

INFORME TECNICO
GEOLOGIA AMBIENTAL y RIESGO GEOLÓGICO

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA SUBCUENCA CANTO GRANDE

Primer Reporte

POR
JENNY VASQUEZ
SEGUNDO NUÑEZ
SANDRA VILLACORTA

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

LIMA - PERÚ
FEBRERO 2010

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	3
4. GENERALIDADES.....	4
4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
4.2 FISIOGRAFÍA, CLIMA E HIDROGRAFÍA	4
4.3 METODOLOGÍA	5
4.4 GEOLOGÍA	5
4.5 GEOMORFOLOGÍA	9
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	12
5.1 DESCRIPCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA SUBCUENCA CANTO GRANDE.....	12
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.3 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA (DESLIZAMIENTOS, HUAYCOS, DERRUMBES Y CAIDAS DE ROCAS).....	16
6. ZONAS CRÍTICAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN RECOMENDADAS	17
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
8. AGRADECIMIENTOS.....	19
9. REFERENCIAS	19

1. INTRODUCCIÓN

Desde la década del 60, la subcuenca Canto Grande ha experimentado un proceso de ocupación irregular hacia las áreas periféricas, especialmente en las laderas de los cerros y los abanicos de antiguos depósitos de flujos de detritos (huaycos), surgiendo asentamientos humanos y urbanizaciones populares, en zonas vulnerables.

Debido a este crecimiento acelerado, sumado a la falta de planeamiento y políticas habitacionales a mediano y largo plazo, una gran parte de la población que se ubica en las laderas de la subcuenca Canto Grande, está expuesta a la ocurrencia de fenómenos geodinámicos. Una forma de evitar que se produzcan situaciones de riesgo geológico es estudiando las condiciones de estabilidad de las laderas antes de su ocupación; sin embargo este proceso hasta la actualidad no se ha dado en este sector. En este contexto, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), ha efectuado, como parte del proyecto GA-11 “Geología, Geomorfología, Peligros Geológicos y Características Ingeniero-Geológicas del Área de Lima”, la evaluación de los peligros geológicos que se generan en la microcuenca de la Quebrada Canto Grande para contribuir con la prevención de desastres en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Este reporte presenta las zonas críticas por peligros geológicos en la subcuenca Canto Grande, identificadas durante el desarrollo del proyecto GA-11. En dichos sectores se deberán tomar medidas para atenuar los efectos de los procesos geológicos que causan desastres.

2. ANTECEDENTES

Algunos trabajos anteriores han estudiado la problemática de la quebrada Canto Grande, sin embargo, en la temática de prevención de desastres destacan el estudio del INGEMMET: “Riesgos Geológicos del Perú. Franja N° 3” (INGEMMET, 2004), y la tesis “Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande-Lima” (Vasquez, 2009).

En el estudio “Riesgos Geológicos del Perú. Franja N° 3”, INGEMMET evalúa, en forma regional, los peligros geológicos en la región de Lima, destacando algunos sectores expuestos a peligros geológicos en San Juan de Lurigancho y Jicamarca.

La tesis “Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande-Lima” (Vasquez, 2009), estudia este tipo de peligros geológicos, en forma más específica. Cabe mencionar, que esta tesis se desarrolló como parte del proyecto GA-11 “Geología, Geomorfología, Peligros Geológicos y Características Ingeniero-Geológicas del Área de Lima”, proyecto que entre el 2007 y 2009 evaluó e inventarió los peligros geológicos de las laderas de los cerros que rodean Lima Metropolitana.

3. OBJETIVOS

Los objetivos del presente informe son los siguientes:

- Presentar la caracterización de los peligros geológicos inventariados en la quebrada Canto Grande para contribuir en la adopción de medidas de prevención y corrección, relacionadas a la ocurrencia de estos fenómenos, en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Difundir el trabajo realizado por la dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET para apoyar la gestión de riesgos, en la Municipalidad de San Juan de Lurigancho.

4. GENERALIDADES

4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La subcuenca Canto Grande se ubica en la margen derecha del río Rímac, en dirección N-NE de la ciudad de Lima, coincidiendo con los límites del distrito de San Juan de Lurigancho, a excepción del sector este de la zona 1 (sureste de la subcuenca, figura 1), en discusión con el distrito de Jicamarca perteneciente a la provincia de Huarochiri. Abarca un área aproximada de 137 Km².

Limita al norte y oeste con la cuenca del río Chillón, al este con la quebrada Jicamarca, al sur con el río Rímac y al oeste con la quebrada que alberga a los distritos de Comas y Carabaylo (figura 1).

Para acceder a la zona de estudio desde el centro de la ciudad de Lima, se puede utilizar las autopistas Ramiro Prialé o Evitamiento. Una vez ubicados en la Av. Wiese, puerta de entrada del distrito de San Juan de Lurigancho, se pueden utilizar las autopistas Próceres de Independencia, Pachacutec y Principal que recorren el distrito de San Juan de Lurigancho con dirección NE, hasta llegar a las quebradas Media Luna y Canto Grande.

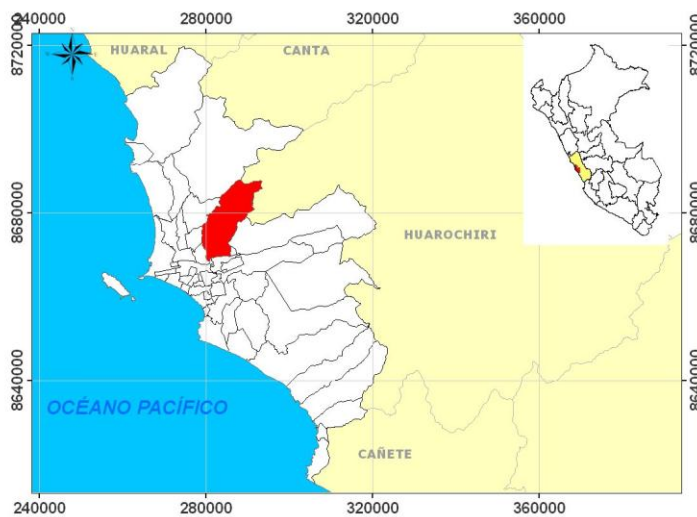


Figura 1. Ubicación de la subcuenca Canto Grande

4.2 FISIOGRAFÍA, CLIMA E HIDROGRAFÍA

Fisiográficamente la subcuenca Canto Grande se caracteriza por presentar relieves plano ondulados con pendientes suaves a moderadas; en contraste con una zona montañosa de pendientes abruptas, cortada por valles en "v". Las altitudes varían entre los 0 y 1 400 m.s.n.m.

Los terrenos planos ocupan el 45% del área total de la subcuenca Canto Grande y los terrenos montañosos, el 55 % restante. Ambas zonas están densamente pobladas.

Acerca de los aspectos climáticos, las temperaturas registradas en la zona de estudio indican un valor medio mensual que varía entre los 17° y 21° C; sin embargo la temperatura máxima alcanza valores cercanos a los 27° C en los meses de verano (Enero - Marzo) y la temperatura mínima varía entre los 14°C y 17°C en invierno (Junio - Setiembre)

En la microcuenca Canto Grande se ha registrado lloviznas esporádicas durante los meses de Mayo a Setiembre. Los niveles de precipitación son mínimos, registrando valores que en los últimos 6 años van entre los 6 y 7 mm. (Vásquez 2009)

La red hidrográfica está representada por un tramo del río Rimac que se extiende por la Av. Gran Chimú y la Av. Campoy en la urbanización Zarate; en esta zona las planicies aluviales no están bien definidas debido a que ha sufrido cambios drásticos en el proceso de urbanización.

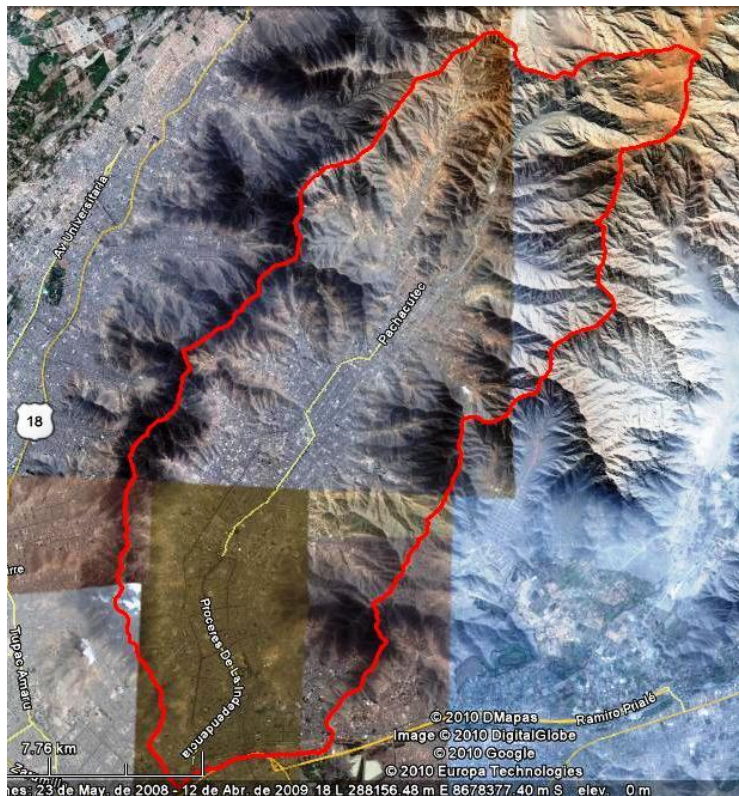


Figura 2. Vista de la Subcuenca Canto Grande (Fuente Google Earth)

4.3 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de este estudio, consistió en tres fases: una previa en donde se recopiló información sobre el área de estudio y se cartografió, en base a fotos aéreas e imágenes de satélite, las zonas más propensas a la ocurrencia de peligros geológicos. En una segunda fase o etapa de campo se inspeccionaron los sectores señalados y se recopiló información in situ. Posteriormente en la fase final se procesó la información obtenida en campo y se elaboraron los mapas temáticos.

Los datos recolectados para el estudio, corresponden a información geológica, geomorfológica y geotécnica consignada en la fichas de inventario de peligros geológicos de los proyectos de INGEMMET: “Geología, Geomorfológica, Peligros Geológicos y Características Ingeniero – Geológicas del Área de Lima” y “Estudio Riesgos Geológicos del Perú. Franja N° 3”. Mediante el inventario efectuado, se ha recopilado datos de 205 peligros geológicos en la subcuenca Canto Grande.

4.4 GEOLOGÍA

En este acápite se describirá las condiciones geológicas del área de estudio, factor importante en la evaluación de la susceptibilidad por procesos geológicos que causan desastres. Primero se describirá las unidades geológicas (Mapa 1), después las características estructurales observadas.

4.4.1 Unidades Geológicas

El ambiente geológico de la subcuenca Canto Grande está constituido esencialmente por rocas volcánico sedimentarias del Grupo Casma y cuerpos hipabisales que conforman las Superunidades Patap y Santa Rosa, estas dos últimas forman parte del Batolito de la Costa en el segmento de Lima. Las edades de las unidades estratigráficas van desde el Cretáceo Medio al Cuaternario.

En la actualidad los afloramientos rocosos en la zona de estudio se encuentran en un avanzado estado de alteración y han sido rodeados de áreas urbanas.

En el mapa geológico-estructural (mapa 1) se muestra la distribución de las rocas en la zona de estudio. A manera general las unidades geológicas pueden ser agrupadas en afloramientos rocosos y depósitos de cobertura.

Afloramientos Rocosos

Están representados por afloramientos volcánicos del Grupo Casma, e intrusivos de las superunidades Patap y Santa Rosa.

El Grupo Casma en su parte superior (Volcánico Quilmaná), está constituido por meta-andesitas silicificadas de color oscuro. Se le asigna una edad de Cretáceo Superior (Palacios et al., 1992). Los afloramientos de este grupo se encuentran al noreste de la subcuenca Canto Grande, en el límite con la quebrada Media Luna. Localmente, las rocas que conforman este grupo presentan una coloración rojiza, se encuentran altamente fracturados y están dispuestos en bloques angulosos a manera de cuña.

La Superunidad Patap está compuesta por cuerpos de gabros y dioritas emplazados al lado occidental de la unidad rocosa denominada "Batolito de la Costa", cuyas edades varían entre 84 y 102 millones de años (Pitcher et al., 1985). Los afloramientos más representativos de la Superunidad Patap son los cerros Negro, Pirámide Alta y Mirador. Localmente, las rocas que la componen presentan aspecto masivo, coloración grisácea, alto grado de fracturamiento local y de meteorización. En muestras de mano se observa la predominancia de minerales máficos, especialmente biotitas y hornblendas de diversos tamaños con cierto grado de alteración.

La superunidad Santa Rosa está representada por cuerpos tonalíticos - dioríticos y tonalítico-granodioríticos emplazados con posterioridad a los gabros y dioritas de la Superunidad Patap, a los que intruye con contactos definidos casi verticales. Asimismo intruye a las secuencias mesozoicas del Grupo Casma. (Palacios et al., 1992). Los afloramientos rocosos de esta unidad tienen una coloración gris pardusca y presentan formas peculiares debido a los procesos de erosión y meteorización que ocurren en las paredes rocosas de moderada o gran inclinación, en donde se observan oquedades redondeadas (Gutiérrez, 2008; foto 1).



Foto 1. Exfoliación en monzogranitos de la superunidad Santa Rosa. (Fuente INGEMMET 2009)

Depósitos de cobertura

Los depósitos de cobertura son resultado de la acumulación de material proveniente de los afloramientos que rodean a la subcuenca Canto Grande. Pueden alcanzar espesores de hasta 7 metros y muestran una composición heterogénea, con un gran número de bloques rocosos de tamaños diferentes y gravilla en una matriz areno-limosa. Estos depósitos han sido clasificados como coluvio-deluviales, proluviales y aluviales.

Los depósitos *Coluvio-Deluviales* están representados por gravas y bloques subangulosos de origen intrusivo o volcánico-sedimentario producto de la erosión y la gravedad. Se les observa cubriendo las laderas de la quebrada.

Los depósitos *aluviales* y *proluviales* cubren las laderas y rellenan el cauce de la quebrada, están representados por material acarreado desde los cerros: San Jerónimo de Amancáes, Repartición, Canto Grande, Pirámide, Canterillo, Colorado, Babilonia, Santa María, Lomas de Mataballo Chico y Lomas de Mataballo Grande (SAHARIG, 1973).

El material de estos depósitos corresponde a secuencias de clastos intrusivos y volcánico-sedimentarios, con diámetros que van desde los 0.10 a los 0.90 m, dispuestos de manera irregular. Las formas son subangulosas y subredondeadas. Estos bloques están soportados en una matriz limosa, arenosa o de gravas medias a finas, en su mayoría de coloración beige (foto 2).

Los depósitos *fluviales* son aquellos formados por la actividad fluvial del río Rímac, el cual a su paso ha formado terrazas en ambas márgenes. Los materiales que constituyen estos depósitos son cantos, gravas, clastos subangulosos y subredondeados de granulometría variable, englobados en matriz areno-limosa, poco compacta.

Estos depósitos se ubican en las inmediaciones de la Av. Gran Chimú (urbanización Zárate), en el inicio de la Av. Próceres, en la Av. Malecón Checa Eriguren, Av. 9 de Octubre, en general en las zonas de la quebrada que limitan con el río Rímac.

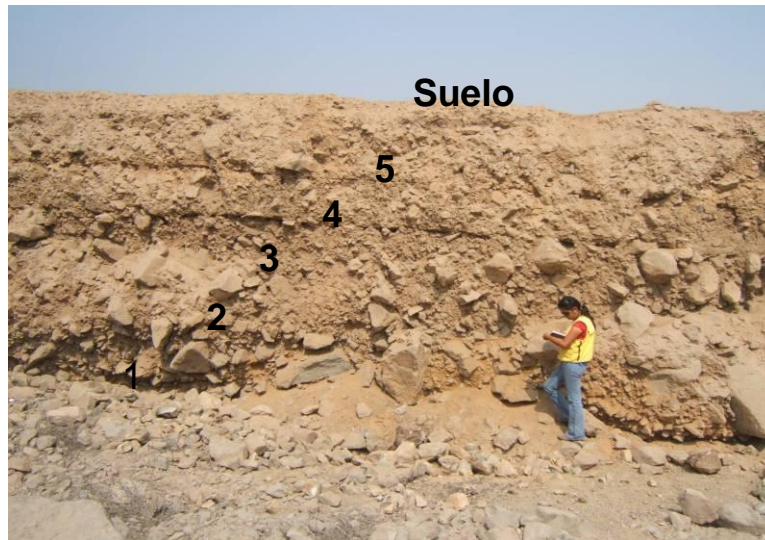


Foto 2. Depósitos proluviales en la subcuenca Media Luna. (fuente: INGEMMET, 2009)

4.4.2 Condiciones Estructurales

Las condiciones estructurales en la zona de estudio están definidas por fallas de extensión local. En total se registraron 7 fallas y 19 fracturas que tienen rumbo NE-SW y está desarrollando en dos tipos de litología: rocas intrusivas del Batolito de la Costa y rocas volcánico sedimentarias del Grupo Casma.

En muchos sectores de la subcuenca, las estructuras, se muestran cubiertas por depósitos recientes y/o antrópicos, lo que hace que se tenga pocas evidencias de sus desplazamientos. Sin embargo, en la parte alta de la quebrada Media Luna se han podido observar brechas de falla (foto 3), de coloración gris blanquecina con evidencias de panizo, en un macizo rocoso completamente fracturado, que demuestra el desplazamiento de una estructura.



Foto 3. Brechas de falla, evidencias de la actividad estructural en la subcuenca Canto Grande. (fuente: INGEMMET, 2009)

Otra evidencia del desplazamiento de estructuras a nivel local, son las zonas de alteración observadas en los cortes de talud para las viviendas, estas presentan colores amarillos a rojizos con brechamiento y fracturamiento intenso.

4.5 GEOMORFOLOGÍA

En el relieve de la subcuenca Canto Grande se diferencian cuatro unidades geomorfológicas: el Flanco Occidental Andino, La Zona de Valle, las Colinas y los Depósitos de Piedemonte.

4.5.1 Flanco Occidental Andino

La zona de estudio está representada por una cadena de cerros con altitudes entre los 800 y 1400 m.s.n.m. y pendientes que van desde los 25° hasta los 55°. Se encuentra constituida por formaciones volcánicas sedimentarias (Grupo Casma) y por macizos ígneos correspondientes al Batolito de la Costa. (Superunidades Patap y Santa Rosa). Presenta una topografía abrupta y está disectada por numerosas quebradas y el río Rímac. Los procesos geodinámicos superficiales de esta unidad originan torrenteras (relieves de origen volcánico sedimentario) y caídas de rocas (foto 4).



Foto 4. Unidad Geomorfológica de Relieve de Montaña. Nótese como las partes más bajas de esta unidad se encuentran pobladas. (fuente: INGEMMET, 2009)

4.5.2 Zona de Valle

Está representada por los cauces del curso principal y quebradas tributarias. Presenta superficies suaves a levemente inclinadas y está ocupada totalmente por la zona urbana, lo que ha modificado su morfología local, a excepción de la parte alta de la quebrada. (foto 5). En esta unidad se han inventariado la mayor cantidad de flujos de detritos antiguos.



Foto 5. La Unidad Geomorfológica Zona de Valle. Unidad que presenta los valores de menor pendiente. Vista desde la quebrada Media Luna hacia el SW. (Fuente. INGEMMET 2009)

4.5.3 Colinas

Son afloramientos intrusivos de poca elevación, con pendientes suaves a moderadamente inclinadas (15° a 25°), que se hallan dentro del cauce de la subcuenca Canto Grande, y que han quedado como remanentes de los procesos denudativos. (foto 6) Se observan en la Av. Lloque Yupanqui y Sinchi Roca, transversales a la Av. Pachacutec, en las avenidas paralelas a la Av. Naciones Unidas (margen derecha de la quebrada Canto Grande), en la Av. Río Grande, Bayovar 3^{era} zona, Av. Mariátegui, en las inmediaciones de las avenidas Jena y República de Polonia (margen izquierda de la quebrada Canto Grande). Sus alturas se encuentran entre los 250 y 350 m. Se caracteriza por presentar caídas de roca con depósitos tipo canchal.



Foto 6. Unidad geomorfológica de colina. Obsérvese los bloques sueltos de rocas, producto de los procesos de meteorización. (Fuente. INGEMMET 2009)

4.5.4 Depósitos de piedemonte

Están representados por la acumulación de los depósitos coluvio- deluviales en las laderas (foto 7). Se ubican al pie de los cerros que rodean a la quebrada, presentando pendientes suaves (entre los 10° a 15°). Esta unidad está sujeta a fuertes procesos erosivos y a la generación de caídas de rocas.



Foto 7. Zona de depósitos de piedemonte, propensa a caídas de rocas. Asentamiento Humano Nueva Jerusalén. Fuente: INGEMMET, 2009

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Evaluar los peligros geológicos implica el análisis de las condiciones geológicas y del registro histórico de procesos que causaron desastres; en combinación con el monitoreo y modelización, apoyada en sensores remotos e interferometría de radar. (VALENZUELA, 2003).

Los peligros geológicos son fenómenos naturales terrestres que pueden causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental en un determinado sector. Incluyen los procesos de origen tectónico que se producen al interior de la tierra, tales como terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas, así como algunos procesos externos como los movimientos en masa (EIRD-ONU, 2004).

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efecto de la gravedad (CRUDEN, 1990). Es decir, dentro de los movimientos en masa se incluyen los deslizamientos, huaycos, caídas de rocas y derrumbes. Las causas de estos procesos son y pueden clasificarse como factores condicionantes o Intrínsecos (litología y pendiente) y factores detonantes (sismicidad y precipitación).

5.1 DESCRIPCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA SUBCUENCA CANTO GRANDE

En la subcuenca Canto Grande, se observan eventos históricos ocurridos en épocas recientes. Un alto porcentaje de estos procesos ha sido desencadenado por precipitaciones excepcionales y/o sismos. Otro factor detonante es el antrópico, que juega un papel importante en los cambios del medio que nos rodea.

En muchos casos, si se evitara el uso de áreas inestables o propensas a los deslizamientos, caídas o derrumbes; la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos disminuiría. Por ello es recomendable el uso de información geológica, a una escala adecuada, del área o sectores que serán intervenidos en el desarrollo de obras de ingeniería (Valenzuela, 2003).

Los principales peligros geológicos en la subcuenca Canto Grande son: caídas de rocas, flujos de detritos (huaycos), erosión de laderas y erosión fluvial. En la parte media y alta de la quebrada, la desestabilización de las laderas se produce a consecuencia de los cortes para construir viviendas y carreteras de acceso. En el mapa 2 se muestra la distribución de los procesos inventariados en la subcuenca Canto Grande.

5.1.1 *Caídas de Rocas*

Las caídas de rocas registradas en la zona de estudio se caracterizan por estar compuestas por bloques aislados, canchales (foto 7) o talud de detritos. En el inventario de estos procesos se tomaron en cuenta: el tamaño de los bloques, la forma de la zona de arranque, el tipo de rotura entre otros.

En muchos casos estos procesos son originados debido a la actividad antrópica. La construcción de pircas genera una cantidad de bloques potencialmente inestables.



Foto 7. Zona predispuesta a las caídas de rocas debido a la construcción inadecuada de viviendas sobre pircas. A.H. Nuevo Amanecer. (Fuente. INGEMMET 2009)

5.1.2 Flujo de Detritos (Huaycos)

Los huaycos que se presentan en la subcuenca Canto Grande (foto 8) tienen una edad de aproximadamente 11 500 años. En estos flujos, es característica la predominancia de los bloques en relación a las gravas.

En el lecho de la quebrada Canto Grande se registran vestigios de eventos antiguos que recorren distancias de hasta 5 Km de recorrido. En las quebradas tributarias los recorridos son de 1 ó 2 Km. y la mayoría de ellos están actualmente ocupados por zonas urbanas.



Foto 8. Obsérvese la presencia de bloques en el flujo de detritos de la quebrada Vizcachera. (Fuente: INGEMMET, 2009)

En las dos vertientes principales de la zona de estudio (quebradas Media Luna y Canto Grande) se observan secuencias típicas de huaycos compuestas por bloques subangulosos de tamaños irregulares dispuestos de manera desordenada. Además en las vertientes secundarias ubicadas al noreste de la quebrada (Comunidad San Antonio de Jicamarca, límite con la Av. Naciones Unidas) se observan bloques irregulares en matrices limosas, ubicados en capas superpuestas. En general toda esta diferencia de tamaños indica la variación de energía de estos procesos.

En los últimos años, la ocurrencia de lluvias excepcionales, algunas relacionadas con el Fenómeno “El Niño”, han afectado directamente a la parte alta de la subcuenca Canto Grande (Jicamarca, Anexo 22, quebrada Media Luna) tal como sucedió en el 2002 (fotos 9 y 10), cuando se produjo la destrucción de viviendas precarias y estructuras de material noble.



Foto 9. Materiales acarreados por los huaycos en la quebrada Media Luna (Fuente. Comunidad Campesina Jicamarca, 2002).



Foto 10. Flujo de detritos que en el 2002 llegó a destruir viviendas precarias ubicadas en el lecho de la quebrada Media Luna (Fuente. Comunidad Campesina Jicamarca, 2002).

5.1.3 Erosión de Laderas

Este proceso se presenta en la zona de estudio como surcos y cárcavas. Su ocurrencia está ligada a la facilidad con que se erosionan las rocas volcánico-sedimentarias del Grupo Casma y a la intensidad y frecuencia de las lluvias excepcionales. Estos factores en conjunto producen material suelto que llegan a los cauces de las quebradas secundarias, influyendo frecuentemente en la ocurrencia de otros procesos de remoción en masa como caídas de rocas y huaycos. Esto se observó por ejemplo en las nacientes de la quebrada Media Luna (foto 11).



Foto 11. Erosión de laderas en forma de surcos en las nacientes de la quebrada Media Luna. (Fuente: INGEMMET, 2009)

5.1.4 Erosión Fluvial

En la zona de estudio, este proceso se produce por la acción fluvial del río Rímac que durante su recorrido, ha erosionado sus márgenes y ha depositado materiales, formando terraplenes. El otro problema es la acumulación de desmonte y basura en las terrazas fluviales. Estos materiales han reducido el ancho del cauce y son susceptibles a ser arrastrados ante el incremento del caudal del río Rímac, durante la generación de lluvias excepcionales. Este problema puede observarse en las inmediaciones de la Av. Gran Chimú (Zarate-San Juan de Lurigancho; foto 12).



Foto 12. Terraplenes hechos de depósitos de basura y desmonte, que son erosionados por los procesos de erosión fluvial. (Fuente: INGEMMET, 2009)

5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS

En base al inventario de peligros geológicos y la recopilación de información existente, se realizó un análisis estadístico, que describe la relación de los peligros geológicos con las unidades litológicas y la pendiente, en la subcuenca Canto Grande. El número total de peligros geológicos registrados en la quebrada es de 205, de los cuales, las caídas de rocas son los fenómenos más recurrentes (56%), seguidos de los huaycos (29%) (figura 3)

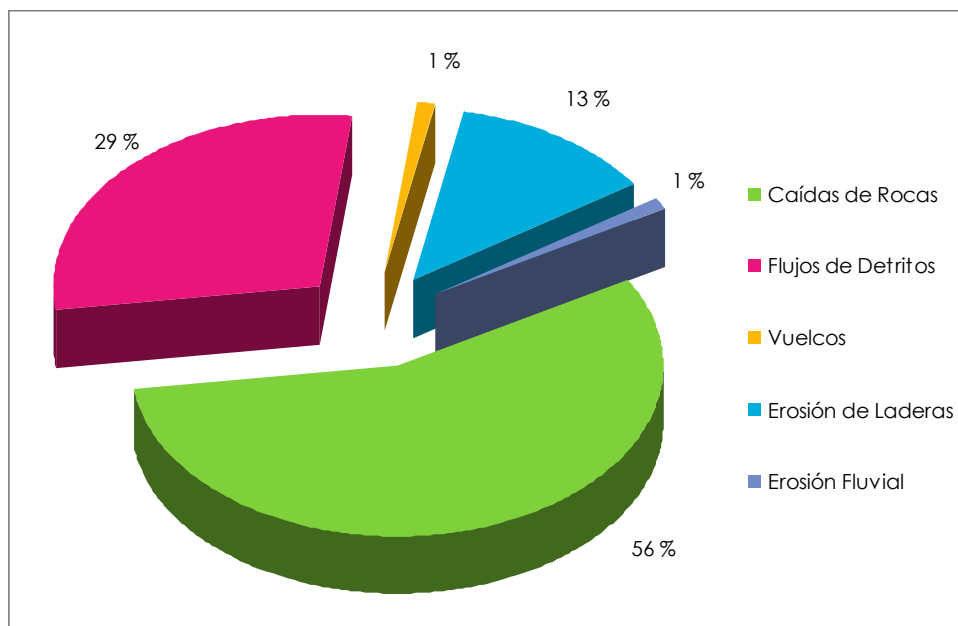


Figura 3. Porcentaje de Peligros Geológicos en la subcuenca Canto Grande

Por otro lado, la mayor cantidad de peligros geológicos, según la litología, se presenta en rocas intrusivas (99 peligros inventariados) seguidas de los depósitos recientes (82 peligros inventariados). Esto se debe a que en la subcuenca Canto Grande, las rocas intrusivas ocupan un área considerable (45 % del área total) y se encuentran con un fuerte grado de meteorización. Por otro lado los depósitos recientes se presentan inconsolidados, siendo muy susceptibles a la erosión.

Tomando en cuenta la pendiente, el mayor número de ocurrencias (51 %) de peligros geológicos, se presentan en terrenos de pendiente media. Estos consisten en: caídas de rocas, flujo de detritos (huaycos) y erosión de laderas, mientras que un porcentaje menor (2 %) se presenta en zonas con pendiente muy alta.

5.3 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA (DESLIZAMIENTOS, HUAYCOS, DERRUMBES Y CAIDAS DE ROCAS)

La mejor forma de representar y analizar la susceptibilidad a los procesos geológicos, es mediante la cartografía, que puede seguir varios procedimientos y métodos dependiendo de los objetivos, la escala de trabajo y de los procesos que se estudia (Sobreira, 2001).

Considerando que los procesos geológicos más recurrentes en el área de subcuenca Canto Grande son las caídas de rocas y los huaycos, se consideró elaborar **el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa** (Mapa 3). Para ello se combinó dos métodos: el *Método de Superposición de Mapas de Factores* y el *Método de Matriz de Susceptibilidad*.

El primer método consiste en valorar los mapas de factores condicionantes (litológico y de pendientes) en base a su relación con el mapa de inventario de peligros geológicos. Para ello, se analiza individualmente la recurrencia de los distintos tipos de procesos geológicos en cada unidad representada en dichos mapas. Una vez hecho esto, con ayuda del software ArcGIS

9.1 se superpusieron y combinaron los mapas dando como resultado el primer modelo de susceptibilidad por movimientos en masa.

El segundo método consiste en construir una matriz de susceptibilidad. Dicha matriz se utiliza para localizar las combinaciones posibles entre litología y pendiente y ponderarlas. Luego, con ayuda del software ArcGIS 9.1, los datos de esta matriz fueron interpolados a todos los sectores de la zona de estudio para hallar la susceptibilidad por movimientos en masa de toda la cuenca. (Villacorta, 2007).

Posteriormente, se efectuó el promedio ponderado de ambos modelos de susceptibilidad. El mapa resultante es el **Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa de la subcuenca Canto Grande** (mapa 3), el cual muestra que la mayor parte del territorio de la quebrada presenta una susceptibilidad media. Las zonas con grado de susceptibilidad muy alta corresponden a zonas con pendiente fuerte y que presentan rocas intrusivas con alto grado de meteorización física; razón por la cual se registran la mayor cantidad de movimientos en masa. Las zonas ubicadas en la parte alta de la quebrada, donde afloran rocas volcánicas-sedimentarias presentan una susceptibilidad alta a muy alta.

La mayoría de las viviendas de la zona de estudio están ubicadas en las quebradas secundarias, esta es una zona de susceptibilidad media, mientras que las viviendas con mayor antigüedad en el distrito de San Juan de Lurigancho, están ubicadas en el lecho de la quebrada y en parte baja, presentando una susceptibilidad baja.

6. ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN RECOMENDADAS

En la subcuenca Canto Grande se han identificado sectores con características fisiográficas, geológicas y geotécnicas propicias para la generación de peligros geológicos que causen daños a áreas pobladas y vías de comunicación. Estos sectores han sido definidos como zonas críticas (mapa 4), habiéndose registrado en la subcuenca Canto Grande diez (10) de ellas. En el cuadro 1 se presentan dichos sectores, clasificados por el tipo de peligro identificado y señalándose las medidas preventivas recomendadas.

Nro.	Código BDGR	Peligro geológico	Paraje/Zona	Recomendaciones
1	15484104	Erosión fluvial	AV. Gran Chimú (Entre las avenidas: Lanzon y Contisuyo)	Mejorar los terraplenes, estos están contruidos con acumulaciones de desmonte. Se debe impedir el arroj de desmonte y basura al cauce del río. Ejecutar campañas de sensibilización a los moradores de las riberas, para evitar que arrojen sus desperdicios al cauce del río.
2	154731192	Caidas de rocas	AAHH Huanta y La Loma de Canto Grande	<p>Ante un sismo de gran magnitud muchas de las caídas de rocas podrían activarse y las viviendas ubicadas sobre terraplenes colapsarían. En algunos casos se han construido estructuras pero la mayoría son insuficientes en el caso de caídas de rocas. Dentro de las recomendaciones más importantes están:</p> <p>Mejorar el sistema constructivo de las bases de las viviendas (pircas). No seguir construyendo en las laderas, sobre todo en las que tienen pendientes mayores a 40° Construir muros de contención Dequinchar los bloques sueltos en las laderas, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes En los AAHH se deben señalar vías de evacuación en caso de sismo.</p>
3	154731125	Caidas de rocas	AAHH Mariscal Cáceres, Las Vegas y Héroes del Cénepa Este	
4	144721116	Caidas de rocas	AAHH Palmeras, 17 de Junio y Los Héroes de Tiwinza. (Sector Bayovar -3ra Zona)	
5	144721110	Caidas de rocas	AAHH Saúl Cantoral y Santa Rosa, Ampliación Jose Carlos Mariátegui, Nuevo Amanecer, El Alto Cénepa	
6	154731123	Caidas de rocas	AAHH Unidos al Desarrollo, Nueva Jerusalén II, Cerrito Rico, Ampliación Primero de Mayo. (Sector Cruz de Motupe)	
7	154731103	Caidas de rocas	Sector Los Pinos, Los Cipreses, Pedregal Bajo (Anexo 22-Jicamarca)	
8	154731102	Huaycos	Jicamarca (parte Alta de la quebrada Canto Grande entre Los Casuaris y Los Loros)	
9	154731164	Huaycos	San Antonio de Chaclla, Pedregal Alto	<p>En los años 1998 y 2003, flujos de detritos de tipo excepcional, se activaron en la parte alta de la quebrada, afectando a viviendas y vías de acceso; las medidas de prevención deben estar orientadas a minimizar los efectos de estos eventos para ello es necesario:</p> <p>No permitir la expansión urbana los cauces de las quebradas, en especial lo de la parte alta- Se debe contar con planes de evacuación. Realizar estudios detallados de suelo y de estabilidad de taludes. En los cauces de quebradas pobladas, especialmente en los de la parte alta, se deben construir muros transversales, a fin de atenuar los efectos de los posibles flujos de detritos.</p>
10	154731065	Caidas de rocas	Quebrada Media Luna (Avenida Naciones Unidas , Perú)	<p>Mejorar el sistema constructivo de las bases de las viviendas (pircas). No seguir construyendo en las laderas, sobre todo en las que tienen pendientes mayores a 40° Construir muros de contención.</p>

Cuadro 1. Zonas críticas por peligros geológicos en la subcuenca Canto Grande.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las características geológicas de la subcuenca Canto Grande, la morfología de sus terrenos y las lluvias excepcionales la predisponen a la ocurrencia de caídas de roca, derrumbes y huaycos.
- La ocupación inadecuada de asentamientos humanos en la subcuenca Canto Grande ha preparado el escenario para el desencadenamiento de peligros geológicos en áreas con bastante pendiente.
- Las unidades geológicas más susceptibles a los movimientos en masa (caídas de rocas) son las rocas intrusivas (Gabrodiorita Patap) y los depósitos recientes. Las primeras por su alto grado de fracturamiento y alteración; y estos últimos por el bajo grado de consolidación, que los hace susceptibles a la erosión.
- Las caídas de rocas son procesos geodinámicos frecuentes. Se observan en todas las unidades geomorfológicas, especialmente en las colinas y los depósitos de pie de monte.
- Según lo observado en la parte alta de la subcuenca Canto Grande, es posible inferir que los movimientos en masa de gran magnitud (huaycos), ocurrieron de una manera excepcional, no registrada en los últimos 60 años (ocupación histórica de la quebrada) y solo se manifiestan periódicamente como flujos de detritos menores relacionados a lluvias excepcionales.
- Los procesos de erosión de laderas, vuelcos y erosión fluvial son menos frecuentes sin embargo deben considerarse en los planes de prevención, porque podrían afectar de manera significativa a las zonas urbanas.
- Mediante la observación de las condiciones de seguridad física de las viviendas, se constató que la mayoría de casas ubicadas en la parte alta de la subcuenca Canto Grande se encuentran sobre laderas con pendiente media a fuerte, factor desfavorable para la ocupación humana en estos lugares.
- Se recomienda el uso de información geológica, a una escala adecuada del área o sectores que serán intervenidos en la construcción de viviendas u otras obras de ingeniería.
- Dado que la falta de conocimiento de la población puede provocar otros desastres en la quebrada, se recomienda difundir los resultados de este estudio, sobre todo en las comunidades ubicadas en sectores críticos.
- En los planes de adecuación territorial de la quebrada debe considerarse detener el crecimiento desordenado hacia las partes altas de la quebrada, para evitar grandes pérdidas económicas y de vidas humanas.

8. AGRADECIMIENTOS

La realización de este informe fue posible gracias al apoyo de las autoridades de las localidades visitadas durante los trabajos de campo. Por tal motivo, los autores de este estudio agradecen en especial al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), a la Municipalidad de San Juan de Lurigancho, a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), que apoyaron con información y facilidades durante el desarrollo del estudio.

9. REFERENCIAS

CRUDEN, D. (1990) Suggested nomenclature for a landslide summary. Boletín de International Association of Engineering Geology, n 41.

GUTIERREZ, M. (2008) Geomorfología Editorial Pearson. Madrid España

EIRD-ONU (2004). "Vivir con el Riesgo". Secretaria interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de desastres (EIRD).

INGEMMET. (2004). ESTUDIO DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL PERÚ FRANJA N° 3. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Serie "C" Geodinámica e Ingeniería Geológica.

INGEMMET. (2009). Primer reporte de Zonas críticas por peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana. Informe técnico Geología Ambiental. DGAR-INGEMMET. Lima, Perú.

SAHARIG, G. (1973) Estudio Hidrogeológico de la Quebrada Canto Grande. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Tesis de Grado.

PALACIOS, O.; CALDAS, J. y VELA, CH. (1992). "Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica". Bol. Serie A, Carta Geológica Nacional N.º 43.

PITCHER, W.; ATHERTON, M.; COBBING, E. y BECKINSALE, R. (1985): Magmatism at a plate edge; the Peruvian Andes.

SOBREIRA, F. (2001) Suceptibilidade a Processos Geológicos y suas Consequências na Área Urbana de Mariana. MG Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais Brasil

VALENZUELA, G. (2003). La geología ambiental en la zonificación de amenazas naturales. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis de Maestría)

VASQUEZ, J. (2009). Movimientos en Masa en la quebrada Canto Grande. Tesis de grado Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica.

VILLACORTA, S. (2007). Análisis de la susceptibilidad de los Movimientos de Ladera en la Cuenca del río Llamínchan. Cajamarca-Perú. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos minerales

