-15° | 2 |
| 16°-25° | 3 |
| 26°-50° | 4 |
| 50°-mas | 4 |

Fuente: Equipo PREDES

b) Para el caso de inundación la clasificación es diferente, tal vez se diría inversamente proporcional, ya que a mayor probabilidad de ocurrencia del evento menor será la pendiente o el desnivel de los terrenos en estas zonas, es así que en zonas con pendientes mínimas y zonas planas la posibilidad de ocurrencia de un evento de este tipo es mayor.

Cuadro 5.8 Ponderación de pendientes - Inundación

| PENDIENTE | PONDERACIÓN |
|-----------|-------------|
| 0°-1° | 4 |
| 2°-5° | 4 |
| 6°-15° | 3 |
| 16°-25° | 2 |
| 26°-50° | 1 |
| 50°-mas | 1 |

Fuente: Equipo PREDES

5.1.3 Parámetros pluviométricos y relaciones espaciales

Es conocido que dentro de un medio físico todo es causal; a cada acción corresponde una reacción. Así, existen agentes que intemperizan y actúan como modeladores del relieve, entonces tenemos que considerar la información pluviométrica, debido a que el agua es el principal agente de activación de los distintos procesos que culminan peligros potenciales. Es así que dentro de los modelos establecidos se consideró la precipitación como un elemento clave que determina la susceptibilidad del territorio a la posible ocurrencia de movimientos en masa e inundaciones.

Es necesario recalcar que este insumo utilizado es producto de un promedio que se expresa como las precipitaciones medias mensuales del mes de febrero, considerado como el mes más húmedo dentro de nuestros registros. En principio el modelo se diseñó considerando trabajar con regímenes máximos pero debido a lo errático y variable de estos datos no se podrían tener especializado los valores máximos ya que de un tiempo a otro en el misma zona el resultado es muy diferente, motivo por el cual se adoptaron las medias mensuales, que también hay que resaltar que la densidad de puntos y valores impiden tener datos más detallados que harían que los modelos tenga más aproximaciones en beneficio de los resultados finales.

Cuadro 5.9 Ponderación de pendientes según precipitación

| Precipitaciones media febrero final | PONDERACION |
|-------------------------------------|-------------|
| 50mm-100mm | 1 |
| 100mm-200mm | 2 |
| 200mm-500mm | 3 |

Fuente: Equipo PREDES

5.1.4 Parámetros de Cobertura vegetal y relaciones espaciales

Uno de los factores que condiciona la filtración y la escorrentía es la cobertura que el suelo pueda tener, ya que si bien existen agentes que aportan el factor desencadenante, existen también agentes que aminoran la capacidad de modelamiento y desestabilización de las laderas, generando protección natural frente a la ocurrencia de avenidas históricas fuertes.

Las diferentes coberturas implican una dinámica y procesos de alteración diferentes en cada una de ellas. Es así que en zonas con áreas desnudas y nevados se les asigna una mayor ponderación debido a que la protección que le brindan al suelo ante los procesos erosivos es nula. De igual forma vemos como zonas de *layme* también implican una limitada cobertura debido al proceso rotacional que existe para su uso y el tiempo que queda a la intemperie.

Un gran grupo de las coberturas se encuentran en la categoría 2 que implica zonas de bosques ya que la conformación de este tipo de cobertura es un sinónimo de mejor afianzamiento de la superficie, sea por el espesor de la cobertura o por la profundidad de raíces en general. Otro aspecto de importancia para una adecuada protección del suelo son los matorrales y pastizales que implican especies arbustivas de mediano tamaño y que tiene una muy buena protección de la capa arable evitando filtraciones y escorrentía de agua, evitando los procesos de erosión, generando en conjunto una mejor respuesta a los procesos de erosión y escorrentía al cual está expuesto el suelo. Y por último el grupo con ponderación 1 que implica zonas con cobertura no vegetal para lo cual se le pondera con el mínimo valor, en este caso tenemos áreas urbanas y cuerpos de agua.

Cuadro 5.10 Ponderación de la cobertura vegetal grupo

| NOMBRE | CATEGORIZACIÓN | SÍMBOLO |
|--|----------------|----------|
| Áreas desnudas o con escasa vegetación | 4 | Ad-Ev |
| Nevados | 4 | Nev. |
| Laymes | 3 | Lay. |
| Áreas Agrícolas | 2 | Aa |
| Bosque Mixto | 2 | Bm |
| Bosque Nativo | 2 | Bn |
| Estepa | 2 | Es |
| Matorral arbolado | 2 | Ma |
| Matorral mixto | 2 | Mm |
| Pastizal | 2 | Pas |
| Centros poblados | 1 | C.c.p.p. |
| Estepa Espinosa | 2 | Ee |
| Lagunas | 1 | Lag. |
| Plantación forestal exótica | 2 | Pfe |
| Río | 1 | Río |

Fuente: Equipo PREDES

5.2 MODELOS FUNCIONALES DE SUSCEPTIBILIDAD A LA GENERACIÓN DE DESLIZAMIENTO Y CAÍDA DE BLOQUES

Este modelo es producto de la integración de los elementos descritos anteriormente donde se integraron en un entorno SIG, donde todos los valores son ponderados en función del grado de importancia. Estos sirven para determinar y/o predecir cuáles son las zonas de mayor susceptibilidad dentro de la región.

Este modelo responde a un diseño conceptual que está estructurado en una arquitectura y estructura de base de datos que se plasman en el diseño funcional donde se integran las variables a través de la herramienta de *Wighted Overlay* del *Spatyal Analisis* en el programa ARCGIS.

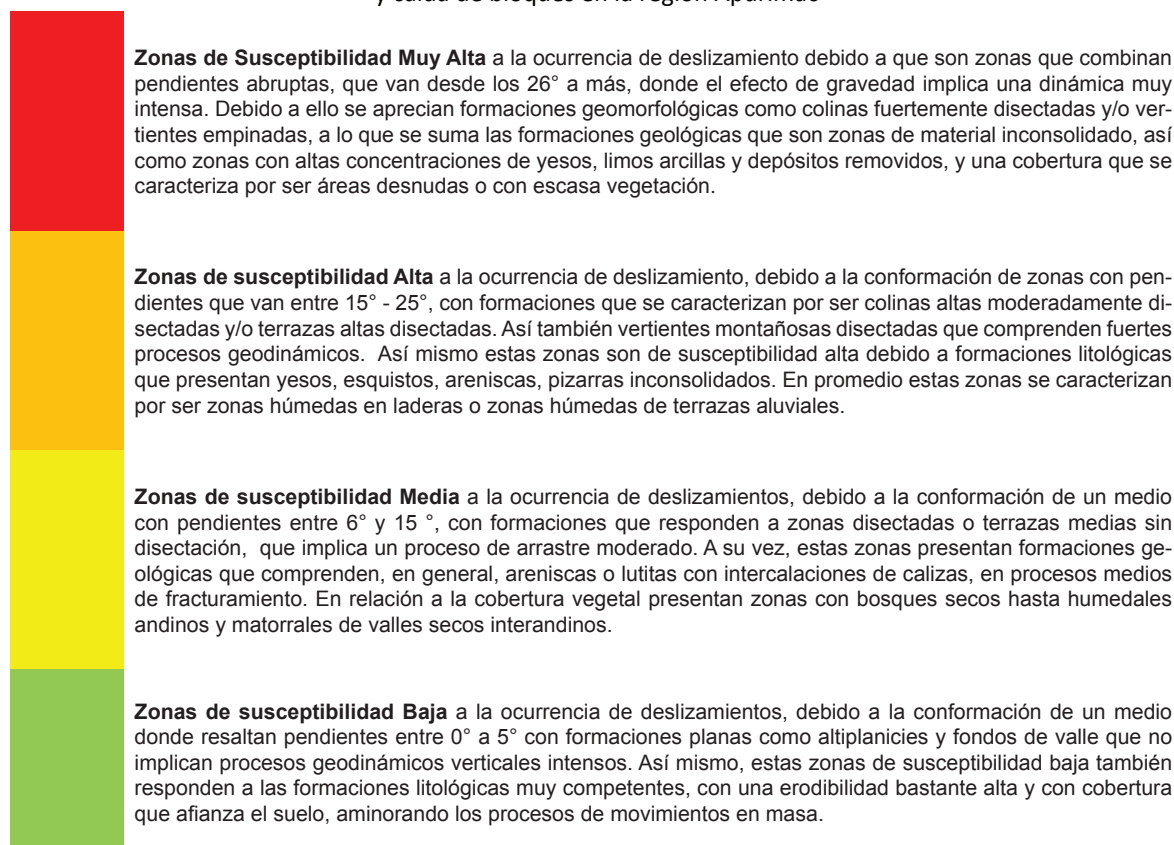
Está claro que para el desarrollo del modelo tenemos puntos de referencia en campo que evidencian una dinámica real (generados por INGEMMET). Este aspecto nos da una guía para los mecanismos de interacción de las variables que nos permitirán aproximaciones que nos dará como resultado una mejor zonificación del territorio, identificando las áreas susceptibles a deslizamiento y caída de bloques. Es por ello que considerando los diferentes variables de entrada se desarrolló un análisis de sensibilidad modificando elementos que permitan aproximar el resultado lo mejor posible esperado, y por ello que a partir de esta metodología se integran los elementos asignándoles pesos y ponderaciones que por requerimientos del programa ArcGis, deben de sumar 100%.

Cuadro 5.11 Cuadro de ponderación de variables para el modelo de susceptibilidad ante deslizamiento y caída de rocas en la región Apurímac

| VARIABLES | VALORES |
|-------------------|---------|
| Cobertura Vegetal | 15 |
| Litología | 20 |
| Geomorfología | 30 |
| Pendiente | 25 |
| Precipitación | 10 |

5.2.1 Rangos de susceptibilidad

Cuadro 5.12 Cuadro de zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento y caída de bloques en la región Apurímac



Elaboración: Equipo PREDES

5.2.2 Análisis de resultados

Los resultados del estudio se resumen en el cuadro que demuestra de forma sucinta el porqué de la ocurrencia de eventos de este tipo en la región. Estos resultados nos indican una gran dinámica donde se identifican y sectoriza el territorio, con lo cual se aprecian grandes dinámicas confirmando la gran diversidad de territorios existentes y los intensos procesos que involucra tener un relieve tan accidentado con diversos pisos ecológicos.

Otro aspecto importante de resaltar es que no debemos olvidar que las variables que provienen de una macro zonificación responden a escalas pequeñas.

Como producto de un determinado análisis para poder llegar a mayores precisiones es necesario primero detallar insumos a mayor detalle, lo que permitirá definir una meso zonificación o en el mejor de los casos una micro zonificación de los peligros en la región.

Del mapa de susceptibilidad a deslizamiento y caída de bloques podemos decir que existen zonas claramente diferenciadas que expresan los distintos niveles.

a) En la provincia Chincheros vemos que mayoritariamente se encuentran zonas de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamiento como producto de zonas de fuerte pendiente de las laderas del río Chacabamba. De igual forma se evidencia la cercanía del centro poblado de Ocobamba, Ranracancha y Cocharcas a zonas de muy alta susceptibilidad, esto es producto de la formación de zonas con un coeficiente orográfico alto.

b) La provincia Andahuaylas es una de las más importantes de la región y una de las que mayor área ocupa. Producto de esta amplitud vemos las grandes diferencias que existe en las distintas zonas de la provincia, pero cabe resaltar que en el norte de la provincia se aprecia una mayor susceptibilidad alrededor de los centros poblados como Huancarama, Pacobamba, Caquibamba a la margen izquierda del río Huancarama.

Otra zona a resaltar es la ubicada en el oeste de la provincia en el límite con Ayacucho donde todas las quebradas que tributan al río Chicha presentan zonas de alto peligro.

En relación a las zonas urbanas, vemos que Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera se encuentran en zonas de mediana susceptibilidad como lo es la mayoría de la provincia.

c) En la provincia Aymaraes vemos que la parte media es la zona crítica, básicamente por las quebradas que confluyen a los ríos Challhuanca y Antabamba, en estas zonas evidenciamos que los centros poblados de Pichihua, Tapairuhua, Capaya, Yanaca y Pochuanca, y Tintay están en zonas de alta a muy Alta susceptibilidad de ocurrencia de deslizamientos.

Otra zona importante en la parte sur de la provincia es el centro poblado de Challhuanca y Caraybamba por ser zonas muy empinadas y con altos niveles de degradación del suelo, erosión hídrica y procesos de inestabilidad de las laderas.

d) En la provincia Antabamba evidenciamos que gran parte de la provincia en las partes altas, presenta pen-

dientes en rangos medios así como formaciones rocosas volcánicas intrusivas competentes. A diferencia de Antabamba, en la zona media y baja de la cuenca del río Mollebamba se aprecian zonas en alta y muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, afectando centros poblados como Mollebamba y Sabaino entre otros.

e) En la provincia de Grau todas las partes altas con pendientes bajas y procesos más estables vemos que la susceptibilidad a la ocurrencia es media, pero en todas las zonas aledañas al valle formada por el río Vilcabamba y en zonas a las alturas del centro Vilcabamba y Curasco los niveles de susceptibilidad están en alto a muy alto.

f) En la provincia Cotabambas, en toda la parte media, se aprecian zonas con susceptibilidad media, pero son las quebradas tributarias al río Vilcanota las que presentan grandes procesos dinámicos que motiva definir estas zonas como las de mayor susceptibilidad a la ocurrencia de eventos como los estudiados. De igual manera todas las quebradas que son tributarias al río Apurímac, entre ellas las zonas de Coullurqui, Huayllati, Cotabambas y Mara.

g) La provincia Abancay es tal vez la zonas más propensa la ocurrencia de eventos geodinámicos como los deslizamientos. Un claro ejemplo de ello es la zona norte de la provincia en los alrededores del nevado Ampay que se enmarca dentro de zonas con susceptibilidad muy alta. También se aprecia la posibilidad de grandes procesos dinámicos que tienen como destino el río Pachachaca y el curso principal el río Mariño. A lo largo de esta provincia las zonas más afectadas podrían ser Abancay, Tamburco, Cachora, Huanipaco.

5.3 MODELOS FUNCIONALES DE SUSCEPTIBILIDAD A LA GENERACIÓN DE HUAYCOS

Este modelo tiene bastante similitud con el anterior, donde el producto de las variables se combina en un SIG.

Este modelo al igual que el anterior responde a un diseño conceptual que está basado en una arquitectura y estructura de base de datos que se plasman en el diseño funcional donde se integran las variables a través de la herramienta de *Wighted Overlay* del *Spatyal Analisis* en el programa ArcGis.

Es por ello que considerando las diferentes variables de entrada se desarrolló un análisis de sensibilidad modificando elementos que permitan aproximar el resultado a lo mejor posible esperado, es así que a partir de esta metodología se integran los elementos asignándoles pesos y ponderaciones que por requerimientos del programa ArcGis deben de sumar 100%.

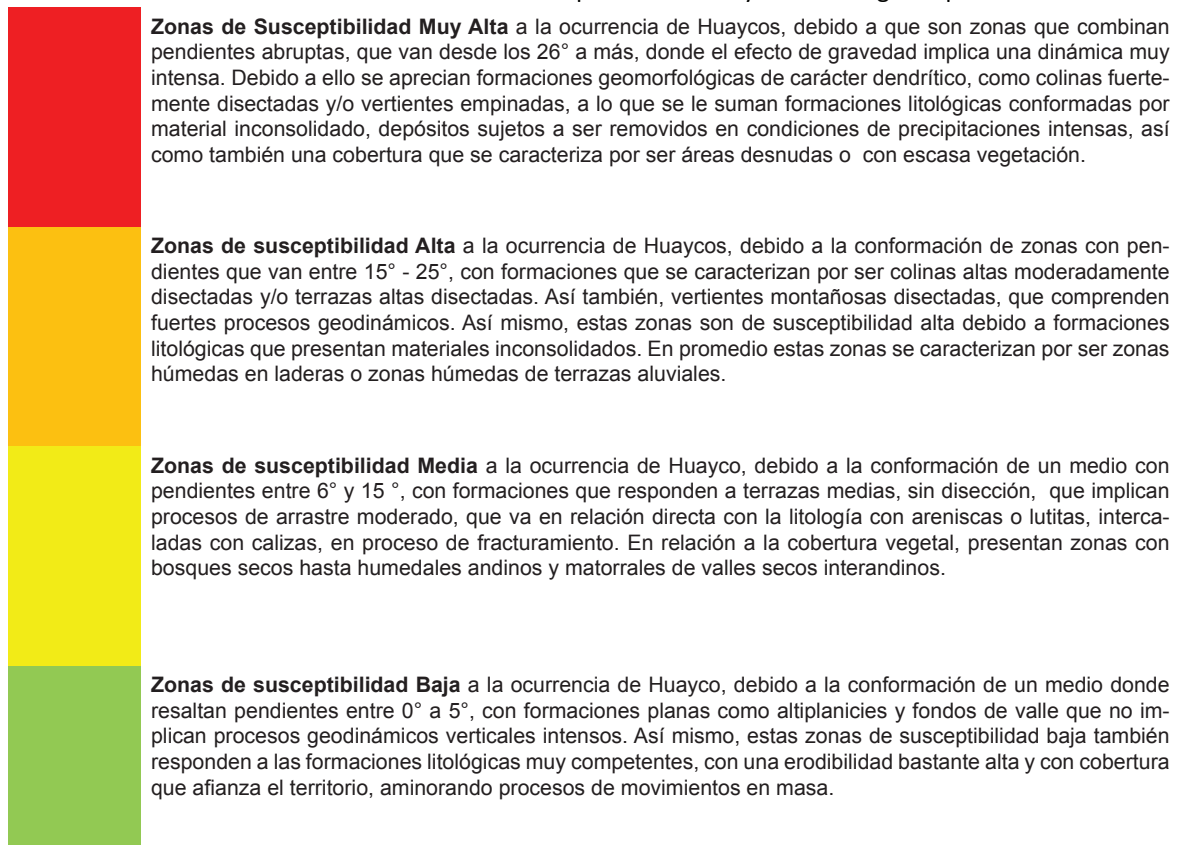
5.15 Cuadro de ponderación de variables para el modelo de susceptibilidad ante huaycos en la región Apurímac

| VARIABLES | VALORES |
|-------------------|---------|
| Cobertura vegetal | 15 |
| Litología | 5 |
| Geomorfología | 40 |
| Pendiente | 30 |
| Precipitación | 10 |

Elaboración: PREDES

5.3.1 Rangos de Susceptibilidad

5.16 Cuadro de zonificación de la susceptibilidad a huaycos en la región Apurímac



Elaboración: Equipo PREDES

En este modelo se definió considerar un menor peso a la litología como generador de material para reasignarlo a las precipitaciones que son las que desencadenan la ocurrencia de este tipo de eventos. De la misma forma la geomorfología fue una variable que aporta un mayor peso porque la ocurrencia de este evento es más puntual y geográficamente más definida por las quebradas o cursos de agua permanente o intermitente.

5.3.2 Análisis de resultados

Los resultados del estudio se resumen en el cuadro que muestra en forma sucinta el porqué de la ocurrencia de eventos de este tipo en la región.

a) En la provincia Chincheros vemos que mayoritariamente se encuentra en zonas de alta susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos; en los tributarios del río Apurímac y Pampas en el extremo norte de igual forma se evidencia la cercanía del centro poblado de Ocobamba, Ranracancha y Chincheros y Cocharcas.

b) En la provincia Andahuaylas vemos las grandes diferencias que existen en las distintas zonas que la conforman, pero cabe resaltar que en el norte de la provincia se aprecia una mayor susceptibilidad que llega a niveles altos en zonas próximas a los centros poblados como Huancarama, Pacobamba, Caquibamba en la margen izquierda del río Huancarama.

Otra zona a destacar es la ubicada en el oeste de la provincia en el límite con Ayacucho a la altura del centro poblado Chiara donde todas las quebradas que tributan al río Chicha se encuentran en zonas categorizadas como de alta susceptibilidad.

En relación a zonas urbanas más próximas vemos que Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera se encuentran en zonas de mediana susceptibilidad.

En el extremo Sur de la provincia se evidencia que el nivel es bajo a medio producto de las pendientes menores y los regímenes de precipitación son bajos.

c) En la provincia Aymaraes vemos que la parte media es la zona crítica donde los ríos Chacña, Lucre, Pillco, Llehua, Capaya, Chiucho, Cuyohuayjo, Caraybamba y el río Izcahuaca presentan una susceptibilidad alta a la ocurrencia de huaycos, siempre en cuando las precipitaciones con alto nivel de agresividad se acentúen.

d) En las partes altas de la provincia Antabamba evidenciamos que las pendientes se encuentran entre rangos medios, conjugado con una escasez de precipitaciones que hacen de estas zonas poco susceptibles a la ocurrencia de huaycos. A diferencia de esta zona, en la zona media y baja de la cuenca del río Mollebamba se aprecian zonas de alta susceptibilidad que afectan a centros poblados como Mollebamba, Sabaino y Antabamba entre otros.

e) En la provincia Grau vemos que la susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos es media, afectando en zonas puntuales próximas a Palpacac y Huayllati.

f) En la provincia de Cotabambas se aprecia que las quebradas tributarias al río Vilcanota presentan intensos procesos dinámicos que hacen de estas zonas las de mayor susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos. De igual manera las quebradas tributarias al río Apurímac presentan altos niveles de susceptibilidad. De las zonas identificadas en la provincia, destacan Challhuahuacho, Tambobamba, Huayllati y Coyllurqui.

g) La provincia Abancay es tal vez la zonas más propensa la ocurrencia de eventos geodinámicos como huaycos

y aluviones, un claro ejemplo de ello es la zona norte de la provincia, en los alrededores del nevado Ampay y la posibilidad de grandes dinámicas que tiene como destino el río Pachachaca, y su curso principal el río Mariño a lo largo de esta provincia las zonas más afectadas podrían ser Curahuasi Abancay, Tamburco y Lambra.

5.4 MODELOS FUNCIONALES DE SUSCEPTIBILIDAD A LA GENERACIÓN DE INUNDACIONES

Este modelo a diferencia de los anteriores presenta ponderaciones diferentes ya que los elementos que determinaban la ocurrencia de los anteriores eventos no son relevantes en este caso. A pesar de ello este modelo al igual que los anteriores responde a un diseño conceptual que está basado en una arquitectura y estructura de base de datos que se plasman en el diseño funcional donde se integran las variables a través de la herramienta de *Wighted Overlay* del *Spatyal Analisis* en el programa ArcGis.

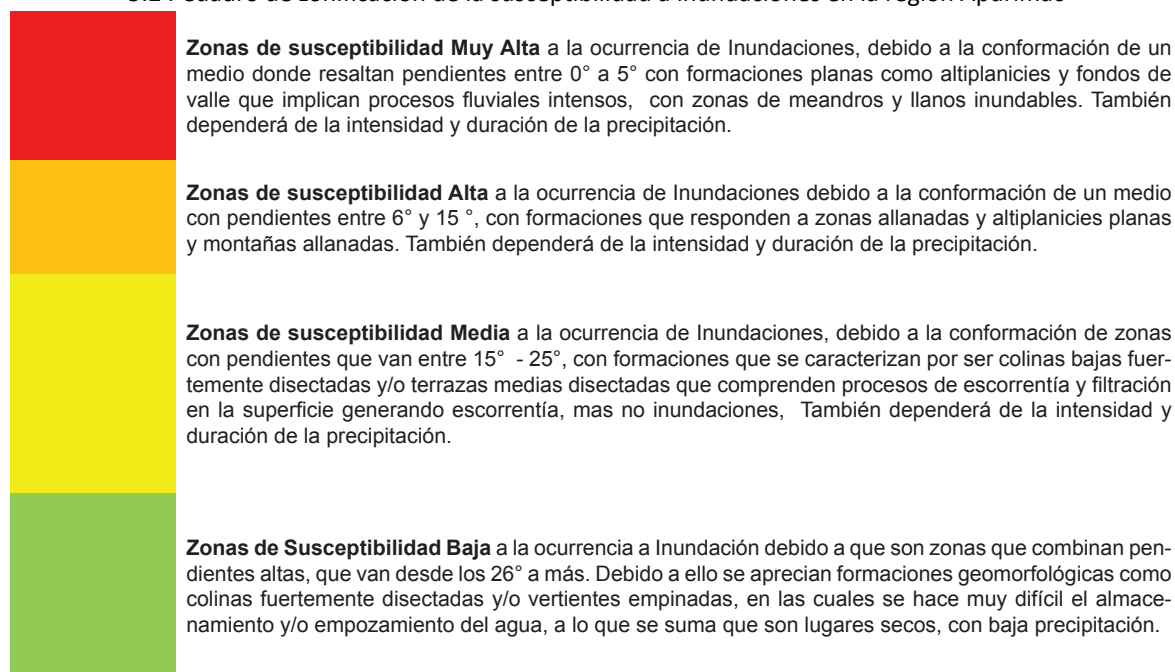
5.22 Cuadro de ponderación de variables para el modelo de susceptibilidad ante inundaciones en la región Apurímac

| VARIABLES | VALORES |
|---------------|---------|
| Litología | 15 |
| Geomorfología | 35 |
| Pendiente | 25 |
| Precipitación | 25 |

Elaboración PREDES

5.4.1 Rangos de Susceptibilidad

5.24 Cuadro de zonificación de la susceptibilidad a inundaciones en la región Apurímac



Elaboración: Equipo PREDES

En este modelo se definió que la precipitación tenga un mayor peso debido al tipo de fenómenos, hidrometeorológico, ya que en muchos casos ésta desencadena la ocurrencia de inundaciones. De la misma forma la geomorfología fue una variable que adoptó un valor importante, pero a diferencia de los modelos anteriores, la valoración de sus unidades va en sentido inverso a la conformación abrupta, es decir a mayor nivel de coeficiente orográfico menor será la ponderación que presente. De igual forma las pendientes merecen ese mismo tipo de análisis.

5.4.2 Análisis de resultados

Los resultados del estudio se resumen en el cuadro de muestra de forma sucinta el porqué de la ocurrencia de eventos de este tipo en la región.

Del mapa de susceptibilidad a inundaciones podemos apreciar diferentes escenarios que se clasifican de la siguiente manera.

a) La provincia Chincheros vemos que mayoritariamente se encuentra conformada por zonas de gran pendiente lo que determina la inexistencia de zonas susceptibles a inundación. En ese sentido vemos que las zonas de inundación se concentran en los fondos de valle donde se ubican las zonas de Uripa, Chincheros, Ocobamba y Ranracancha.

b) En la provincia Andahuaylas vemos que las zonas a lo largo del río Chumbao tienen la posibilidad de inundaciones, afectando también a las ciudades de Talavera, Andahuaylas, San Jerónimo, y en menor posibilidad la ciudad de Pacobamba. Otra zona a destacar es la ubicada en el sur de la provincia debido a las zonas de menor pendiente y predominancia de llanos.

c) En la provincia Aymaraes se aprecia que gran parte de la cuenca media y baja de los ríos surcan el territorio de la provincia generando zonas proclives a inundaciones de nivel muy bajo ya que presentan fuertes pendientes y zonas que no permiten la concentración de aguas. En las partes altas se aprecian zonas en alto nivel de susceptibilidad aledañas a la vía Abancay – Lima.

d) En la provincia Antabamba evidenciamos que las partes altas, medias y bajas conformadas por la cuenca del río Mollebamba son en su mayoría zonas en alta pendiente, con laderas empinadas que no permiten definir áreas de inundación, pero en las partes bajas o fondos de valle se aprecian zonas inundables a la altura del centro poblado Mollebamba.

e) En la provincia Grau, vemos que la susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones es de media a baja, pero en el extremo oeste, en zonas aledañas a la laguna de Chinacocha se presentan zonas con niveles de susceptibilidad altos.

f) En la provincia Cotabambas gran parte de la provincia se encuentra en nivel medio y bajo de susceptibilidad a inundaciones. Se aprecia que las quebradas tributarias al río Vilcanota presentan fuertes pendientes, lo que en general hace difícil la ocurrencia de inundaciones en la zona.

g) La provincia Abancay es tal vez la zona que mayor impacto por inundación, debido a que es la zona donde existe mayor concentración de elementos vulnerables sobre las áreas de influencia del río Mariño. La ciudad de Abancay y el distrito de Tamburco se ubican sobre zonas formadas por flujos aluviónicos, lo que demuestra la correlación entre los modelos y las condiciones actuales del terreno.



6 POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA

6.1 Dinámica poblacional

6.1.1 Distribución poblacional

Apurímac es una región muy peculiar si la comparamos con el resto del territorio nacional. Está rodeada en un 60% por ríos que la separan físicamente de las regiones vecinas como Cusco, Ayacucho y Huancavelica. Dada su pertenencia se integra a los Andes. Su superficie es sumamente accidentada, con valles profundos que descienden a los 2,300 msnm y cumbres glaciares que alcanzan los 5,200 msnm.

A partir de la República, la población se ha ido desplazando; por un lado migrando hacia las ciudades de la Costa, y por otro, al interior de esta región, atraída por el eje vial Cusco-Abancay-Ayacucho-Lima. De este modo el 70% de la población total se ha concentrado en sólo 2 provincias y particularmente en 2 ciudades: Abancay, tradicional capital departamental, y la creciente urbe comercial de Andahuaylas que se encuentra cuenta con 2 centros poblados muy próximos: Talavera y San Jerónimo. Esta provincia constituye el más importante polo demográfico que compite y ya ha superado en población a la propia capital, Abancay.

En el panorama regional esto significa una distorsión del crecimiento y distribución demográfica claramente desigual de 2 provincias, en desmedro de las 5 restantes cuya densidad poblacional varía apenas entre 13 y 3 hab/km². Se deduce de ello que estas provincias relegadas del crecimiento económico no son partícipes de las actividades económicas más productivas dinámicas y rentables de la región, de tal modo que (salvo la actividad minera) están dedicadas mayoritariamente a actividades agrícolas (minifundios y cultivos de propiedad comunal) de bajo rendimiento económico. A pesar de esto, en Apurímac persisten 470 comunidades campesinas reconocidas.

Cuadro N° 1 Población de la región Apurímac

| PROVINCIA | POBLACION | % del | Distritos | Superficie | Densidad |
|-------------|----------------|-------------|-----------|---------------|-------------|
| | | TOTAL | | (km2) | Poblacional |
| GRAU | 25,090 | 6% | 14 | 2,174 | 11.5 |
| COTABAMBAS | 45,771 | 11% | 6 | 2,613 | 17.5 |
| CHINCHEROS | 51,583 | 13% | 8 | 1,242 | 41.5 |
| AYMARAES | 29,569 | 7% | 17 | 4,213 | 7.0 |
| ANTABAMBA | 12,267 | 3% | 7 | 3,219 | 3.8 |
| ANDAHUAYLAS | 143,846 | 36% | 19 | 3,987 | 36.1 |
| ABANCAY | 96,064 | 24% | 9 | 3,447 | 27.9 |
| | 404,190 | 100% | 80 | 20,895 | 19.3 |

Fuente: Censo Nacional, 2007

En el “Plan de Desarrollo Concertado al 2021” elaborado por el Gobierno Regional de Apurímac se señala textualmente:

“El crecimiento urbano es desigual, y la población rural, aun cuando dispersa territorialmente sigue siendo importante. Esa asimetría regional se debe a la manera como el crecimiento económico y sus beneficios se vienen distribuyendo solo en algunas provincias que cuentan con mejor integración al mercado, con más servicios públicos y mejor comunicación con el país y el mundo. Las dos ciudades mayores y sus periferias agro-urbanas que cuentan con más medios y recursos para retener y atraer población se distancian de aquellas zonas rurales que no logran condiciones para romper el aislamiento y precariedad de poblados y pequeñas centros urbanos, que son la mayoría de la región.”

Recientemente la actividad minera a gran escala (mina Las Bambas) está atrayendo a nuevos migrantes como mano de obra proveniente del Cusco, particularmente hacia la provincia de Cotabambas y su capital Tambobamba cuya vinculación con el resto de la región Apurímac es precaria a diferencia de su acceso cotidiano desde la provincia cusqueña de Anta.

Cuadro N° 6.2 Distritos más poblados de la región

| DISTRITOS MÁS POBLADOS | POBLACION | % |
|-------------------------------------|-----------|-------|
| Andahuaylas (*) | 74,266 | 18.4% |
| Abancay (**) | 58,578 | 14.5% |
| Tambobamba | 10,212 | 2.5% |
| Chincheros | 5,706 | 1.4% |
| Chuquibambilla | 5,490 | 1.4% |
| Chalhuanca | 4,558 | 1.1% |
| Antabamba | 3,166 | 0.8% |
| (*) Incluye San Jerónimo y Talavera | | |
| (**) Incluye Tamburco | | |

En el cuadro anterior se puede observar que los distritos predominantemente urbanos de Abancay y Andahuaylas concentran más de 125,000 habitantes lo cual representa el 33% de la población regional. Por lo tanto los peligros naturales que amenazan estas urbes tienen un mayor impacto en la medida de su gran concentración poblacional que la hace muy vulnerable.

6.1.2 Centros poblacionales

De la información estadística anterior se aprecia nítidamente que las ciudades de Andahuaylas y Abancay como conglomerados urbanos superan largamente al resto de la región, no sólo en cuanto a densidad poblacional, sino también en los riesgos de desastres a los que está expuesta la población regional.

Por un lado la ciudad capital Abancay es la que está en más alto riesgo de sufrir desastres, particularmente a importantes aluviones procedentes del nevado Ampay y la laguna de Uspaycocha. Esta laguna natural producto del deshielo del glaciar y anteriores eventos de movimientos en masa se mantiene estable únicamente contenida por un dique de morrenas. Solo 10 km de distancia y 1,420 metros de desnivel la separan de la ciudad, amenazando a sus 60 mil habitantes.

En el caso de la ciudad de Andahuaylas y su entorno inmediato (San Jerónimo y Talavera), las amenazas naturales más recurrentes son las inundaciones y la caída de rocas que afectan principalmente a la carretera Cusco-Ayacucho.

Estos eventos naturales al actuar sobre los elementos vulnerables generan graves daños a la red vial, aislando a esta importante zona respecto de la región Ayacucho, así como derrumbe de viviendas de las riberas y campos de cultivo de la zona. Una reciente muestra de ello ha sido el colapso del puente sobre el río Pampas (que divide ambas regiones) el presente año 2011 luego que se produjera un gran deslizamiento de un cerro de la margen izquierda (Ayacucho), que represó dicho río. Al ocurrir el desembalse, el río literalmente levantó de sus bases a esta estructura antes de llevársela íntegramente.

El segundo eje vial surgido con posterioridad a antigua vía Cusco-Ayacucho-Huancayo-Lima es la carretera Cusco-Abancay-Chalhuanka-Nasca, el mismo que ha cobrado gran importancia a partir de su asfaltado, y hoy constituye el principal nexo de articulación con las regiones vecinas (Cusco e Ica) y la capital de la República.

En resumen, el 60% de la población regional se ubica en el norte del territorio y particularmente en 2 ciudades (que representan el 30%); la capital Abancay, vinculada estrechamente con la ciudad del Cusco, y Andahuaylas, ligada histórica y culturalmente con Ayacucho (etnia Chanka).

En cuanto a la dinámica económico-productiva el siguiente cuadro elaborado por el Comité Regional de Defensa Civil nos muestra otra faceta de la distribución poblacional en las provincias de esta región:

6.2 INFRAESTRUCTURA

Se entiende por infraestructura todos los bienes públicos en beneficio de la población, esto implica diferentes tipos de infraestructura que contribuyen a fortalecer los niveles de operatividad y desarrollo en la región; en ese sentido en la región Apurímac se inventarió todas las infraestructuras posibles que son posibles de especializar.

6.2.1 Infraestructura vial

La región Apurímac, según la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones cuenta con una red vial de 2,935.25 Km. de longitud que significa el 3.74% del total existente a nivel nacional.

El sistema vial nacional representa el 19.5 % de las vías de la región. El sistema regional significa el 18.6 % conformado por las vías que integran la red intrarregional (troncales) que son insuficientes y sólo articulan centros urbanos faltando articular en gran medida las zonas rurales. El sistema vecinal representa el 62% y está constituido por los caminos vecinales que unen parcialidades, comunidades y centros poblados menores al interior de la región

Del total de caminos el sistema vial asfaltado cuenta con 334 Km, se resalta que estas carreteras presentan fuertes deficiencias a raíz de la falta de mantenimiento, por lo tanto la mayoría ha perdido el lastrado y/o el afirmado original.

La red vial regional también es poco representativa y en ella no existen carreteras asfaltadas pues el 75% de ésta red son vías afirmadas y el 25% restante vías sin afirmar; en el caso de la red vecinal, ésta representa el 62 % de las vías en la región y su caso es aún más deficiente, 77% de su red son trochas carrozables que presentan mayores deficiencias que las anteriores e incluso en época de lluvia se agrava más su transitabilidad. Así se demuestra que casi la mitad de los caminos 1,392.2 Km. (47.4%) de los caminos en la región son trochas carrozables.

De la misma forma este sistema vial esta interconectado mediante los diversos puentes con diferentes capacidades y características. La importancia de estos puntos que se podrían denominar críticos, y es que si alguna fuerza externa afecta la estructura, todo el sistema que está interconectado podría estar paralizado, inutilizándolo en cierta forma.

Cuadro N° 6.3 Puentes importantes en la región Apurímac

| INFRAESTRUCTURA | DESCRIPCION DE INFRAESTRUCTURA | DISTRITO | PROVINCIA |
|-----------------|--------------------------------|------------|------------|
| PUENTE | TAMBOHUAYCO | CARHUASI | ABANCAY |
| PUENTE | CUNYAC | CARHUASI | ABANCAY |
| PUENTE | MEJHUA | CARHUASI | ABANCAY |
| PUENTE | CASINCHIHUJA | PICHIRHUA | ABANCAY |
| PUENTE | HUINTO | PICHIRHUA | ABANCAY |
| PUENTE | ANTARUM | CHAPIMARCA | AYMARAES |
| PUENTE | SANTA ROSA | COLCABAMBA | AYMARAES |
| PUENTE | CONDORMARCA | COTARUSE | AYMARAES |
| PUENTE | CUYCA | SANAYCA | AYMARAES |
| PUENTE | CUTUCUTAY | COTABAMBAS | COTABAMBAS |
| PUENTE | CHUROC | TAMBOBAMBA | COTABAMBAS |
| PUENTE | PAMPAS | HUACCANA | CHINCHEROS |

Sistema Aéreo¹

1 CORPAC S.A

El aeropuerto de Andahuaylas se encuentra ubicado en la región Apurímac, provincia y distrito de Andahuaylas a 17.5 Km. de la ciudad sobre una meseta alta. Es el aeropuerto más importante del departamento y cuenta con una pista de asfalto / concreto de 2,500 m de largo por 45 m de ancho y cuenta también con un terminal de pasajeros de cuatro pisos con 37 m de largo por 12m de ancho.

Inició sus operaciones en 1964, por ello es el único que recibe vuelos comerciales regularmente, aunque solo de aeronaves pequeñas y medianas. El aeropuerto de Andahuaylas se encuentra operado por CORPAC S.A.



Figura N° 6.1 Aeropuerto de Andahuaylas

6.2.2 Infraestructura energética

Considerando las características físicas de la región Apurímac y la disponibilidad de recursos hídricos en zonas con fuertes caídas, hace que esta región posea una gran capacidad para la generación de energía eléctrica. En el año 2004, según el Organismo Supervisor de la Inversión en la Energía - OSINERG, Apurímac tuvo una producción de 10.5 MW correspondiendo 52.8 % a energía térmica y el resto la proveniente de fuerzas hidráulicas. Asimismo el 65.8 % fue generada por el sector público. En este año la región generó apenas el 0.2% de la producción de nacional de energía eléctrica.

Cuadro N° 6.4 Centrales hidroeléctricas y térmicas de la región Apurímac

| INFRAESTRUCTURA | DESCRIPCION DE | | |
|------------------------|-----------------|--------------|-------------|
| | INFRAESTRUCTURA | DISTRITO | PROVINCIA |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Andahuaylas | Andahuaylas |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Huancaray | Andahuaylas |
| Central Hidroeléctrica | N/D | San Jeronimo | Andahuaylas |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Antabamba | Antabamba |
| Central Hidroeléctrica | Antabamaba | Huaquirca | Antabamba |
| Central Hidroeléctrica | Chalhuanca | Chalhuanca | Aymaraes |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Chincheros | Chincheros |
| Central Hidroeléctrica | Vilcabamba | Curpahuasi | Grau |
| Central Térmica | Abancay | Abancay | Abancay |
| Central Térmica | Antabamba | Huaquirca | Antabamba |
| Central Térmica | N/D | Oropesa | Antabamba |
| Central Térmica | Selene | Cotaruse | Aymaraes |

Fuente: OSINERG

6.2.3 Infraestructura turística

Uno de los potenciales de la región Apurímac no aprovechados es el turismo, el cual a está relegado debido a la disminuida infraestructura que sirve de soporte para el desarrollo de esta importante actividad. Es necesario considerar que en los últimos años se están haciendo esfuerzos para desarrollar esta actividad en la región.

Cuadro N° 6.4 Principales centros turísticos de la región Apurímac

| Infraestructura | Descripción de | | |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|-------------|
| | Infraestructura | Distrito | Provincia |
| Templo Colonial | Templo Sta. Isabel De Caype | Lambrama | Andahuaylas |
| Templo Colonial | Templo Pampamarca | Cotoruse | Aymaraes |
| Zona Arqueológica | Ushno Moqo | Curahuasi | Abancay |
| Zona Arqueológica | Limacpampa | Curahuasi | Abancay |
| Zona Arqueológica | Tuaro | Curahuasi | Abancay |
| Zona Arqueológica | Cerro Huiton | Pacucha | Andahuaylas |
| Zona Arqueológica | Ruinas De Curamba | Kishuara | Andahuaylas |
| Zona Arqueológica | Huampo | San Antonio De Cachi | Andahuaylas |
| Zona Arqueológica | Pucaypata | Ocobamba | Andahuaylas |
| Zona Arqueológica | Angasmarka | Chalhuanca | Aymaraes |
| Zona Arqueológica | Quispimarka | Uripa | Chincheros |
| Zona Arqueológica | Quishuarpama | Mariscal Gamarra | Grau |

Fuente: Ministerio de cultura

6.2.4 Infraestructura minera

La producción minera en la región está en pleno proceso de desarrollo, implantando cada vez mayores puntos extractivos, y junto a estos nuevos lugares llegan inversiones que se plasman en los medios para la extracción de los productos de las mineras.

Actualmente más del 52% del territorio regional está concesionado a empresas mineras (denuncios), lo que implica que en un futuro cercano, la infraestructura minera y la que le sirve de soporte irán en franco aumento, en detrimento del medio ambiente y la producción agrícola, pues se trata de una actividad extractiva netamente contaminante de los recursos hídricos que en las zonas altas de la región son muy escasos.

Cuadro N° 6.5 Principales centros mineros de la región Apurímac

| INFRAESTRUCTURA | DESCRIPCION DE INFRAESTRUCTURA | DISTRITO | PROVINCIA |
|------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------|
| Mina | San Diego | Cotaruse | Aymaraes |
| Mina | Las Bambas | Tambobamba | Cotabambas |
| Mina | N/D | Pataypampa | Grau |
| Mina Metálica | Huinchos | San Jerónimo | Andahuaylas |
| Mina Metálica | Selene | Juan Espinoza Medrano | Antabamba |
| Mina Metálica | Santa Rosa | Curasco | Grau |
| Mina No Metálica | Quitaspata | Abancay | Abancay |
| Mina No Metálica | San Alejandro | Pichirhua | Abancay |
| Mina No Metálica | Contucna | Huancaray | Andahuaylas |
| Mina No Metálica | Cachicunca | Pacobamba | Andahuaylas |
| Mina No Metálica | Chachihuancaray | San Antonio De Cachi | Andahuaylas |

6.2.5 Infraestructura hídrica

Dentro de toda la gama de infraestructuras que existe en el campo de la agricultura, ganadería y usos humanos, vemos cómo la infraestructura hídrica en la región Apurímac tiene referentes de proporciones considerables, en este caso considerando la escala de trabajo se tomaron en cuenta las presas existentes en la región.

Cuadro N° 6.5 Presas de la región Apurímac

| INFRAESTRUCTURA | DESCRIPCION DE INFRAESTRUCTURA | DISTRITO | PROVINCIA |
|-----------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| Presas | Sutococha | Andahuaylas | Andahuaylas |
| Presas | Laguna antoccocha | San Jerónimo | Andahuaylas |
| Presas | Laguna pampahuasi | San Jerónimo | Andahuaylas |

6.3 POBLACIÓN EN UN ESCENARIO DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS Y CAÍDA DE BLOQUES

Considerando la participación de elementos sociales - antrópicos sobre un medio físico, es necesario conocer

cuál es el nivel de interacción que tienen estos elementos en la región Apurímac. Esto nos lleva a superponer la distribución poblacional de la región sobre el mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos y caída bloques, para con ello poder determinar el grado o nivel de exposición de los centros poblados que para el presente caso llegó a nivel de capital distrital.

De la interacción de estos elementos (población y susceptibilidad) se obtuvo un producto donde evidenciamos a partir de la lectura del cuadro 6.6, que los centros poblados con muy alta y alta exposición a la ocurrencia de deslizamiento son considerables. Prácticamente el 23% de los centros poblados están en estas categorías lo cual es relevante ya que más del 40% de la población se concentra en estos centros poblados.

El análisis fue corroborado con el Compendio de Emergencias del INDECI – SINPAD con la intención de validar los resultados ya que no consideramos que sea suficiente la interacción del modelo con los centros poblados, y el resultado muestra que efectivamente el 73% de los centros poblados considerados en muy alta y alta exposición sí han sufrido, al menos una ocasión, el impacto de eventos como deslizamientos y caída de bloques.

Dentro de estos centros poblados destacan, Cocharcas, Cotabambas y Huayllati como zonas en muy alta exposición a deslizamientos. Las zonas de Abancay, Curahuasi, Andahuaylas, Mollebamba, Challhuanca, Chincheros y Lucre como zonas de alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos y/o caída de bloques.

Cuadro N° 6.6 Población expuesta a deslizamiento en la región Apurímac

| PROVINCIA | DISTRITO | CENTRO POBLADO | EXPOSICION |
|-------------|-----------------------|----------------|------------|
| Chincheros | Cocharcas | Cocharcas | Muy Alta |
| Cotabambas | Cotabambas | Cotabambas | Muy Alta |
| Grau | Huayllati | Huayllati | Muy Alta |
| Abancay | Abancay | Abancay | Alta |
| Abancay | Curahuasi | Curahuasi | Alta |
| Abancay | San Pedro De Cachora | Cachora | Alta |
| Andahuaylas | Andahuaylas | Andahuaylas | Alta |
| Andahuaylas | Kishuara | Kishuara | Alta |
| Andahuaylas | Pacucha | Pacucha | Alta |
| Antabamba | Juan Espinoza Medrano | Mollebamba | Alta |
| Antabamba | Oropesa | Oropesa | Alta |
| Aymaraes | Challhuanca | Challhuanca | Alta |
| Aymaraes | Lucre | Lucre | Alta |
| Chincheros | Anco Huallo | Uripa | Alta |
| Chincheros | Chincheros | Chincheros | Alta |
| Chincheros | Ocobamba | Ocobamba | Alta |
| Chincheros | Ranracancha | Ranracancha | Alta |

Fuente: Equipo PREDES

6.4 INFRAESTRUCTURA EN UN ESCENARIO DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS Y CAÍDA DE BLOQUES

Dentro de la región Apurímac evidenciamos infraestructura de diferente tipo, de las cuales se identificaron las de mayor cercanía o exposición a la ocurrencia de deslizamientos y/o caída de bloques. De todo este conjunto de infraestructura destacan la central hidroeléctrica ubicada en el distrito Antabamba, de igual manera una central térmica en el distrito de Oropesa, y la zona arqueológica de Tauro en el distrito de Uripa, cabe resaltar que estas precisiones están hechas en un mapa regional para lo cual es necesario realizar inspecciones individuales a cada una de las zonas y así confirmar y determinar el nivel de exposición y vulnerabilidad de la infraestructura mencionada.

Del cuadro 6.7 vemos que 32 puntos o infraestructura se encuentran en muy alta y alta exposición a la ocurrencia de deslizamientos y/o caídas como producto de la activación de los posibles eventos naturales. Tendríamos así el impacto directo sobre la infraestructura como puentes a lo largo del tramo Cusco – Nasca que tiene implicancias directas con todo un sistema vial interconectado afectando de forma indirecta a gran parte de la población y generando pérdidas económicas.

Es importante considerar la infraestructura útil para la generación de energía. En este sentido vemos que el posible impacto y afectación repercutirán de forma directa o indirecta en la población.

Cuadro N° 6.7 Infraestructura expuesta a deslizamiento en la región Apurímac

| INFRAESTRUCTURA | DESCRIPCIÓN | DISTRITO | PROVINCIA | EXPOSICIÓN |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------|------------|
| Central Hidroeléctrica | N/D | Antabamba | Antabamba | Muy Alta |
| Central Térmica | Antabamba | Oropesa | Antabamba | Muy Alta |
| Zona Arqueológica | Tuaro | Uripa | Chincheros | Muy Alta |
| Central Hidroeléctrica | Chalhuanca | Andahuaylas | Andahuaylas | Alta |
| Central Hidroeléctrica | Antabamaba | Huancaray | Andahuaylas | Alta |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Huaquirca | Antabamba | Alta |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Curpahuasi | Grau | Alta |
| Central Térmica | Abancay | Abancay | Abancay | Alta |
| Mina Metálica | Selene | Curasco | Grau | Alta |
| Mina No Metálica | Contucna | Pichirhua | Abancay | Alta |
| Mina No Metálica | Cachicuncca | Huancaray | Andahuaylas | Alta |
| Mina No Metálica | Quitasolpata | Pacobamba | Andahuaylas | Alta |
| Mina No Metálica | San Alejandro | San Antonio De Cachi | Andahuaylas | Alta |
| Puente | Condormarca | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Cuyca | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Santa Rosa | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Antarum | Pichirhua | Abancay | Alta |
| Puente | Casinchihija | Pichirhua | Abancay | Alta |
| Puente | Huinto | Chapimarca | Aymaraes | Alta |
| Puente | Tambohuayco | Colcabamba | Aymaraes | Alta |
| Puente | Cunyac | Cotaruse | Aymaraes | Alta |
| Puente | Mejhua | Sanayca | Aymaraes | Alta |
| Puente | Cutucutay | Cotabambas | Cotabambas | Alta |
| Puente | Churoc | Tambobamba | Cotabambas | Alta |
| Templo Colonial | Templo Sta. Isabel De Caype | Cotoruse | Aymaraes | Alta |

| | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------------|-------------|------|
| Zona Arqueológica | Cerro Huiton | Curahuasi | Abancay | Alta |
| Zona Arqueológica | Angasmarka | Curahuasi | Abancay | Alta |
| Zona Arqueológica | Ruinas De Curamba | Curahuasi | Abancay | Alta |
| Zona Arqueológica | Quispimarka | Pacucha | Andahuaylas | Alta |
| Zona Arqueológica | Ushno Moqo | Kishuara | Andahuaylas | Alta |
| Zona Arqueológica | Limacpampa | San Antonio De Cachi | Andahuaylas | Alta |
| Zona Arqueológica | Huampo | Ocobamba | Andahuaylas | Alta |
| Zona Arqueológica | Pucaypata | Mariscal Gamarra | Grau | Alta |

Fuente: Equipo PREDES

Cuadro N° 6.8 Infraestructura vial expuesta a deslizamiento en la región Apurímac

| SIMBOLOGÍA | SUPERFICIE | EXPOSICIÓN | LONGITUD (Km.) |
|----------------------|---------------|------------|----------------|
| DESLIZAMIENTO | Asfaltado | Muy alto | 22.13 |
| | Asfaltado | Alto | 188.45 |
| | Asfaltado | Medio | 58.27 |
| | Asfaltado | Bajo | 0 |
| | Sin asfaltado | Muy alto | 135.75 |
| | Sin asfaltado | Alto | 889.21 |
| | Sin asfaltado | Medio | 583.61 |
| | Sin asfaltado | Bajo | 0 |

Fuente: Equipo PREDES

Del cuadro 6.8 vemos que del total de vías asfaltadas de la región Apurímac, el 73% se encuentra en zonas de muy alta y alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, lo que significa grandes longitudes de las vías que tienen que ser analizadas a detalle para identificar con mayor precisión los tramos críticos que implican afectación en cada vía.

6.5 POBLACIÓN EN UN ESCENARIO DE SUSCEPTIBILIDAD A HUAYCOS

Dentro del medio regional vemos que los diferentes elementos sobre el territorio están en un determinado nivel de exposición. En este caso particular, ante la ocurrencia de huaycos, se destaca que el máximo nivel alcanzando es de alta susceptibilidad del territorio a la ocurrencia de eventos como huaycos.

En el mismo sentido que el anterior proceso descrito en el acápite 6.3, vemos la necesidad de superponer elementos vulnerables sobre el territorio, lo que permite conocer el grado o nivel de exposición de los centros poblados a nivel de capital distrital.

La ocurrencia de huaycos y/o flujos aluviónicos están presentes y son muy factibles de ocurrir a lo largo de la región, pero considerando que la clave para la ocurrencia de este evento es la precipitación. En ese sentido en escenarios donde ocurra todo un proceso de cambio climático donde las variables climáticas se alteran y agudizan podríamos estar frente a la ocurrencia de mayores eventos en igual tiempo.

Del cuadro 6.9 vemos que el 28%, es decir 22 centros poblados, se encuentran en alto nivel de exposición frente a la ocurrencia de huaycos, de estos 22 centros poblados cabe resaltar que se encuentran la dos capitales provinciales más importantes como Abancay y Andahuaylas y las demás capitales distritales que en su

conjunto poseen una población que concentran el 39% de la población de toda la región.

La información ha sido corroborada por las estadísticas de emergencias del INDECI, dando como resultado que el 68% es confirmado por las estadísticas.

Cuadro N° 6.9 Población expuesta a huaycos en la región Apurímac

| PROVINCIA | DISTRITO | CENTRO POBLADO | EXPOSICION |
|-------------|-----------------------|----------------|------------|
| Abancay | Abancay | Abancay | Alta |
| Abancay | Curahuasi | Curahuasi | Alta |
| Abancay | San Pedro De Cachora | Cachora | Alta |
| Andahuaylas | Andahuaylas | Andahuaylas | Alta |
| Andahuaylas | Huancaray | Huancaray | Alta |
| Andahuaylas | Kishuara | Kishuara | Alta |
| Andahuaylas | Pacucha | Pacucha | Alta |
| Andahuaylas | San Jeronimo | San Jeronimo | Alta |
| Andahuaylas | Talavera | Talavera | Alta |
| Antabamba | Juan Espinoza Medrano | Mollebamba | Alta |
| Antabamba | Oropesa | Oropesa | Alta |
| Aymaraes | Challhuanca | Challhuanca | Alta |
| Aymaraes | Lucre | Lucre | Alta |
| Chincheros | Anco Huallo | Uripa | Alta |
| Chincheros | Chincheros | Chincheros | Alta |
| Chincheros | Cocharcas | Cocharcas | Alta |
| Chincheros | Ocobamba | Ocobamba | Alta |
| Chincheros | Ranracancha | Ranracancha | Alta |
| Cotabambas | Cotabambas | Cotabambas | Alta |
| Grau | Huayllati | Huayllati | Alta |
| Grau | Progreso | Progreso | Alta |
| Grau | Vilcabamba | Vilcabamba | Alta |

6.6 INFRAESTRUCTURA EN UN ESCENARIO DE SUSCEPTIBILIDAD A HUAYCOS

Para este caso al igual que en el caso anterior se relacionaron las infraestructuras con la susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos, producto de esta conjunción tenemos que el puente en la zona de Cotaruse es el de muy alta exposición a posibles huaycos, junto a ello las demás infraestructura como centrales hidroeléctrica, centrales térmicas y zonas arqueológicas se encuentran en zona de alto nivel de susceptibilidad.

Es claro notar que la mayoría de la infraestructura como puentes, se encuentra en la provincia de Abancay, así como las zonas arqueológicas sujetas a algún tipo de modificación.

Cuadro N° 6.10 Infraestructura expuesta a huaycos en la región Apurímac

| INFRAESTRUCTURA | DESCRIPCIÓN | DISTRITO | PROVINCIA | EXPOSICIÓN |
|------------------------|-----------------------------|------------------|-------------|------------|
| Central Hidroeléctrica | N/D | Huancaray | Andahuaylas | Alta |
| Central Hidroeléctrica | Chalhuanca | Chalhuanca | Aymaraes | Alta |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Chincheros | Chincheros | Alta |
| Central Térmica | Abancay | Abancay | Abancay | Alta |
| Central Térmica | Antabamba | Huaquirca | Antabamba | Alta |
| Central Térmica | Selene | Cotaruse | Aymaraes | Alta |
| Puente | Tambohuayco | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Cunyac | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Mejhua | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Casinchihija | Pichirhua | Abancay | Alta |
| Puente | Huinto | Pichirhua | Abancay | Alta |
| Puente | Santa Rosa | Colcabamba | Aymaraes | Alta |
| Puente | Condormarca | Cotaruse | Aymaraes | Muy Alta |
| Puente | Cuyca | Sanayca | Aymaraes | Alta |
| Templo Colonial | Templo Sta. Isabel De Caype | Lambrama | Andahuaylas | Alta |
| Zona Arqueológica | Ushno Moqo | Curahuasi | Abancay | Alta |
| Zona Arqueológica | Tuaro | Curahuasi | Abancay | Alta |
| Zona Arqueológica | Cerro Huiton | Pacucha | Andahuaylas | Alta |
| Zona Arqueológica | Angasmarka | Chalhuanca | Aymaraes | Alta |
| Zona Arqueológica | Quispimarca | Uripa | Chincheros | Alta |
| Zona Arqueológica | Quishuarpama | Mariscal Gamarra | Grau | Alta |

Fuente: Equipo PREDES

Cuadro N° 6.11 Infraestructura vial expuesta a huaycos en la región Apurímac

| SIMBOLOGÍA | SUPERFICIE | EXPOSICIÓN | LONGITUD (Km.) |
|----------------|---------------|------------|----------------|
| HUAYCOS | Asfaltado | Muy Alto | 6.42 |
| | Asfaltado | Alto | 129.65 |
| | Asfaltado | Medio | 132.62 |
| | Asfaltado | Bajo | 0.15 |
| | Sin Asfaltado | Muy Alto | 17.95 |
| | Sin Asfaltado | Alto | 405.15 |
| | Sin Asfaltado | Medio | 1167.26 |
| | Sin Asfaltado | Bajo | 18.19 |

Fuente: Equipo PREDES

Del cuadro 6.11 se extrae que el 50.61% de las vías se encuentran en zonas de muy alto a alto nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos que afecta tanto de forma directa como indirecta a los diferentes centros poblacionales que utilizan estos medios como transporte y movilización a lo largo de la región.

Considerar que más del 50% de las vías asfaltadas de la región se encuentra en zonas sujetas a huaycos nos indica que deben realizarse medidas de mitigación partiendo de la evaluación precisa de cada una de las zonas a lo largo de las vías y así confirmar las zonas que señala el estudio, lo cual es un avance en la zonificación y determinación de áreas susceptibles a la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

6.7 POBLACIÓN EN UN ESCENARIO DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES

Las inundaciones en la región de Apurímac se observan en zonas puntuales de la región donde existen grandes regímenes de precipitación y conformaciones del relieve que generan la concentración de aguas o el desborde de los ríos cuando éstos sobrepasan en el nivel de caudal esperado. En este sentido vemos que en la región Apurímac existen zonas susceptibles a inundaciones, donde destacan las ciudades de San Jerónimo y Talavera en la provincia de Andahuaylas, por otro lado la ciudad de Mollebamba en el distrito Juan Espinoza Medrano, Lucre, Progreso y Vilcabamba son las que presentan nivel más altos de susceptibilidad a posibles inundaciones. Estos datos fueron corroborados con las estadísticas de emergencia proporcionadas por el IN-DECI a través de su base de datos SINPAD.

De la misma forma ciudades como Abancay, Curahuasi, Andahuaylas, Pacucha, Chincheros y Challhuahuacho presentan zonas con alto nivel a exposición, en suma entre las ciudades mencionadas se concentra un total de 84,193 habitantes.

Cuadro N° 6.12 Población expuesta a Inundaciones en la región Apurímac

| PROVINCIA | DISTRITO | CENTRO POBLADO | EXPOSICION |
|-------------|-----------------------|----------------|------------|
| Andahuaylas | San Jerónimo | San Jerónimo | Muy Alta |
| Andahuaylas | Talavera | Talavera | Muy Alta |
| Antabamba | Juan Espinoza Medrano | Mollebamba | Muy Alta |
| Antabamba | Oropesa | Oropesa | Muy Alta |
| Aymaraes | Lucre | Lucre | Muy Alta |
| Chincheros | Anco Huallo | Uripa | Muy Alta |
| Chincheros | Ranracancha | Ranracancha | Muy Alta |
| Grau | Progreso | Progreso | Muy Alta |
| Grau | Vilcabamba | Vilcabamba | Muy Alta |
| Abancay | Abancay | Abancay | Alta |
| Abancay | Curahuasi | Curahuasi | Alta |
| Abancay | San Pedro De Cachora | Cachora | Alta |
| Andahuaylas | Andahuaylas | Andahuaylas | Alta |
| Andahuaylas | Huancaray | Huancaray | Alta |
| Andahuaylas | Pacucha | Pacucha | Alta |
| Aymaraes | Challhuanca | Challhuanca | Alta |
| Aymaraes | Cotaruse | Cotaruse | Alta |
| Chincheros | Chincheros | Chincheros | Alta |
| Chincheros | Ocobamba | Ocobamba | Alta |
| Cotabambas | Challhuahuacho | Challhuahuacho | Alta |

Fuente: Equipo PREDES

6.8 INFRAESTRUCTURA EN UN ESCENARIO DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES

Del total de la infraestructura vemos que gran parte de ella se encuentra con valores de exposición que van de alto a muy alto. Podemos ver a partir del cuadro 6.13 que elementos como el aeropuerto de Andahuaylas,

las centrales hidroeléctricas de Huanca, el puente de Tambohuayco en la zona de Aymaraes y las diferentes zonas arqueológicas en la región podrían ser afectadas por una Inundación.

Cuadro N° 6.13 Infraestructura expuesta a Inundaciones en la región Apurímac

| INFRAESTRUCTURA | DESCRIPCIÓN | DISTRITO | PROVINCIA | EXPOSICIÓN |
|------------------------|-------------------|--------------|-------------|------------|
| Aeropuerto | Andahuaylas | San Jerónimo | Andahuaylas | Alta |
| Central Hidroeléctrica | N/D | Huaquirca | Antabamba | Alta |
| Central Térmica | Abancay | Abancay | Abancay | Alta |
| Mina Metálica | Selene | Curasco | Grau | Alta |
| Presa | Laguna Pampahuasi | San Jerónimo | Andahuaylas | Alta |
| Puente | Condormarca | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Cuyca | Carhuasi | Abancay | Alta |
| Puente | Antarum | Pichirhua | Abancay | Alta |
| Puente | Casinchihija | Pichirhua | Abancay | Alta |
| Puente | Huinto | Chapimarca | Aymaraes | Alta |
| Puente | Tambohuayco | Colcabamba | Aymaraes | Alta |
| Zona Arqueológica | Cerro Huiton | Curahuasi | Abancay | Muy Alta |
| Zona Arqueológica | Angasmarka | Curahuasi | Abancay | Alta |
| Zona Arqueológica | Quispimarca | Pacucha | Andahuaylas | Muy Alta |
| Zona Arqueológica | Ushno Moqo | Kishuara | Andahuaylas | Alta |
| Zona Arqueológica | Quishuarpama | Chalhuanca | Aymaraes | Alta |

Fuente: Equipo PREDES

Del cuadro 6.14 vemos que del total de las vías asfaltadas el 5% se encuentra en zonas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones y el 35% se encuentra en zonas de alta susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones; esto implica que gran parte de las zonas deberán tener una inspección que clarifique y defina con precisión los tramos que aquí, en el presente documento, se plantean de forma preliminar.

Cuadro N° 6.14 Infraestructura vial expuesta a inundaciones en la región Apurímac

| SIMBOLOGÍA | SUPERFICIE | EXPOSICIÓN | LONGITUD (Km.) |
|-------------------|---------------|------------|----------------|
| INUNDACION | Asfaltado | Muy alto | 13.28 |
| | Asfaltado | Alto | 95.33 |
| | Asfaltado | Medio | 115.9 |
| | Asfaltado | Bajo | 44.32 |
| | Sin asfaltado | Muy alto | 37.42 |
| | Sin asfaltado | Alto | 330.16 |
| | Sin asfaltado | Medio | 766 |
| | Sin asfaltado | Bajo | 474.98 |

Fuente: Equipo PREDES

7 ZONAS CRÍTICAS

7.1 PELIGROS GEODINÁMICOS EN EL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DEL ABANCAY

El documento “*Mapa de Peligros de Abancay*” – abril 2007 elaborado por el Programa Ciudades Sostenibles - INDECI-PNUD analiza exhaustivamente las amenazas naturales que han afectado y pueden generar nuevos desastres en esta importante urbe, que es la capital de la región y vía terrestre, paso obligado entre Cusco y Lima.

El distrito de Abancay según el Censo Nacional del 2007 tiene una población de 51,225 personas. Si incluimos al distrito de Tamburco que es parte del casco urbano, podemos considerar un total de 60,000 habitantes.

7.1.1 Resumen

El mencionado estudio, describe la larga historia de desastres a partir de fenómenos de origen climático y geodinámico, tales como deslizamientos, huaycos, inundaciones, erosión, bajas temperaturas, incendios en laderas, entre otros.

Muchos de estos fenómenos se asocian a la presencia del glaciar (nevado Ampay) que se ubica a solo 10 km de la ciudad y 2,800 metros sobre ésta. Las morrenas han formado lagunas, siendo la de mayor tamaño Uspaycocha, que pone en alto peligro a la ciudad en caso de producirse un aluvión.

El estudio elaborado por el *Programa Ciudades Sostenibles* rememora 3 importantes eventos:

1. Aluvión de tierra negra ocurrido en 1951 que cobró 11 vidas y amenazó a la ciudad de Abancay (ver fichas),
2. Reptación de suelos en las laderas de Moyocorral Limapata que produjo daños importantes en un conjunto habitacional de la ciudad y alrededores,
3. Deslizamiento de Cchocha Pumarana, ocurrido en febrero del año 1997. La deforestación de 700 ha. de bosques ha contribuido a producir este evento que causó 122 víctimas.

7.1.2 Zonificación del Peligro de la Ciudad de Abancay

Peligro alto

Dentro de esta zona se considera especialmente la parte norte, intermedia entre la ciudad y el nevado Ampay:

- Peligro geológico-climático de reactivación del deslizamiento en Cchocha – Pumarana.

- Peligro climático de una crecida de aguas de la quebrada Sahuanay Chinchichaca y posible desborde de las lagunas.
- Deslizamiento de tierras o rocas, tanto en zona urbana y pie de ladera.
- Peligro geológico-climático de corrimiento de suelos (parte alta de FONAVI).
- Derrumbe en la margen derecha de la quebrada Sahuanay.

Peligro medio

- Torrentera final entre las quebradas Sahuanay – Chinchichaca.
- Franja intermedia entre Tamburco y comunidades de San Antonio, Querapata.
- Toda la margen izquierda de los ríos Colcaque y Mariño, parte de Aymas.

Peligro bajo

- Especialmente zonas de moderada a baja pendiente, con suelos calichosos que tienen buena capacidad portante frente a las edificaciones, suelos granulares.

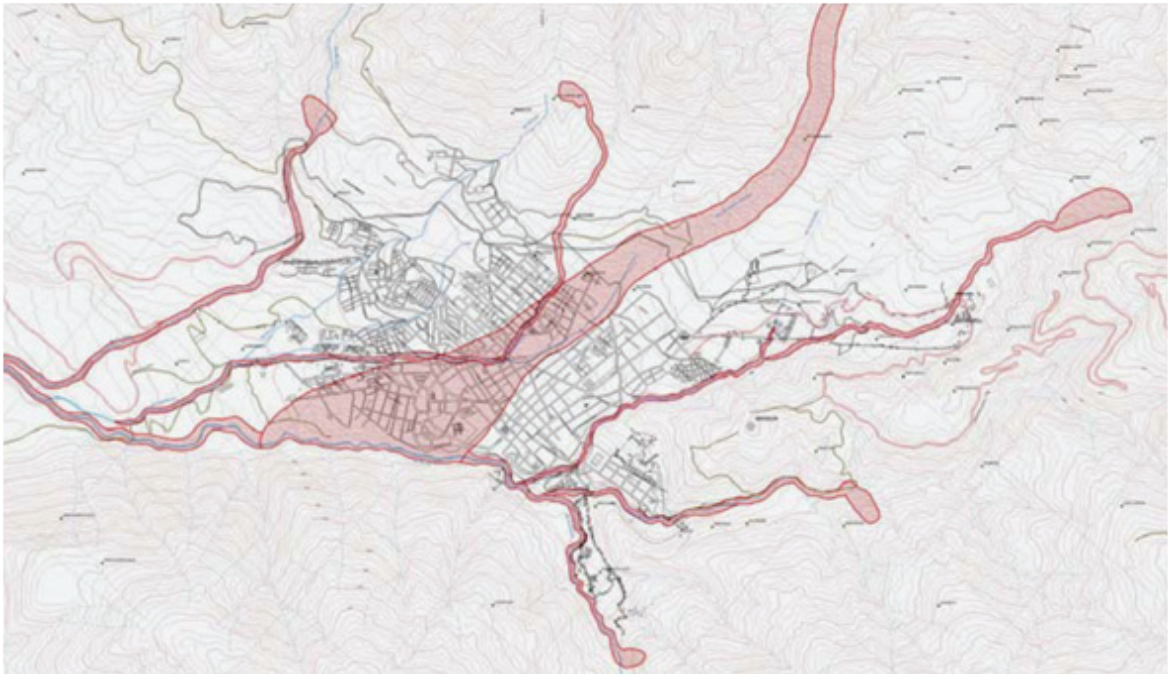


Imagen N° 7.1 Zonas de peligro por aluvión sobre Abancay
(Mapa de peligros - Ciudades Sostenibles - 2007)

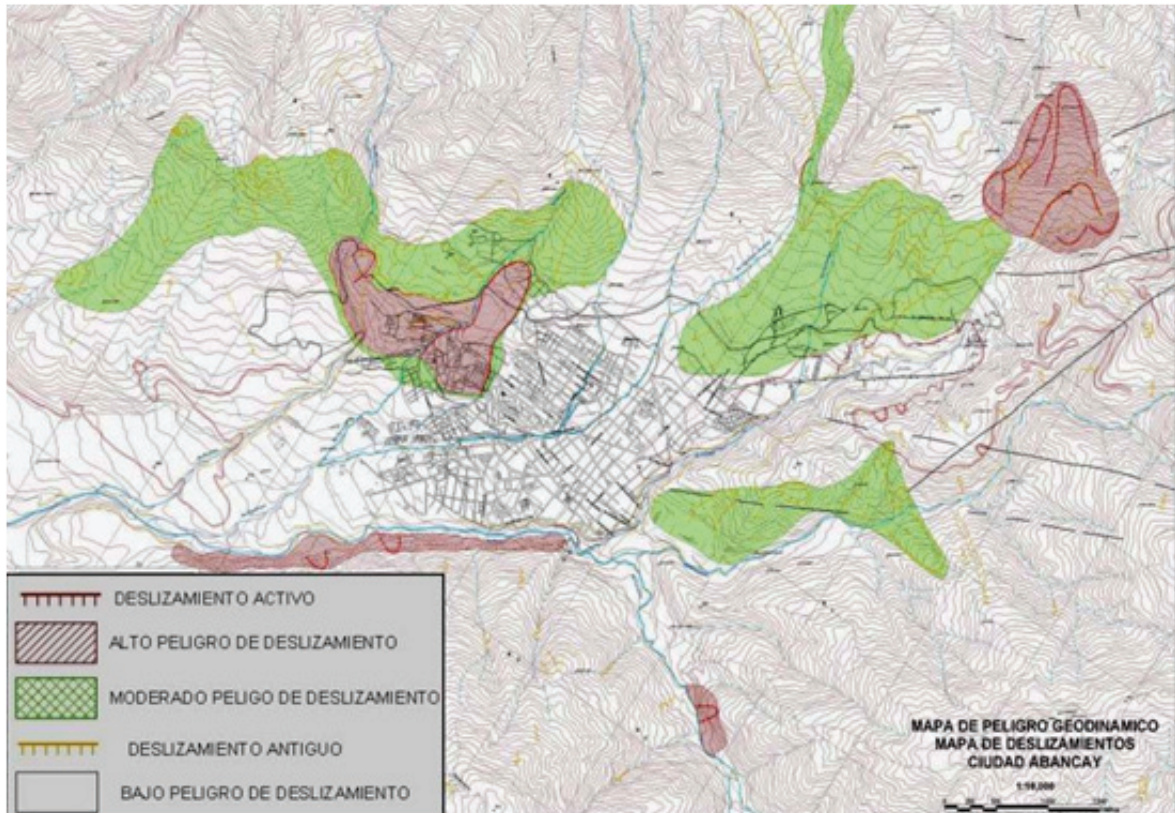


Imagen N° 7.2 Movimientos en masa sobre Abancay

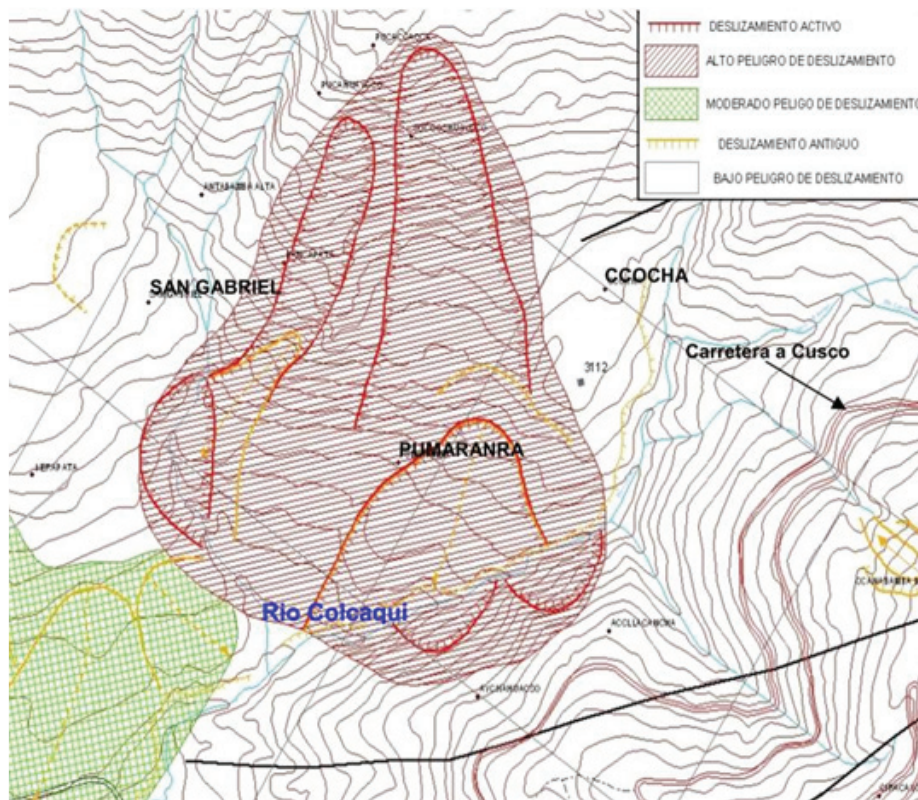


Imagen N° 7.3 Deslizamiento en Ccocha Pumarranra

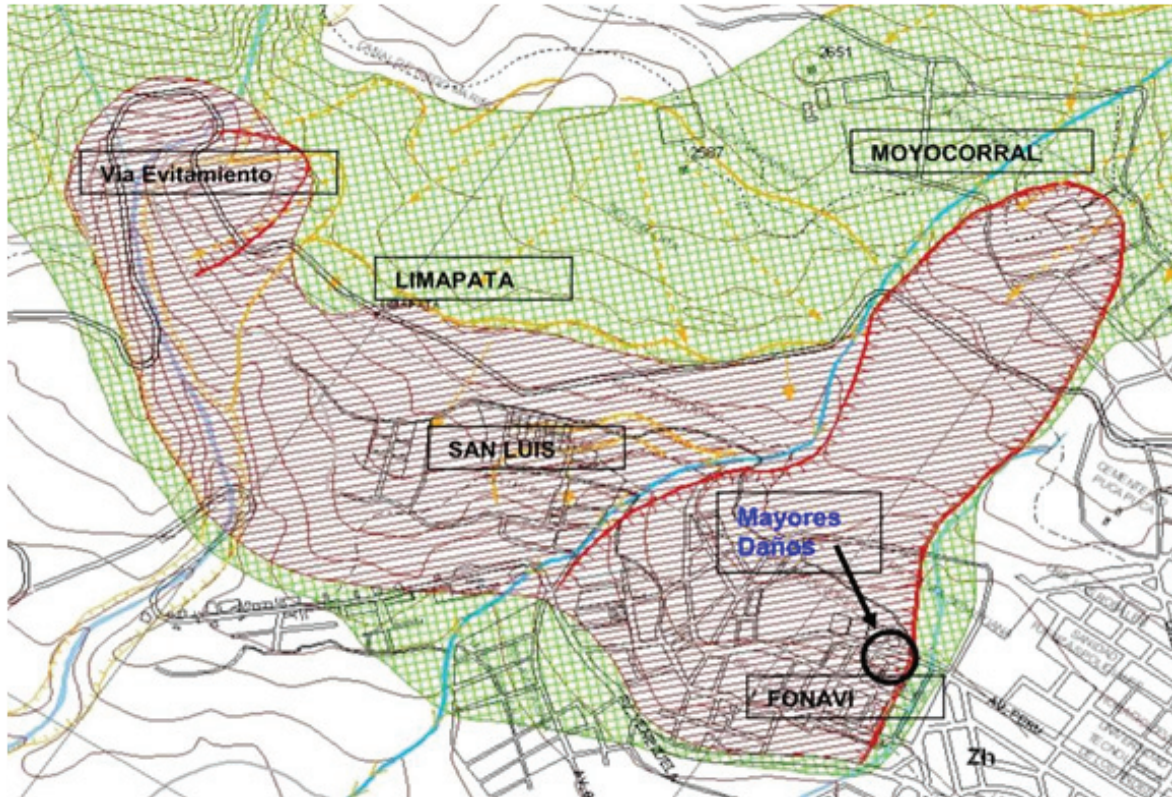


Imagen N° 7.4 Área de peligro por deslizamiento en Moyocorral - Limapata

7.1.3 CONCLUSIONES

1. En el área urbana de la ciudad de Abancay predominan los eventos geodinámicos de origen climático, especialmente los relacionados a la estabilidad de taludes, como deslizamientos y la formación de huaycos y aluviones.
2. En general los cambios climáticos afectan la escorrentía de ríos y quebradas naturales y sus zonas próximas. Al observar el mapa de peligros elaborado por el Programa de Ciudades Sostenibles (2006), podría dar la impresión que Abancay tiene pocas zonas afectables, sin embargo la observación directa *in situ* nos ha permitido conocer que las inundaciones también constituyen una amenaza importante a considerar al evaluar sus riesgos dado el estado actual de los cauces de los afluentes que forman el río Mariño. El tributario derecho que baja del Ampay es ocupado parcialmente por un grupo de viviendas, mientras que muy próximo al otro afluente se ha construido un nuevo hotel denominado “La Cascada” sin ninguna evaluación de peligro por inundación.
3. Los peligros geológicos como los huaycos, tienen su origen en la variabilidad climática y afectan a las mismas áreas que las inundaciones debido a que los cauces de avenidas son amplios y profundos y tienen capacidad de conducir tanto los caudales extraordinarios, como los flujos de lodo de los huaycos, afectando siempre a las construcciones y obras que se ubican en estos cauces.

4. Consideramos que el peligro geológico climático que afecta con mayor amplitud es el aluvión procedente del nevado Ampay, el mismo que bajando por la quebrada del Chinchichac, podría cubrir varias áreas urbanas de Maucalle en la parte alta hasta el hospital regional y barrio Santa Elena en la parte baja.
5. Los peligros geológico-climáticos de deslizamientos naturales son los más extensos e inminentes que podrían desencadenar en forma violenta. El estudio los ha considerado como de peligro alto y los deslizamientos lentos como los de reptación, o aquellos cuyo factor de seguridad implica que el deslizamiento es poco probable han sido considerados como de peligro medio.

7.2 PELIGROS GEODINÁMICOS EN EL ÁMBITO TALAVERA-ANDAHUAYLAS-SAN JERÓNIMO

Como ya se ha mostrado, la mayor concentración urbana de la región Apurímac la constituye el conglomerado urbano formado por 3 centros poblados en proceso avanzado de conurbación. Éstos se emplazan a lo largo del eje de la carretera Ayacucho-Abancay y el río Chumbao. Estas ciudades y distritos son de Oeste a Este: Talavera, Andahuaylas y San Jerónimo.

Esta zona crítica cobra gran importancia para la región en la medida que es uno de los 3 principales corredores económicos de Apurímac por su dinamismo, además es un eje vial fundamental que une a 2 regiones vecinas y la densidad poblacional que ha alcanzado en las últimas décadas. Según el Censo Nacional del 2007 Andahuaylas y los 2 centros poblados mencionados sobrepasan los 75,000 habitantes, superando largamente a la capital regional, Abancay.

A pesar de que en esta zona ocurren periódicamente fenómenos geodinámicos no se conoce a la fecha un estudio específico que se haya realizado sobre peligros, vulnerabilidad y riesgo de desastre para Andahuaylas, tal como el desarrollado por el Programa Ciudades Sostenibles para la ciudad de Abancay el año 2006.

Debido a esta ausencia solo queda describir el escenario de amenazas y eventos registrados que se ha podido reunir sobre este importante ámbito de la región. Se ha considerado igualmente importante el acopio de noticias recientes sobre desastres ocurridos en Andahuaylas que han afectado a esta ciudad y su entorno urbano inmediato.

Es necesario acotar que el Plan de Desarrollo Regional Concertado elaborado por el Gobierno Regional de Apurímac entre el 2006 y 2010, así como el Plan Vial Provincial Participativo de Andahuaylas del 2006 realizado por el municipio respectivo, no han tratado el tema de la gestión de riesgos de desastre, ni se ha considerado una cronología de eventos geodinámicos que han impactado en el lugar.

7.2.1 Eventos geodinámicos registrados en Andahuaylas

Del inventario realizado por INGEMMET se puede extraer lo siguiente:

La ciudad de Andahuaylas se encuentra expuesta principalmente a inundaciones. La margen derecha del río

Chumbao sobre la que se emplaza la mayor parte de la ciudad tiene 1,50 a 2 m de altura sobre el lecho fluvial, mientras que la margen izquierda presenta algunos muros de contención. En época de avenidas este río erosiona las terrazas y desborda, interrumpiendo el tránsito vehicular de la carretera Ayacucho-Abancay.

Como se puede apreciar en el mapa siguiente, además de las inundaciones, se han identificado geográficamente eventos que han devenido en desastres, como: huaycos, erosión fluvial y erosión de laderas. También se han producido caída de rocas a lo largo de la carretera a Abancay con la consiguiente interrupción del tránsito vehicular.



Imagen N° 7.5 Zonas de peligro sobre la ciudad de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera

Del compendio de emergencias atendidas por INDECI, entre los años 2006 y 2010, tenemos el siguiente cuadro:

Cuadro N° 7.1 Eventos de movimientos en masa en Andahuaylas

| Evento | ANDAHUAYLAS | SAN JERONIMO | TALAVERA | Total |
|---------------|-------------|--------------|----------|-----------|
| DERRUMBE | 1 | 2 | 1 | 4 |
| DESLIZAMIENTO | 5 | 2 | 2 | 9 |
| INUNDACION | 11 | 7 | 3 | 21 |
| Total | 17 | 11 | 6 | 34 |

Fuente: INDECI

En estas cifras se confirma la mayor recurrencia de las inundaciones que afectan principalmente a la localidad de Andahuaylas y localidades vecinas.

En las siguientes fotos podemos apreciar algunos impactos de estos eventos en el ámbito urbano de Andahuaylas y alrededores.



Imagen N° 7.6 Zonas Afectación causada por deslizamientos en la provincia e Inundaciones causadas por el río Chumbao en Andahuaylas y alrededores.

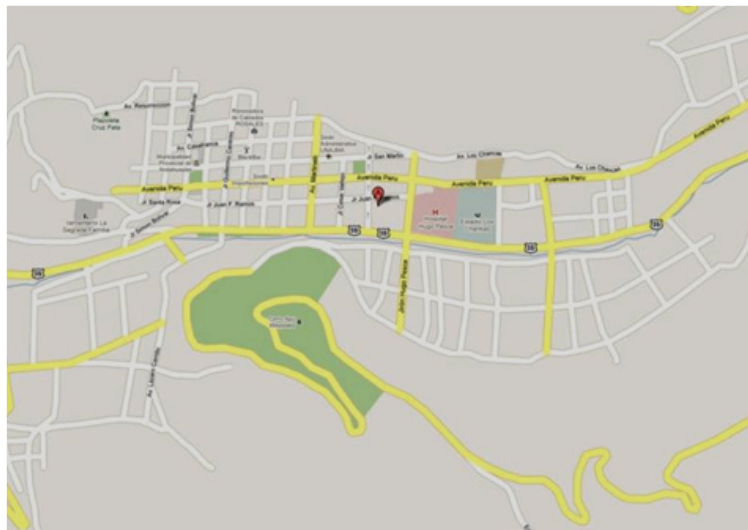


Imagen N° 7.7 Plano urbano de la ciudad de Andahuaylas que ocupa la margen derecha del río Chumbao, el cual discurre de derecha a izquierda de la figura.

7.2.2 Impacto reciente de desastres ocurridos en Andahuaylas, según notas periodísticas.

Vie, 4 marzo 2011

Andahuaylas: Comunidades resultan aisladas por deslizamientos.- Familias en riesgo por constante deslizamiento de cerro

Este hecho se registra en la comunidad de Laramaru, distrito de Kishuara, advirtió el secretario técnico de Defensa Civil de Andahuaylas, Victorino Lloclla.

Decenas de familias se encuentran en riesgo de ser sepultadas por el deslizamiento constante de un cerro en la comunidad de Laramaru, distrito de Kishuara en la provincia de Andahuaylas, región Apurímac, advirtió el secretario técnico del Comité Provincial de Defensa Civil de la zona, Victorino Lloclla Monzón.

Las autoridades y dirigentes comunales de dicho distrito llegaron a la ciudad de Andahuaylas manifestando que las intensas lluvias originan la caída diaria de piedras y tierra en perjuicio de sus viviendas y sembríos agrícolas.

Por tal motivo, solicitaron con urgencia maquinaria pesada para limpiar y reparar las carreteras bloqueadas, además de una evaluación integral de la zona crítica con el fin de prevenir cualquier desastre.

Por otro lado, hasta el momento los damnificados de los desastres ocasionados por las precipitaciones pluviales en los distritos de Huaccana, Ongoy, Ocobamba, Ranracancha y Ancchoayllo de la provincia de Chincheros no reciben ninguna clase de apoyo, informó el corresponsal de RPP Noticias en la zona.



Jue, 3 marzo 2011

Andahuaylas: Comunidades resultan aisladas por deslizamientos

Las localidades de Chanta, Illahuasi, La Merced y Umaca registran daños en cultivos y viviendas. Varios tramos de carreteras están bloqueados.

Cuatro comunidades del distrito de Andarapa, ubicado a 50 kilómetros de la provincia de Andahuaylas en la región Apurímac, quedaron aisladas por el desprendimiento de rocas y tierra en las carreteras a causa de las fuertes lluvias que se registran en esa jurisdicción.

Las poblaciones más afectadas son: Chanta, Illahuasi, La Merced y Umaca, donde se ha reportado más de veinte casas inundadas y cientos de hectáreas de cultivos dañados, informó el corresponsal de RPP Noticias en la zona.

Asimismo, las autoridades locales informaron que en las próximas horas destinarán apoyo con maquinaria pesada y personal para rehabilitar el tránsito de vehículos y peatones.



Nov 2010

Inundaciones y huaycos afectan Andahuaylas

Torrencales lluvias inundaron 20 viviendas en el centro poblado San Martín de Tocsana en el distrito de Andarapa, a 30 kilómetros de dicha ciudad.

Según informó Defensa Civil de la zona, las lluvias ocasionaron huaycos que arrasaron grandes extensiones de terrenos de cultivos, muerte de animales menores, así como la destrucción del canal de regadío y un tramo de 200 metros de la carretera principal.

Hugo Naveros Palomino, poblador, dijo que también resultó afectado el colegio. Los damnificados esperan ayuda de las autoridades, así como reubicación a la parte alta.

Fuente: Publicado por *mipronostico.net*

Conclusiones

- 1.- Andahuaylas debe considerarse como una importante zona crítica (incluyendo los centros poblados vecinos Talavera y San Jerónimo) debido a la recurrencia de eventos de geodinámica externa sobre una población aproximada de 80,000 habitantes.
- 2.- Entre los fenómenos recurrentes destacan las inundaciones y la caída de rocas. Ambos fenómenos afectan principalmente las vías de comunicación, aislando a esta ciudad, tanto de Ayacucho como del resto de la región Apurímac, incluyendo las zonas agrícolas.
- 3.- La zona de Andahuaylas no cuenta con ningún estudio de riesgos, por lo cual se hace urgente la elaboración de un diagnóstico y mapa de peligros, así como un estudio de la vulnerabilidad y el riesgo de desastres que pueda orientar la planificación del crecimiento de estas 3 ciudades.
- 4.- Andahuaylas y sus 2 poblaciones vecinas han ido progresivamente ocupando las riberas del río Chumbao produciéndose el angostamiento del cauce. El efecto inmediato es la periódica erosión que sufren sus riberas y las obras expuestas a la corriente ribereña, tales como bocatomas y puentes vehiculares, los que están en vías de colapsar como se aprecia en las fotos anteriores.
- 5.- La desestabilización de taludes rocosos en esta zona deviene en la caída de rocas sobre las vías principales como es la carretera que une Ayacucho y Abancay, por lo cual se requiere de un estudio hidrológico e hidráulico que determine la sección mínima que debe mantener el río Chumbao, que impida o reduzca la erosión de riberas y los continuos desbordes.
- 6.- El Ministerio de Agricultura debería determinar la franja marginal que evite la edificación de viviendas en las terrazas contiguas al cauce del río Chumbao, las mismas que se ven amenazadas en cada temporada de lluvias. Hay edificaciones de adobe y de ladrillo, incluso de 3 plantas sobre las riberas erosionadas.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES FINALES

Tomando en cuenta toda la información recogida para el presente diagnóstico a partir de fuentes secundarias como son: informes técnicos, estadísticas de eventos, datos demográficos y bibliografía revisada, hemos podido arribar a las siguientes conclusiones generales:

- 1.- La región Apurímac tiene características geográficas que determinan la ocurrencia de intensos procesos de movimientos en masa e inundaciones, que al actuar sobre condiciones de alta vulnerabilidad de la población y sus medios de vida generan frecuentes desastres dificultando su desarrollo económico y social.
- 2.- Los fenómenos naturales de mayor relevancia en la región son los relacionados a estabilidad de taludes desencadenados a partir de períodos climáticos intensos. Son frecuentes los deslizamientos, caída de rocas, huaycos, los aluviones y las inundaciones. Los procesos erosivos, especialmente de los ríos Pachachaca, Mariño, Antabamba y Chumbao son acelerados por la acción humana, debido a la falta de planificación urbana que se expresa en la ocupación informal de sus riberas y la construcción de obras que no consideran estos procesos naturales.
- 3.- De acuerdo al inventario de lugares propensos a eventos de movimientos en masa elaborado por INGEMMET, se puede desprender que el tipo de evento de movimiento en masa más extendido en Apurímac es la caída de rocas (227 lugares) y en segundo lugar los deslizamientos (95) y huaycos (95). Así mismo, la provincia que destaca por la mayor extensión de los eventos de movimientos en masa e inundaciones es Abancay (76 lugares con caída de rocas, 36 con deslizamientos y 10 con huaycos). En segundo lugar está Aymaraes (42 con caída de rocas, 34 con huaycos). En tercer lugar, Andahuaylas (23 con caída de rocas, 19 con huaycos y 15 con deslizamientos).
- 4.- En la medida que el inventario de INGEMMET no ha recogido en toda su amplitud la ocurrencia de inundaciones, las fuentes secundarias (DesInventar e INDECI), nos han permitido complementar la evaluación de la incidencia de las inundaciones y también nos informan de los impactos en los distritos y zonas críticas de cada provincia, y acerca de la recurrencia de estos eventos en la medida que contabilizan el número de ocurrencias o de emergencias que resultan de esos eventos.
- 5.- Apurímac es una región con altos niveles de pobreza, exclusión social y distribución desigual de la población en el territorio. La migración al interior y exterior de esta región, aunque menor que en décadas anteriores, ha resultado en el estancamiento y aislamiento de algunas provincias tales como Grau, Cotabambas y Antabamba que mantienen bajos niveles de productividad e índices de desarrollo humano. Todo lo anterior determina su alta vulnerabilidad y baja resiliencia frente a estos fenómenos recurrentes que se están acentuando por la variabilidad climática de la zona altoandina.
- 6.- Se han identificado en esta región 2 zonas críticas que tienen mayor susceptibilidad a ser afectadas por los movimientos en masa e inundaciones por ser espacios de mayor concentración urbana y por ende,

de elementos vulnerables. Por un lado tenemos la ciudad de Abancay y el distrito de Tamburco, que tiene alta exposición a los aluviones procedentes del nevado Ampay y las lagunas que lo circundan. El estudio de Ciudades Sostenibles e investigaciones que datan desde los años 50 del siglo pasado dan cuenta de esta grave amenaza y sus consecuencias, así como los deslizamientos que han devenido en desastres recientemente. Por otro lado está el corredor vial donde se sitúa la ciudad de Andahuaylas y sus 2 poblados vecinos, muy vulnerable a inundaciones y otros eventos como caída de rocas y derrumbes, especialmente en época lluviosa.

- 7.- El desarrollo de modelos funcionales que integren aspectos físicos de determinados territorios tienen que ser adecuados para cada zona en particular, considerando que los resultados finales dependerán del tipo y calidad de la información base así como de la interpretación y valoración de los elementos.
- 8.- En relación a los modelos de susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos evidenciamos que el 2% del territorio se encuentra en niveles bajos de susceptibilidad, el 77% en niveles medios, y el 21% en zonas de alta susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos.
- 9.- En relación a los modelos de susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos se evidencia que el 40% del territorio se encuentra en niveles medios de susceptibilidad, el 50% en niveles altos, y el 9% en zonas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de estos eventos.
- 10.- En relación a los modelos de susceptibilidad a la ocurrencia de inundaciones evidenciamos que el 40% del territorio se encuentra en niveles bajos de susceptibilidad, el 46% en niveles medios, el 13% en niveles Altos y el 1% del territorio muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de esta amenaza.
- 11.- Para determinar con mayor precisión los modelos desarrollados es necesario considerar información pluviométrica a detalle con escalas temporales. Debido a la limitación de datos producto de la escasez de estaciones para toma de registros se utilizó información de precipitación media mensual, lo que significa que los resultados tendrían que ser mejorados en la medida que se disponga información pluviométrica a detalle.
- 12.- La mayor cantidad de eventos suscitados se dan en zonas pobladas o zonas modificadas por intervención antrópicas, es decir zonas aledañas a la carretera, zonas de corte de los taludes y zonas con un inadecuado tratamiento del territorio que involucra una alteración del paisaje, lo que en resumen indica que la acción del hombre es un elemento clave en la agudización de todos estos procesos.
- 13.- En la provincia Chincheros vemos que mayoritariamente se encuentra en zonas de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamiento como producto de zonas de fuerte pendiente de las laderas del río Chacabamba. De igual forma se evidencia la cercanía del centro poblado de Ocobamba, Ranracancha y Cocharcas a zonas de muy alta susceptibilidad como consecuencia de la formación de zonas con un coeficiente orográfico alto.
- 14.- En la provincia Aymaraes vemos que la parte media es la zona crítica, básicamente por las quebradas que confluyen a los ríos Challhuanca y Antabamba. En estas zonas evidenciamos que los centros

poblados de Pichihua, Tapairuhua, Capaya, Yanaca y Pochuanca, Tintay están en zonas de alta a muy alta susceptibilidad de ocurrencia de deslizamientos.

15.-En la provincia Antabamba evidenciamos que gran parte de la provincia en las partes altas, presenta pendientes en rangos medios así como formaciones rocosas volcánicas intrusivas competentes. A diferencia de esta zona en la zona media y baja de la cuenca del río Mollebamba se aprecian zonas en alta y muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, afectando centros poblados como Mollebamba y Sabaino, entre otros

16.- La provincia Abancay es tal vez la zonas más propensa la ocurrencia de eventos geodinámicos como los deslizamientos. Un claro ejemplo de ello es la zona norte de la provincia en los alrededores del nevado Ampay que se enmarca dentro de zonas con susceptibilidad muy alta. También se aprecia la posibilidad de grandes procesos dinámicos que tienen como destino el río Pachachaca y el curso principal el río Mariño. Así mismo es tal vez la zona más propensa a la ocurrencia de eventos geodinámicos como huaycos y la posibilidad de grandes dinámicas que tiene como destino el río Pachachaca y el curso principal el río Mariño a lo largo de esta provincia afectarían a Curahuasi Abancay, Tamburco y Lambrama.

Abancay también está propensa a las inundaciones debido a que es la zona donde existe mayor concentración de elementos vulnerables sobre las áreas de influencia del río Mariño. La ciudad de Abancay y el distrito de Tamburco se ubican sobre zonas formadas por flujos aluviónicos, lo que demuestra la correlación entre los modelos y las condiciones actuales del terreno

17.- En la provincia Andahuaylas vemos las grandes diferencias que existen en las distintas zonas que la conforman, pero cabe resaltar que en el norte de la provincia se aprecia una mayor susceptibilidad que llega a niveles de alto en zonas próximas a los centros poblados, como Huancarama, Pacobamba ,y Caquibamba, en la margen izquierda del río Huancarama.

18.- En la provincia Aymaraes vemos que la parte media es la zona crítica, donde los ríos Chacña, Lucre, Pillco, Llehua, Capaya, Chiucho, Cuyohuayjo, Caraybamba y el río Izcahuaca presentan una susceptibilidad alta a la ocurrencia de huaycos, siempre que las precipitaciones con alto nivel de agresividad se acentúen.

20.-En la provincia Andahuaylas vemos que las zonas a lo largo del río Chumbao tienen la posibilidad de inundaciones, afectando también a las ciudades de Talavera, Andahuaylas, San Jerónimo y en menor posibilidad la ciudad de Pacobamba.

8.2 RECOMENDACIONES

Considerando el conjunto de amenazas naturales y factores de vulnerabilidad encontrados en la región Apurímac en base a los diversos estudios realizados en las 6 últimas décadas, se han podido identificar las más importantes carencias en el aspecto de la gestión de riesgos, ante lo cual señalamos las siguientes recomendaciones:

8.2.1 Medidas de carácter general

1. Mejorar y centralizar la administración de la red vial regional efectuando un inventario georeferenciado de las zonas críticas que frecuentemente son afectadas, planteando rutas alternas en caso de interrupción temporal del servicio.
2. Desarrollar estudios complementarios en relación al análisis histórico de desastres en las 7 provincias de la región Apurímac.
3. Realizar anualmente la limpieza de cauces ribereños (eliminación de sedimentos y residuos sólidos) con la debida anticipación a la época de avenidas.
4. Considerar los mismos criterios de modelamiento de susceptibilidad, pero desarrollando una mayor aproximación en función de insumos de mayor detalle y de mejor escala gráfica y de contenido.
5. Desarrollar proyectos que viabilicen inspecciones en las zonas identificadas para determinar el nivel de exposición y vulnerabilidad física de las infraestructuras.
6. Considerar el presente diagnóstico como un instrumento que contribuya al análisis y la planificación del territorio en la región Apurímac para alcanzar un adecuado ordenamiento en beneficio del desarrollo sostenido considerando la variable climática.
7. Considerar la actividad sísmica en el ámbito regional que puede actuar como factor detonante de los procesos de movimientos en masa. Con mayor razón si el movimiento telúrico ocurre en períodos lluviosos o de crisis climática cuando los suelos ya se encuentran saturados. Para la región se tienen registrados al menos 12 sismos de mediana y gran intensidad ocurridos en el lapso de los últimos 100 años. El último epicentro sísmico estuvo a 40 km al sur de Andahuaylas.

8.2.2 Ante las inundaciones

1. Hacer un estudio hidrológico e hidráulico integral del río Chumbao que sustente un proyecto de encauzamiento de este curso de agua, como base para la construcción de defensas ribereñas en las áreas urbanas de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo, incluyendo la reubicación de los estribos de los puentes actuales que se encuentran muy erosionados.
2. Realizar un estudio de riesgos de la ciudad de Abancay y los 2 centros poblados vecinos.
3. Delimitar la franja intangible de las áreas ribereñas, especialmente en los ríos Chumbao y Mariño para evitar su ocupación creciente. El Ministerio de Agricultura debe determinar la franja marginal que evite la edificación de viviendas en las terrazas contiguas al cauce del río Chumbao, las que se ven amenazadas en cada temporada de lluvias. Debe considerarse la reubicación de viviendas en alto riesgo que se encuentran próximas a las riberas de dicho río.
4. Protección o reubicación de viviendas y hotel en los 2 afluentes que forman el río Mariño en la ciudad de Abancay.

8.2.3 Ante deslizamientos y caída de rocas

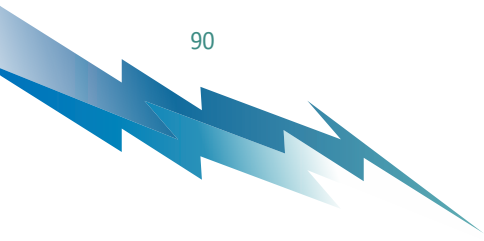
1. Realizar un inventario y diagnóstico de los deslizamientos que ocurren en los alrededores de la ciudad de Abancay especialmente el de Cocha-Pumaranra, que tuvo consecuencias fatales en años recientes.
2. Realizar una evaluación de la estabilidad de taludes en las laderas que periódicamente afectan a las principales vías de la región, como es el caso de la ruta Abancay – Chalhuanca y Abancay – Ayacucho, que son frecuentemente afectadas por la caída de rocas, deslizamientos y derrumbes. Se recomienda la estabilización de laderas inestables mediante el uso de técnicas como geotextiles o gaviones y el desquinche de rocas sueltas.

8.2.4 Ante huaycos y aluviones

1. Elaborar un estudio detallado del peligro de aluviones provenientes del nevado Ampay que amenazan a la ciudad de Abancay. El estudio propuesto debe servir de sustento a un paquete de medidas específicas de mitigación, así como un plan de alerta temprana ante dicho peligro.
2. Monitoreo de la laguna Uspaycocha, en particular el estado del dique morrénico que la contiene, dado el alto peligro que representa su desborde para la ciudad de Abancay.
3. Elaborar un Plan de Emergencia y Evacuación para la ciudad de Abancay ante la posibilidad de ocurrencia de un aluvión, como lo señala el estudio realizado por el *Programa de Ciudades Sostenibles* para dicha ciudad, en cuya implementación se consideren los simulacros con la población en riesgo.

8.3 BIBLIOGRAFÍA

- CARRILLO, Víctor.- Deslizamiento de tierras en zona de Pampallacta – Aymaraes - 30 mayo 1963 - Biblioteca de INGEMMET.
- CASTRO BASTOS, Leonidas.- Deslizamiento de tierras en Leontocllana y Yuraccmayo, en las vecindades de la ciudad de Abancay - agosto 1959 - Biblioteca de INGEMMET.
- CASTRO BASTOS, Leonidas.- Deslizamiento de Tierras y polvaredas en Yuraccmayo - Abancay - setiembre 1961 - Biblioteca de INGEMMET.
- DÁVILA, Sadi; Zavala, Bilberto.- Inspecciones de riesgo geológico en el área de Ccocha y Pumaranra- Abancay - marzo 1997 - Biblioteca INGEMMET.
- GALDÓS BUSTAMANTE, Jorge Estudio Geodinámico de la localidad de Huancaray y alrededores – Andahuaylas - Biblioteca de INGEMMET.
- GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC.- Plan de Desarrollo Regional Concertado de Apurímac al 2021.
- GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC.- Plan Regional de Prevención y Atención de Desastres de Apurímac – 2000.
- GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC.- Zonificación Ecológica Económica de la Región Apurímac – 2010.
- INDACOCHEA, Angel; Bellido, Eleodoro.- Aluvión de la Quebrada Ancaypahua – Andahuaylas - 1951 - Biblioteca INGEMMET.
- INDACOCHEA, Ángel; Bellido, Eleodoro.- Informe Preliminar sobre aluvión en la Quebrada Ampay - Abancay -, geólogo.- 1951 - Biblioteca de INGEMMET.
- INDECI.- Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres – Años 2003-2009.
- INDECI/PNUD.- Estudio “Mapa de Peligros de la ciudad de Abancay” - Proyecto PER /02/051- Ciudades Sostenibles.
- INEI.- XI Censo de Población y VI de Vivienda 2007.
- INGEMMET.- Estudio de Riesgos Geológicos del Perú - Franjas 1, 2, 3 y 4 – 2002-2004.
- LIZARDO, Luis Jorge.- Reconocimiento Geodinámico de Cayara – Chincheros – 1977 - Biblioteca INGEMMET.
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANDAHUAYLAS.- Plan Vial Participativo de Andahuaylas – Volumen I – Febrero 2006.
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANTABAMBA.- Plan Vial Provincial Participativo de Antabamba – Junio 2006.
- ORTIZ MARTÍNEZ, Guillermo.- Fracturamientos, agrietamientos y derrumbes en el área de Quischque – Aymaraes - Agosto 1973 - Biblioteca INGEMMET.
- PERALES, Fernando.- Derrumbes en la localidad de Capaya - Aymaraes - Mayo 1972 - Biblioteca INGEMMET.
- PÉREZ VERÁSTEGUI, Guillermo Deslizamientos de rocas en el cerro Sanchia – Aymaraes - Noviembre 1974 - Biblioteca INGEMMET.
- PREDES/PACC.- 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” – 2010.
- PREDES/PCM.- Diagnóstico para la Estrategia Nacional de Reducción de Riesgos para el Desarrollo – 2004.
- TAYPE RAMOS, Vidal.- Deslizamiento de Yanaccacca – Aymaraes del 04 diciembre 1968 - 1968 - Biblioteca INGEMMET.



ENTREVISTAS A FUNCIONARIOS EN APURÍMAC

En la visita que hemos realizado a la ciudad de Abancay se pudo recoger más información y detalle acerca del impacto de los desastres en la región que aporta y confirma el diagnóstico de peligros elaborado.

1.- Ing. Hugo Acosta Valer – Gerente PROVIAS DESCENTRALIZADO – Abancay

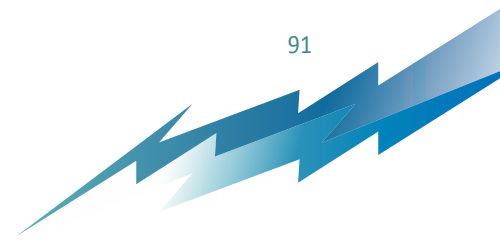
- Camino Vecinal Toxama-Andarapa-Umaca (33 km).- Deslizamiento de 3 km en el km 29, por activación geodinámica del terreno (sector de Umaca) – Febrero 2010.
- Destrucción total del puente sobre el río Pampas, carretera Ayacucho – Andahuaylas.- Dicho puente, hasta la fecha (junio 2011, no ha sido reparado. Provisionalmente se está utilizando un puente tipo “bailey”.
- Falla en el estribo izquierdo del puente Pampatama, en la carretera Nasca-Chalhuanca-Abancay-Cusco.
- Deslizamiento de taludes en todas las carreteras departamentales y vecinales (locales), con interrupción de algunos tramos.

2.- Bach. Ing. Civil Carmen Saavedra – Gobierno Regional Apurímac

- Camino Vecinal Antabamba – Mollebamba. Ha ocurrido asentamientos en km 87 y km 98, más de 15 cm. Los desencadenantes son la intensa lluvia y la presencia de ojos de agua (manantes). Carretera AP 109.
- Camino Vecinal Yanaquilla-Caraybamba.- Existe una falla que cruza la carretera AP-109. Cada vez que llueve se derrumba la plataforma y filtra el agua.
- Vía que va del Aeropuerto (Andahuaylas) a Cahuachao (Lucre), es afectada por deslizamientos y derrumbes.

3.- Ing. Agrónomo Lucio Martínez – Gobierno Regional Apurímac

- En la vía Tintay-Chalhuanca, km 10, se amplaza el puente metálico Pampatama, con 80m de luz. El río ha socavado sus estribos. El problema tiene ya 4 años sin resolver. Ocurren huaycos cada vez que vienen las lluvias.
- Quebrada Masupampa a 20 km de Santa Rosa, en ruta a Antabamba. Los huaycos llegan a embalsar el río del mismo nombre.
- Urbanización FONAVI- Bellavista, en Abancay - Moyocorral (2 lagunas): Ancascocha, pequeña y Uspaycocha, grande. hay filtraciones subterráneas hacia la zona norte de Abancay. Se forman lagunillas en la parte alta de Ccocha Pumararra. El deslizamiento de 1998 tuvo una altura de 20 m, provocando la muerte de 200 personas.
- Quebrada Colcaqui.- Hace un año han construido el hotel “La Cascada” a 1 m de distancia del río, sin contar con licencia municipal ni certificado de INDECI. En la zona hay unas 10 viviendas. Hace 5 años vino un huayco de 10 a 15 m de altura. El otro afluente del río Mariño está habitado por unas 80 viviendas, incluso una de ellas está completamente dentro del cauce.
- Carretera Ongoy-Ocobamba.- Ocurre el fenómeno de la reptación de suelos, observándose grietas de tensión. Se ha pedido la reubicación de la población de esta zona.



- En Talavera (Andahuaylas) se está anchando el río Chumbao en ambas márgenes. En cada temporada lluviosa se presentan desbordes en ambas márgenes, afectando a la carretera. Población de los 3 pueblos (Talavera, Andahuaylas y San Jerónimo).
- El puente Pampas cayó al río luego de un deslizamiento en la margen izquierda (Ayacucho) que llegó a represar el río. El desembalse levantó en vilo a la estructura y se la llevó. A 20 km aguas arriba de este punto existe otro puente denominado Incachaca que es una vía alternativa para ingresar a la región Apurímac, desde Cusco.

