

ANÁLISIS DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN APURÍMAC: ORIGEN, CARACTERÍSTICAS Y TRATAMIENTO

GEOLOGICAL HAZARD ANALYSIS IN THE REGION APURÍMAC: ORIGIN, CHARACTERISTICS AND TREATMENT

VILLACORTA S., VASQUEZ E., MADUEÑO M. & CHUMBES R.

RESUMEN

El presente artículo es un diagnóstico de los procesos geológicos que pueden causar desastres en la región Apurímac. Se presentan los resultados del inventario de peligros geológicos y el análisis de susceptibilidad por movimientos en masa. Se identifican las zonas críticas por estos procesos con el propósito de contribuir a la gestión del riesgo de la región. Los trabajos se han realizado como parte del Programa Nacional de Riesgos Geológicos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). En la región Apurímac, se han registrado al 2012 un total de 849 peligros geológicos y 32 zonas críticas por estos procesos. Se recurrió a fuentes escritas, orales, gráficas (fotografías aéreas e imágenes de satélite) y trabajo de campo para cartografiar y georeferenciar los procesos y representarlos mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica. Para prevenir las consecuencias de posibles desastres en la región es importante considerar el desarrollo de estudios de peligrosidad a escalas de detalle en las zonas críticas identificadas considerando como detonante las precipitaciones. Se precisa además la aplicación de monitoreo instrumentado en los movimientos en masa activos principalmente en las zonas más vulnerables por sus características de infraestructura y población como: Abancay, Andahuaylas y Chalhuanca; tarea en la que se ha avanzado insuficientemente. Se espera que el trabajo desarrollado por INGGEMMET en coordinación con el Gobierno Regional de Apurímac sea el inicio de un trabajo interinstitucional coordinado en la prevención de desastres y ordenamiento territorial de la región.

Palabras claves: peligros geológicos, susceptibilidad, prevención de desastres, Apurímac.

ABSTRACT

This article is a diagnosis of the geological processes that can cause disasters in the Apurímac region. We present the results of geological hazard inventory and an analysis of susceptibility to landslides. Critical areas are identified for these processes. This paper presents prevention proposals with the objective of contributing to risk management in the region. This work was realized under the framework of the National Institute of Geology Mining and Metallurgy (INGEMMET)'s Geological Risks Program. By 2012, a total of 849 geological hazards and 32 critical areas for these processes were registered for the Apurímac region. This studied used written, oral, graphic (aerial photographs and satellite images) sources and field work to map and georeference processes, which were represented using GIS. To mitigate the consequences of potential disasters in the region it is necessary to realize local-scale hazard studies from the identified critical areas considering the rainfall as a detonator. Monitoring of active landslides should also be implemented, especially in areas that are vulnerable due to their infrastructure and population characteristics, such as Abancay, Andahuaylas and Chalhuanca; a task that has advanced very little. It is expected that the work done by INGGEMMET in coordination with the Regional Government of Apurímac is the beginning of a coordinated interagency effort for disaster prevention and land use planning in the region.

Keywords: geological hazard, susceptibility, disaster prevention, Apurímac.

Introducción

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como parte de su Programa Nacional de Riesgos Geológicos desarrolló entre los años 2011 y 2012 el proyecto GA25B: “Peligros Geológicos en la región Apurímac”. El estudio se justificó porque no existía hasta entonces un trabajo que incluyera la realización de mapas de peligros geológicos a una escala apropiada que permitiese su inclusión en los planes de prevención de desastres de origen geológico, la planificación y la ZEE-OT en la región Apurímac.

En el ámbito de la región Apurímac se cuenta con estudios que han tratado el tema de prevención de desastres y que han sido considerados durante la ejecución del proyecto. Figuran entre ellos: “Riesgos Geológicos del Perú” Franjas N.º 2 y N.º 3 (INGEMMET, 2002 y 2003), el “Manual para la prevención de desastres y respuestas a emergencias: la experiencia de Apurímac y Ayacucho” (Santillán, Fernández, Ferradas y Correia, 2005), el “Mapa de Peligros de la ciudad de Abancay” realizado por el Programa Ciudades Sostenibles del INDECI (Fernández, Loayza, Benavente y Acurio, 2007), “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” (PREDES, 2009) y el Plan regional de prevención y atención de desastres - Apurímac (Comité regional de Defensa Civil Apurímac, 2011). También se han tomado en cuenta los informes de las evaluaciones técnicas realizadas por INGEMMET (Dávila y Herrera, 1997; Dávila y Zavala, 1997; Dávila, 2000; Villacorta, Valderrama y Roa, 2012; Villacorta y Valderrama, 2012; Villacorta, Vasquez, Valderrama, Madueño, 2013b).

Metodología

La metodología desarrollada en la evaluación de los peligros geológicos de la región Apurímac, se desarrolló en tres etapas: trabajos previos, labores de campo y procesamiento de la información en gabinete. Los trabajos previos corresponden a tareas de recopilación de la información necesaria, interpretación de imágenes satelitales, análisis geoespacial y cartografiado preliminar. En los trabajos de campo se realizó la cartografía e inventario de peligros geológicos en 42 hojas topográficas a escala 1/50.000 que permitió identificar áreas con altas posibilidades de ser afectadas por dichos procesos. En el procesamiento de la información se obtuvieron los modelos de susceptibilidad por movimientos en masa e inundaciones con el empleo del software ArcGis 10.1, el cual ha sido comparado con los mapas de infraestructura y ubicación de centros poblados de la región

para considerar la posible incidencia de los peligros geológicos sobre poblaciones e infraestructura. Esto ha permitido identificar 32 zonas críticas donde se sufrirán mayores impactos por estos procesos. Actualmente se está realizando modelos de peligrosidad por flujos de la quebrada Sahuanay (Tamburco, Abancay) con el software FLO2D contrastado en otras zonas del país. Los trabajos desarrollados por el INGEMMET han sido coordinados con el Gobierno Regional (GORE) de Apurímac, la administración del Santuario Nacional del Ampay y otras instituciones locales.

Resultados

Se ha registrado un total de 849 procesos que pueden causar desastres de origen geológico y geohidrológico. Según los datos del inventario efectuado, los procesos geológicos más frecuentes son las caídas de rocas, los flujos (huaycos) y los deslizamientos. En menor cantidad, pero no menos importantes, se encuentran los fenómenos de inundación, erosión, movimientos complejos y reptación de suelos.

Origen y características de los procesos evaluados

La mayor parte de los peligros geológicos con mayor afectación en la región Apurímac están relacionados a la actividad fluvio-aluvial, glaciar y gravitacional. Su naturaleza y características están condicionadas por la presencia de la Cordillera de los Andes, la cual pasó por una evolución tectónica con fuertes eventos de deformación y posterior erosión asociados al ciclo orogénico andino (Marocco, 1975; Pecho, 1981; Valdivia y La Torre, 2003). Aunque en la región se observan fallas activas como el sistema Abancay-Andahuaylas-Chincheros (de orientación E-O) o Patacancha-Tamburco de orientación NE-SO (Carlotto, Tintaya, Cárdenas, Carlier y Rodríguez, 2006; Marocco, 1975; Pecho, 1981; Valdivia y La Torre, 2003); la configuración geomorfológica restringe la probabilidad de ocurrencia de terremotos catastróficos.

Las unidades geológicas de la región Apurímac (rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, cuyas edades se encuentran entre más de 600 millones de años hasta la era reciente) se han agrupado considerando litología, geotecnia e hidrogeología. De acuerdo con los datos recopilados en el trabajo de campo, la mayoría de peligros geológicos en la región están asociados principalmente con las pizarras del precámbrico, lodolitas-lutitas, conglomerados cretácicos, tobas y piroclastos neógenos y depósitos superficiales holocenos (coluviales y morrénicos).

Uno de los deslizamientos más importantes de la temporada de lluvias de marzo del 2012, fue el deslizamiento en Choquepuquio (distrito de Ocobamba, provincia de Chincheros). Los principales factores condicionantes fueron, en este caso, el substrato de capas rojas (altamente



Fotos 1 y 2. Dos fotos de la afectación producto de la Avalancha-flujo de detritos del cerro Chuyllurpata. Destrozo de pared de vivienda y vehículo "inundado" el material de la avalancha (Villacorta y Valderrama, 2012).



susceptibles a erosión y remoción) y las lluvias. A causa de este proceso 64 viviendas fueron arrasadas. Afortunadamente la población fue retirada del lugar antes de su desencadenamiento, gracias a una rápida acción de las autoridades y la Dirección de Defensa Nacional y Defensa Civil del GORE Apurímac.

Otros procesos como los flujos (de detritos y de lodo) también han sido detonados por la alta pluviosidad durante las temporadas de lluvia. Son zonas críticas por flujos, los sectores de: Paccayura (Progreso, Grau), Uramayo (Haqira, Cotabambas), Masopampa (Tapairihua, Aymaraes), Barrio San Martín-Qda. Santa Lucía (Tambobamba, Cotabambas), Chacapampa (Huayllati, Grau), Marceja-Jochaypampa (Chuquibambilla, Grau) y Vilcabamba (Micaela Bastidas, Grau).

Otro caso notable ocurrido en el 2012, por la conmoción que causó entre los pobladores de Abancay fue la avalancha-flujo-inundación de detritos del cerro Chuyllurpata (distrito de Tamburco, provincia de Abancay).

La presencia de la zona urbana de Abancay, la cual se ha cimentado sobre el cauce de la quebrada Sahuanay (Fotos 1 y 2), lo que incrementa la vulnerabilidad del área ante este tipo de eventos, considerándosele como zona crítica.

Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa

La evaluación de la susceptibilidad se basa en un modelo heurístico multivariado de superposición de capas (Carrara, Cardinali, Guzzetti y Reichenbach, 1995) que implica el análisis cruzado de mapas y operaciones de geoprocésamiento en formato ráster. El análisis SIG se realizó por medio del software ArcGIS de ESRI, en su versión 10.1. Las variables analizadas fueron: 1) Características geológico-estructurales, a escala 1:50,000 del INGEMMET; 2) Características geomorfológicas recopiladas en campo; 3) Características hidrogeológicas basado en las litopermeabilidades de las unidades geológicas; 4) Pendiente de los terrenos, a partir de un modelo de elevación de la

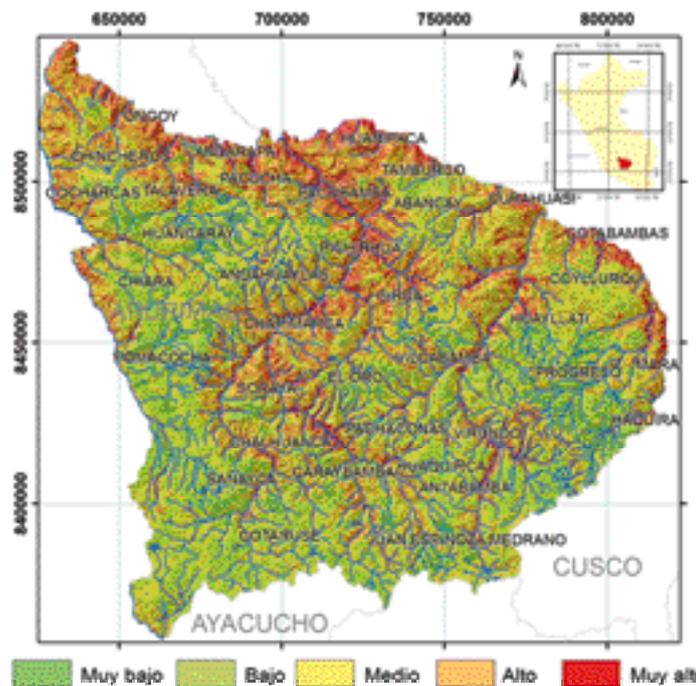


Figura 1. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la región Apurímac (tomado de: Villacorta et al.; 2013a).

base topográfica del IGN a escala 1:100.000; 5) Cobertura vegetal y uso de suelo, a partir de los datos de INRENA (1999) y datos de campo. Cada capa ha sido evaluada teniendo en cuenta la relación de cada unidad diferenciada en las diferentes coberturas, en relación con la ocurrencia de movimientos en masa. El mapa resultante (figura 1) presenta cinco rangos de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

En síntesis, el mapa indica que en la zona norte y centro de la región Apurímac existe mayor probabilidad para la ocurrencia de movimientos en masa, lo cual está corroborado por el inventario de movimientos en masa y el análisis de eventos históricos en la región. Este mapa permite priorizar y definir zonas donde se deberían realizar análisis más aproximados a escalas de mayor detalle considerando como factor detonantes a las lluvias.

Zonas críticas y su tratamiento

Las zonas críticas son áreas que luego del análisis de los peligros geológicos identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestas obras de infraestructura y centros poblados; se consideran con potencial de generar desastres y necesitan que se ejecuten en ellas obras de prevención y/o mitigación; o en algunos casos las medidas adoptadas anteriormente necesitan ampliarse o mejorarse (Fidel, Zavala, Núñez y Valenzuela, 2006).

En base a la evaluación de campo, validándose además su ubicación con el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la región Apurímac (Figura 1) se ha identificado un total de 32 zonas críticas (Cuadro 1).

Discusión

El principal factor detonante de caídas de roca, derrumbes y deslizamientos serían las intensas lluvias que produjeron la saturación de depósitos de remoción antiguos. Se suma a esto las actividades antrópicas tales como el efectuar cortes de carretera sin considerar la estabilidad de los afloramientos rocosos ni la pendiente de equilibrio o la elección inadecuada de terrenos para la ubicación y construcción de urbanizaciones. Las carreteras más afectadas por estos procesos son: Cusco-Abancay, Antabamba, Huaquirca, Curasco-Progreso, Chincheros-Ocobamba, Abancay-Chalhuana, Haqira-Mara, Coyllurqui-Ccollauro, Urancancha-Andahuaylas, Ayllasana-Taparigua-Tiaparo y Khilcata-Oropesa.

Los terrenos con alta y muy alta susceptibilidad corresponden a substratos conformados por pizarras, filitas, calizas, areniscas con intercalaciones de lutitas, limolitas y lodolitas, así como conglomerados, tobos y piroclastos en combinación con materiales coluviales y morrénicos en laderas de fuertes pendientes y donde la napa freática es superficial. Tiene mucho que ver la elevada tasa de erosión de dichos materiales, así como su facilidad para transmitir o almacenar el agua.

En comparación con otros estudios donde se emplearon metodologías similares (PREDES, 2009; Santillán *et al.*, 2005), el proyecto ha tenido un mayor alcance por incluir el cartografiado e inventario a escala 1/50,000 de las zonas más susceptibles a ser afectadas por procesos geológicos y geohidrológicos. Asimismo, como parte de un Programa Nacional de Riesgos Geológicos ha incidido en la inclusión y difusión de terminología usada en la gestión de desastres de origen geológico a nivel internacional (Proyecto Multinacional Andino).

Otros estudios sobre peligros en la ciudad Abancay hicieron más énfasis a los estudios de suelos (Fernández *et al.*, 2007); sin embargo vale señalar que estos son aplicables solo a escalas locales y no han tomado en cuenta la influencia de las cuencas que inciden y desembocan en dicha ciudad restringiendo el estudio al ámbito urbano.

Para prevenir las consecuencias de posibles desastres de origen geológico en la región, es importante considerar el desarrollo de estudios de peligrosidad a escalas de detalle en las zonas críticas considerando como detonantes las precipitaciones y los sismos. Estos estudios permitirán definir las soluciones más óptimas y costo-eficientes; así como las áreas que deberán ser monitoreadas instrumentalmente. Por ejemplo en las ciudades de Abancay (cerro Chuyllurpata), Andahuaylas y Chalhuana; donde se han detectado movimientos en masa activos y elevada vulnerabilidad por sus características de infraestructura y población. Esta tarea se ha avanzado de manera limitada y requiere que se involucren otros actores de los gobiernos locales y la administración nacional.

Relevancia y aportes

El proyecto GA25B ha estado orientado en las líneas de investigación para el período 2013-2021 de la agenda de investigación ambiental nacional, en el Eje Temático 1: “Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, subtema: Cambio climático: en el acápite de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático”, donde se señala como prioridad: Modelamiento y predicción de la vulnerabilidad de las poblaciones humanas de la zona marino-costera y sus sistemas productivos e infraestructura ante diversos escenarios de cambio climático. Asimismo concertaba con el Plan estratégico sector multianual PSEM-2012-2016 del Viceministerio de Energía y Minas, en el objetivo específico 2.5: “incrementar los conocimientos sobre geología recursos minerales y energéticos asociados al subsuelo así como los riesgos geológicos del territorio nacional...”.

Los resultados del estudio servirán a los planificadores y responsables de la toma de decisiones en temas de OT y ZEE al emplear los mapas elaborados como base para el ordenamiento territorial y al permitir la ubicación de áreas que deben ser analizadas mediante otros

CUADRO 1
ZONAS CRÍTICAS EN LA REGIÓN APURÍMAC

Nº	PROV.	DIST.	PARAJE	PELIGRO	DAÑOS Y ZONAS AFECTADAS
1	Aymaraes	Tapairihua	Masopampa	Avalancha de detritos	Afectó a 50 m de la carretera
2	Aymaraes	Tintay	Santa Rosa-Puente Pampatama	Inundación, erosión fluvial	Daños ocasionados a los estribos del puente
3	Aymaraes	Chalhuanca	Chalhuanca	Inundación, erosión fluvial	Daños a viviendas asentadas en las riberas del río Chalhuanca
4	Aymaraes	Pocohuanca	Tiaparo	Deslizamiento	Daños probables a 50 viviendas
5	Aymaraes	Justo Apu Sahuaraura	cerro Yamaorjo, Checcasa	Deslizamiento	8 viviendas afectadas
6	Aymaraes	Chapimarca	Pampallacta Viejo	Deslizamiento	Daños ocasionados a 100 metros de canal
7	Aymaraes	Lucre	Sicuna / Juta	Deslizamiento	Daños a terrenos de cultivos y viviendas de los poblados de Sicuna y Juta
8	Aymaraes	Cotaruse	Promesa	Derrumbe/Avalancha de detritos	Daños a terrenos de cultivos, 18 viviendas destruidas y 20 familias damnificadas del poblado de Promesa
9	Andahuaylas	Pacobamba	Huascatay	Deslizamiento	En el 2003 murieron 8 personas a causa del deslizamiento
10	Andahuaylas	San Jerónimo	Chumbao	Inundación fluvial	20 viviendas y 1 muerto
11	Andahuaylas	Kaquiabamba	Trujahuasi	Deslizamiento	El poblado de Trujahuasi es el más afectado
12	Andahuaylas	Pacucha	Manzanahuaycco	Inundación fluvial	Manzana Huaicco y Celeste fueron afectados por la inundación del río Tocsama (150 m a lo largo de la ribera del río) durante la temporada de lluvias del 2012
13	Antabamba	Oropesa	Totora-Oropesa	Inundación, erosión fluvial	Terrenos de cultivo, viviendas y puentes del centro poblado de Totora-Oropesa
14	Cotabambas	Tambobamba	Barrio San Martín-Qda. Santa Lucía	Flujo	Daño probable a 25 viviendas
15	Cotabambas	Haqira	Comunidad Cconchayoc/ Quebrada Sallajoran	Deslizamiento	Daños directos a la Comunidad Cconchayoc
16	Cotabambas	Cotabambas	Huacue-Tamburgo	Deslizamiento	20 viviendas afectadas comunidad de Guacwe
17	Abancay	Circa	Llactahue - Comunidad de Antabamba	Deslizamiento	Se afectaron alrededor de 400 m del canal de agua potable de dicha comunidad
18	Abancay	San Pedro de Cachora	Sector Cachora, camino a Choquequirao	Deslizamiento	Gran parte del trayecto se encuentra afectado por agrietamientos
19	Abancay	Abancay	Asillo	Deslizamiento	Viviendas de la comunidad de Asillo probablemente sean afectadas, sobre todo el colegio.
20	Abancay	Tamburco	Cerro Chuyllurpata	Movimiento complejo	El 17-03-2012 afectó 33 viviendas y el estadio de Maucacalle.
21	Abancay	Pichirhua	Yuraccacca	Inundación	En febrero del 2010, fueron dañados terrenos de cultivo e incluso la zona urbana.
22	Graú	Progreso	Paccayura	Flujo de detritos	Probablemente sean afectadas viviendas del poblado de Paccayura
23	Graú	Huayllati	Distrito de Huayllati	Movimiento complejo	Probablemente sean afectadas viviendas del centro poblado
24	Graú	Huayllati	Chacapampa	Flujo de detritos	Probablemente sean afectadas viviendas del centro poblado
25	Graú	Curpahuasi	Cerro Calvario-Curpahuasi	Deslizamiento	150 viviendas probablemente sean afectadas de reactivarse el deslizamiento
26	Graú	Chuquibambilla	Marcceja-Jochaypampa	Flujo	Puente Marcceja y viviendas afectadas
27	Graú	Mariscal Gamarra	Paccaypata	Movimiento complejo, inundación	Daños a personas, viviendas, animales y terrenos de cultivo
28	Graú	Micaela Bastidas	Vilcabamba	Flujo	Probables daños a la CH. Vilcabamba e interrupción de la carretera
29	Chincheros	Ocobamba	Choquepuquio	Movimiento complejo	Provocó la destrucción de 64 viviendas, muerte de animales y arrasó terrenos de cultivo.
30	Chincheros	Ocobamba	Esmeralda	Deslizamiento	Viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento probablemente sean afectadas
31	Chincheros	Huaccana	Carretera Río Blanco-Chullama	Movimiento complejo, erosión fluvial	Viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento probablemente sean afectadas
32	Chincheros	Chincheros	Ccsechuapata	Deslizamiento	En febrero del 2012 afectó a la estructura de 55 viviendas. 15 viviendas destruidas

Fuente: tomado de Villacorta *et al.*; 2013a.

estudios específicos. La identificación de zonas críticas es una contribución para un posterior análisis de riesgos a nivel regional, el cual es considerado como una tarea multidisciplinaria.

Conclusiones

- ♦ En la región Apurímac, se ha inventariado al 2012 un total de 849 peligros geológicos y geohidrológicos.
- ♦ Se han identificado un total de 32 zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos.
- ♦ Los resultados del estudio buscan aportar conocimiento para contribuir a la solución de los problemas de planificación del territorio en la región y servirán a los planificadores y tomadores de decisión en temas de OT y ZEE considerando que los estudios geológicos y geomorfológicos son estudios de base para cualquier proyecto de evaluación de peligros geológicos.
- ♦ Es importante señalar que la evaluación de los peligros geológicos no solo implica analizar las amenazas, sino también las causas del por qué se incrementan las condiciones de vulnerabilidad de las poblaciones. Por ello, se necesita de un esfuerzo interdisciplinario que debe articular a todos los actores implicados. Para ello es indispensable convocar el apoyo nacional e incluso a nivel internacional requiriendo especialistas.
- ♦ Se espera que este proyecto sea el inicio de un trabajo coordinado de las instituciones del Estado que gestionan el tema de prevención de desastres con el Gobierno Regional Apurímac.

Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen el apoyo prestado por el INGEMMET, el GORE Apurímac y a la Administración del Santuario Nacional del Ampay para el desarrollo del proyecto GA25B. Asimismo se agradece al Msc. Cosme Pérez-Puig de la Universidad Politécnica de Madrid por la revisión íntegra del documento.

Referencias

- CARLOTTO, V., TINTAYA D., CÁRDENAS J., CARLIER G., RODRÍGUEZ R. (2006). *Fallas transformantes permo-triásicas: la falla Patacancha-Tamburco (Sur del Perú)*. Resúmenes XIII Congreso Peruano de Geología. Lima-Perú.
- CARRARA, A.; CARDINALI M.; GUZZETTI F. y REICHENBACH, P. (1995) - *GIS technology in mapping landslide hazard*. En: Carrara A. y Guzzetti F., eds. *Geographical informa-*

tion systems in assessing natural hazards. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 135-175.

- CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES – PREDES (2009). *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*. Recuperado de: http://www.incendencia-politica.info/biblioteca/PACC_ESTUDIO_LOCAL_005.pdf.
- COMITÉ REGIONAL DE DEFENSA CIVIL APURÍMAC (2011). *Plan regional de prevención y atención de desastres – Apurímac*. Recuperado de: http://www.indeci.gob.pe/planes_proy_prg/p_estrategicos/nivel_reg/prpad_apurimac.pdf.
- DÁVILA, S. y HERRERA, I. (1997). *Inspección de riesgo geológico en el barrio de Muyuna (Distrito Santa María de Chicmo, provincia de Andahuaylas y departamento de Apurímac)*. Informe técnico INGEMMET. Dirección de Geotecnia. 17 p. 1 mapa, Lima, Perú.
- DÁVILA, S. y ZAVALA, B. (1997). *Inspección de riesgo geológico en el área de Ccocha y Pumaránra (distrito de Tamburco, provincia de Abancay y departamento de Apurímac)*. Informe técnico N.º A5112. 24 p. 1 mapa. Lima, Perú: INGEMMET.
- DAVILA, S. (2000). *Peligro por fenómenos de remoción en masa en las áreas de Pampallacta y Supalla (distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes y departamento de Apurímac)*. Informe técnico 24 p. 1 mapa. Lima, Perú: INGEMMET.
- FERNÁNDEZ, C., LOAYZA C., BENAVENTE R. y ACURIO H. (2007). *Mapa de Peligros de la ciudad de Abancay*. Informe técnico. Programa Ciudades Sostenibles. 300 pp. Lima, Perú: INDECI-PNUD.
- FIDEL, L., ZAVALA B., NÚÑEZ S. y VALENZUELA G. (2006). *Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N.º 4*. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N.º 31, Lima, Perú.
- INGEMMET (2003). *Estudio de riesgos geológicos del Perú. Franja N.º 3*, INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N.º 28, Dirección de Geología Ambiental, 373 pp., 21 figs., 159 fotos., 17 mapas. Lima, Perú.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA (1999) – *Base de datos de los recursos renovables para el desarrollo socio-económico del país. Departamento de Apurímac*. Lima, Perú: INRENA.
- MAROCCHO, R. (1975): *Geología de los Cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas*. Boletín Serie A Carta Geológica Nacional, vol. 27. Lima, Perú: INGEMMET.
- PECHO, V. (1981). *Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas*. Boletín del Instituto de Geología Minería y Metalurgia, (A), 35, 67 pp. Lima, Perú.

- SANTILLÁN, G., FERNANDEZ J., FERRADAS P. y CORREIA J. (2005). *Manual para la prevención de desastres y respuesta a emergencias. La experiencia de Apurímac y Ayacucho*. Boletín ITDG, 44 p, Lima, Perú.
- VALDERRAMA P., VILLACORTA S., MADUEÑO M. y CHUMBES R. (2012). *Origen y dinámica de los flujos de detritos del cerro Chuyllurpata y su implicancia en la seguridad física de la ciudad de Abancay- Apurímac*. XVI Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos Sociedad geológica del Perú. Lima, Perú.
- VALDIVIA, W. y La Torre, O. 2003. *Memoria descriptiva de la revisión del cuadrángulo de Abancay (28-q)*. Escala 15000. Bol. INGEMMET. 25 pp. Lima, Perú.
- VILLACORTA, S.; Valderrama, P. y Roa, R (2012). *Primer reporte de Zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrologicos en la región Apurímac*. Informe técnico N.º A6594 30 p. 2 mapas. Lima, Perú: INGEMMET.
- VILLACORTA S. y VALDERRAMA P. (2012). *Evaluación del flujo de detritos de Tamburco, provincia de Abancay región de Apurímac*. Informe técnico N° A6595. 29 p. 1 mapa. Lima, Perú: INGEMMET.
- VILLACORTA S., VALDERRAMA P., MADUEÑO M. y VÁSQUEZ E. (2013a). *Peligros geológicos en la región Apurímac*. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín, Lima. Manuscrito sin publicar.
- VILLACORTA, S., VÁSQUEZ E., VALDERRAMA P. y MADUEÑO M. (2013b). *Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geohidrologicos en la región Apurímac*. Informe técnico N.º A6624. 46 pp., 3 mapas. Lima, Perú: INGEMMET.