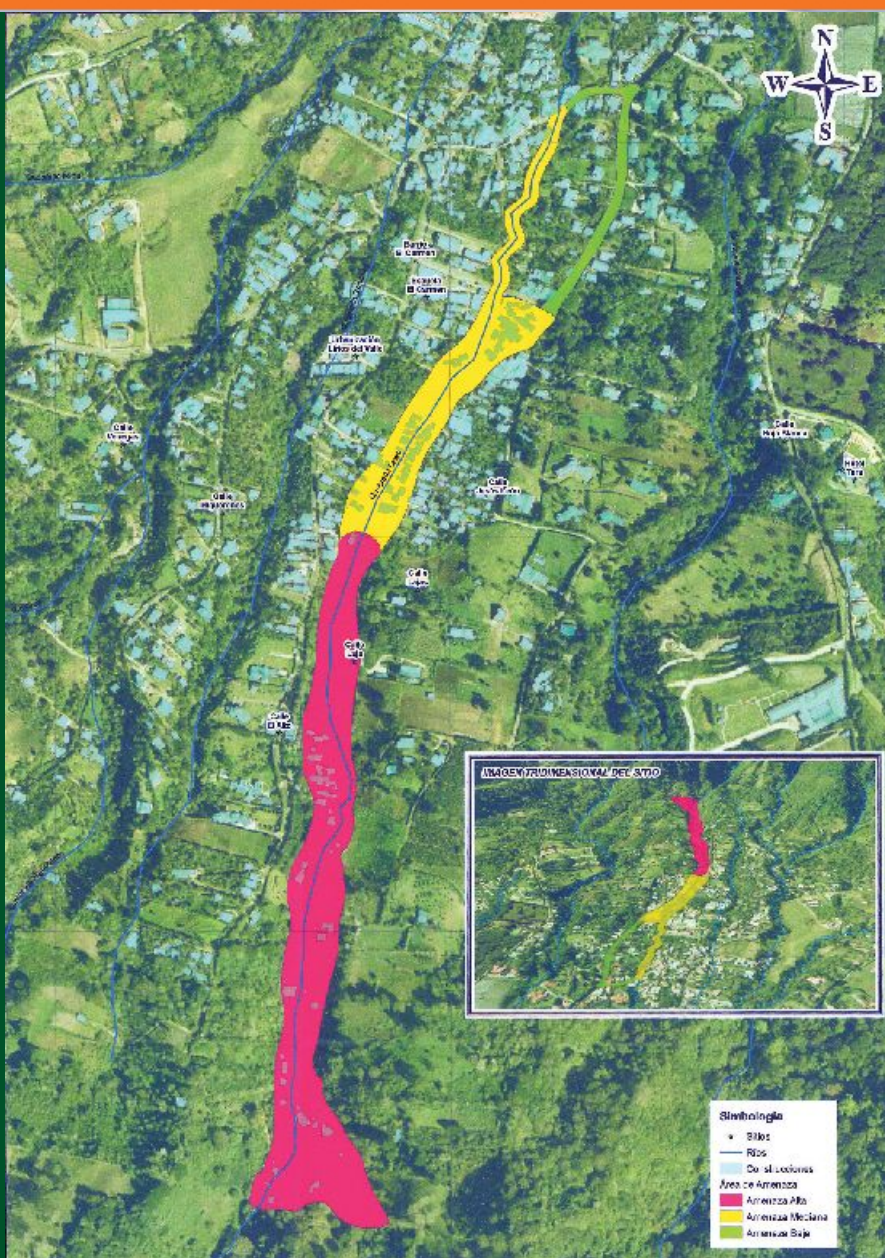




ISSN: 1659-3057

Revista N° 7, Diciembre 2011

EN TORNO A LA PREVENCIÓN



San José, Costa Rica

La reactivación del Deslizamiento Zapotal y su relación con el llenado del embalse del Proyecto Hidroeléctrico Pirrís.

Msc. Rolando Mora, Msc. Elena Badilla, Msc. Giovanni Peraldo, Msc. Luis Guillermo Salazar
Escuela Centroamericana de Geología, UCR

Resumen

El 3 de agosto de 2011 varias viviendas en la comunidad de Zapotal Abajo, perteneciente al distrito de San Lorenzo del cantón de Tarrazú, empezaron a mostrar un deterioro progresivo. Este proceso coincidió con el llenado del embalse del Proyecto Hidroeléctrico Pirrís. Ante esta coincidencia, personeros del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y de CoopeTarrazú contactaron a la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, con el fin de que realizara un estudio para verificar si el proceso fue desencadenado o no por el llenado del embalse. Se realizó la respectiva investigación y se entregaron los resultados a las partes interesadas en una actividad realizada en el Auditorio César Dondoli B, de la Escuela Centroamericana de Geología, el día 5 de octubre de 2011. La reactivación del deslizamiento es consecuencia del llenado del embalse. Como una de las recomendaciones más importantes se sugiere que las laderas inestables deben ser vistas como factores de gran importancia dentro de la viabilidad técnica de una obra civil, que en el caso que nos ocupa, serían las represas para proyectos hidroeléctricos.

Introducción

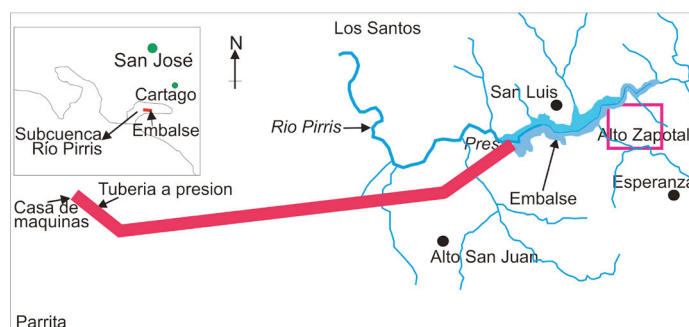
El llenado del embalse del proyecto hidroeléctrico Pirrís, coincide con la reactivación de un deslizamiento el día 3 de agosto de 2011, que afectó varias viviendas en la comunidad de Zapotal Abajo, del distrito de San Lorenzo del cantón de Tarrazú (imagen No. 1).

Esto permite que se activen las fuerzas vivas de la comunidad y que fueran representadas por CoopeTarrazú quien, junto con personeros del Instituto Costarricense de Electricidad, solicitaron a la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica realizar un estudio que verificara si el proceso de llenado del embalse originó dicho deslizamiento.

La fotointerpretación de fotografías aéreas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) del año 1974 ya mostraron importantes evidencias morfológicas de la existencia de un gran deslizamiento inactivo en el área de la comunidad de Zapotal.

En el mundo existen varios ejemplos de proyectos hidroeléctricos que han generado o reactivado deslizamientos en los flancos del embalse. Es por ello que no es de extrañarse que se reactiven este tipo de procesos, más cuando el estudio de impacto ambiental para dicho proyecto elaborado por el Centro Científico Tropical (CCT) ya había advertido al ICE sobre esta posibilidad.

Imagen No. 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: La Nación, modificado por los autores.

Esta investigación se realizó dentro del proyecto 830-B0-055 denominado "Inventariado de deslizamientos en el área central del país" adscrito al Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, con el concurso de personal docente de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en dos procesos:

1) Trabajo de oficina en donde se contemplaron: revisión de información ambiental en archivos de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). En el laboratorio de Fotogeología de la Escuela de Geología se elaboró la fotointerpretación de fotos aéreas del IGN del año 1974 y posteriormente se integró y procesó la información bibliográfica, de fotointerpretación y la obtenida en el campo. En este sentido, se revisó documentación histórica sobre los estudios de impacto ambiental (EsIA) en los archivos de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), con el fin de identificar aspectos relativos a la inestabilidad de laderas en los flancos del embalse Pirrís.

2) Trabajo de campo, en donde se estudiaron las evidencias morfológicas, patrones de fisuras, geología, dimensiones, planos de ruptura, daños a las infraestructuras y entrevistas con vecinos de la localidad.

Antecedentes

En 1998, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) contrata al Centro Científico Tropical (CCT) para que este realice el Estudio de Impacto Ambiental correspondiente al Proyecto Hidroeléctrico Pirrís (PHPi), que es aprobado por SETENA el 10 de agosto de 1999, y se le indica al ICE que a partir de esa fecha empieza la etapa de Gestión Ambiental (GA).

Del análisis ambiental que se hace en el EsIA se resalta que “se puede considerar desde el punto de vista de la relación suelo – agua – sedimento que la cuenca se encuentra con un nivel de alteración severa. Los cultivos extensivos de café sin sombra en zonas de alta pendiente, así como la existencia de deslizamientos y gran cantidad de pastizales son los actuales responsables de la tasa actual de producción de sedimentos en la cuenca. El arrastre total de fondo se ha calculado en 36000 ton/año y el total de sedimento en suspensión 249000 ton / año.” (CCT, 1998, pág. 20). Reconocen, además, la existencia de deslizamientos, algunos de ellos activos, que contribuyen a la tasa de sedimentación calculada (CCT, 1998, pág. 21, Tom. I). Describen un deslizamiento de importancia que, sin embargo no logran ubicar:

“...en la margen izquierda, a unos 200 metros aguas arriba de la presa, se nota una cicatriz de un deslizamiento mayor de aproximadamente 400 metros de ancho que contiene varios deslizamientos menores activos, cuyos materiales están siendo evacuados al río Pirrís por dos quebradas pequeñas que arrastran gran cantidad de sedimento grueso y en suspensión.” (CCT, 1998, pág. 72, Tom. II).

Pronostican que habrá cambios en la morfología del paisaje y posibles deslizamientos masivos en los flancos del embalse, además de la alteración hidrológica del río Pirrís en el tramo entre la represa y la casa de máquinas (CCT, 1998, pág., 36). Agregan que, “...después de iniciadas las operaciones del proyecto, en la franja de oscilación del embalse y en una franja inmediata superior en sus flancos, podrían suceder deslizamientos en los primeros 3 metros de espesor de suelo y roca de un volumen cercano a los 2 millones de metros cúbicos de sedimentos. Estos deslizamientos afectarían infraestructura de caminos, acueductos, viviendas, y tierras de cultivo.” (CCT, 1998, pág., 72, Tom. II).

El CCT en su informe indica que “...las medidas de mitigación para minimizar la erosión masiva de los flancos del embalse no están determinados y se necesitan estudios geológicos y geotécnicos para cuantificar mejor los efectos así como determinar cuáles serían las medidas de mitigación más adecuadas y sus costos” (CCT, 1998, pág. 51, Tom. I). Sugieren que estas medidas podrían ser técnicas de conservación de suelos, obras de manejo de aguas y taludes, como excavaciones, muros, gaviones, mallas, cunetas, alcantarillas, tubos de drenaje, etc., además de expropiaciones e indemnizaciones adicionales. En las conclusiones, el CCT indica que dará seguimiento a los estudios geológicos y geotécnicos para mitigar el impacto de la erosión y los deslizamientos (pág. 63, EsIA, Tom. I).

Debido a esto, SETENA envía oficio UEA-269-98 de fecha 26 de octubre de 1998 al ICE, donde le indica: “...incluir un estudio de estabilización de taludes o referencia del manejo de los mismos, especialmente en el área del embalse...”. La respuesta que el ICE da a SETENA, con la que esta última se da por satisfecha y aprueba el EsIA, es la siguiente:

“...desde hace dos años el ICE viene analizando esta situación en una comisión interna y ha asignado recursos económicos importantes independien-

tes del financiamiento, ya que es de mucho interés. Se tienen identificados claramente los sitios y las medidas a tomar. En la sección 4.1.2 se hace un análisis de los flancos del embalse. En el capítulo V (medidas de mitigación) es importante recalcarlo, porque se le ha asignado un total de \$1.208.500 00,00 dentro del presupuesto ordinario del proyecto. El ICE reconoce la preocupación de la Secretaría, pero garantiza que se han tomado todas las medidas ambientales necesarias, porque es vital para el proyecto, el ambiente y la buena imagen del ICE. Para mayor información referirse al anexo 28 donde se aclara con mayor detalle el presupuesto para estas obras.”

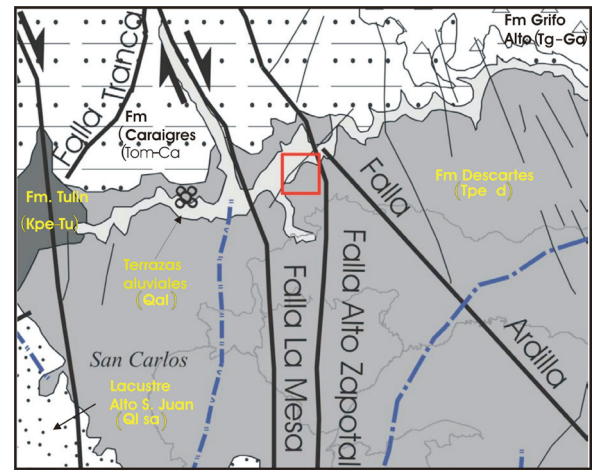
Debido a la anterior respuesta, SETENA aprueba el Estudio de Impacto Ambiental.

En el informe de Regencia Ambiental, de 2010, se observa que en la tabla Acciones y actores responsables de la ejecución del plan de gestión ambiental del proyecto hidroeléctrico Pirrís (PHPi), uno de los impactos negativos es la sedimentación por deslizamientos en las márgenes del embalse. Las medidas de mitigación/compensación para ese impacto son: estudios geológicos – geotécnicos, diseño de obras y monitoreo de ellas, los que se indica estaban en un 80% de ejecución a julio de 2010 (Fonseca, 2010).

Geología

La geología del área de estudio (imagen No. 2) está conformada por intercalaciones centimétricas a decimétricas de areniscas y lutitas de la Fm. Descartes del Paleoceno - Eoceno, así como por Terrazas Aluvionales del Cuaternario (Obando, 2011). En el sitio, existe un deslizamiento antiguo controlado estructuralmente, el cual se mueve a lo largo de los planos de buzamiento del paquete sedimentario del área, con una tendencia hacia el NNW. Obando (2011) también señala la existencia de las fallas Ardilla, Alto Zapotal, Mesa y Zapote, estas últimas transcurrentes.

Imagen No. 2. Geología del área de estudio (recuadro en rojo)



Fuente: Obando (2009).

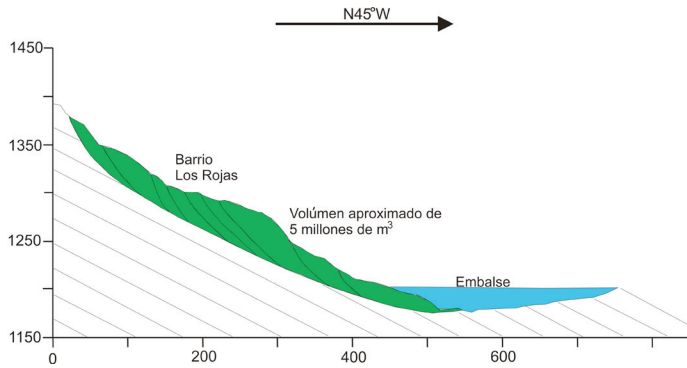
Factores de reactivación y mecanismo de deslizamiento

Se considera que la elevación del nivel del agua por el llenado del embalse del P.H. Pirrís, es el factor que ha reactivado el deslizamiento. El llenado se inició el 9 de marzo de 2011, el reservorio alcanzó un nivel máximo de 1205 m.s.n.m. el día 15 de agosto de 2011. Los primeros agrietamientos fueron reportados el día 3 de agosto de 2011.

Se considera que el deslizamiento se encontraba en un estado precario de estabilidad, incluso antes de iniciar el llenado del reservorio. Con el deslizamiento en esa condición crítica, la reactivación fue disparada por la reducción directa del esfuerzo efectivo en el pie del talud al ascender el nivel del lago artificial, lo cual, al mismo tiempo, conduce a una reducción de la resistencia al corte. Estos cambios en el balance mecánico traen como resultado la reactivación del deslizamiento.

Se estima que la superficie de ruptura de este deslizamiento aflora en el lecho del río (imagen No. 3), lo cual puede conducir a un deslizamiento súbito en el futuro, que bloquearía el río, formando un represamiento irregular. El área del deslizamiento se muestra en la imagen No. 4.

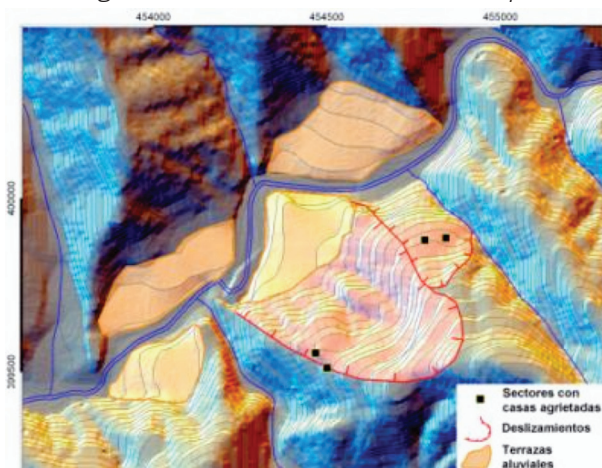
Imagen No. 3: Deslizamiento de Zapotal



Fuente: Mora, Badilla, Peraldo y Salazar (2011)

Se grafica acá el mecanismo de ruptura que se reactivó en la base del deslizamiento. Las líneas inclinadas mostradas en el perfil es la inclinación natural del paquete rocoso existente en el sitio (buzamiento), que se inclina a favor de la pendiente de la ladera, favoreciendo el movimiento del material a lo largo de los planos de buzamiento.

Imagen No. 4. Área de deslizamiento Zapotal



Fuente: Mora, Badilla, Peraldo y Salazar (2011)

Obsérvese otro deslizamiento más pequeño adosado a la corona NE del deslizamiento principal.

Existen otros deslizamientos en los alrededores del embalse, con condiciones geológicas y geotécnicas similares, tal como el mostrado en la imagen No. 4 adosado a la corona NE del deslizamiento Zapotal. por lo cual se recomienda su estudio detallado con el objetivo de determinar su impacto potencial sobre el P.H. Pirrís y las poblaciones vecinas, sobre

todo considerando que el proyecto aún no alcanza su nivel de operación final. Estos sectores deben clasificarse de acuerdo con los siguientes conceptos:

- Sectores donde se deben emprender medidas correctivas
- Sectores donde los residentes deben ser reubicados
- Sectores que deben ser observados por los residentes o monitoreados con instrumentación

Es importante mencionar que el efecto de degradación de la resistencia por inmersión de los materiales geológicos, que componen las laderas del lugar, es un proceso que no se debe pasar por alto y que se prolongará durante el periodo de operación del proyecto. Aunque en el caso de una primera prueba de puesta en operación las laderas resistan, esto no garantiza su seguridad durante la vida útil del embalse.

Alrededor del mundo existen ejemplos concretos de deslizamientos inducidos por el llenado de embalses; en China y Hong Kong, por ejemplo, estos procesos han sido analizados por Dai, et al. (2004), Wang, et al. (2005), y Hui (2006).

Es importante que estos casos ocurridos en otras partes del mundo, así como el caso del deslizamiento Zapotal, acá estudiado, sean tomados en consideración por el ICE para incluir en el estudio de impactos ambientales, de prefactibilidad y factibilidad técnica, así como en el diseño de la obra, los deslizamientos y los macizos rocosos como factores de amenaza para estas obras civiles de gran envergadura.

Conclusiones y recomendaciones

El CCT había reconocido (1998), varios deslizamientos en los flancos del área del futuro embalse, y se había indicado que, por las oscilaciones del embalse, éstos se podrían reactivar.

Se considera que la elevación del nivel del agua por el llenado del embalse del P.H. Pirrís, es el factor que ha reactivado el deslizamiento.

Por las características topográficas del área, así como por las observaciones de campo, se infiere que la superficie de ruptura del deslizamiento Zapotal se extiende hasta el lecho del río Pirrís, lo

cual puede conducir a un deslizamiento súbito en el futuro, que bloquearía el río, formando un represamiento irregular

Existen otros deslizamientos en los alrededores del embalse, con condiciones geológicas y geotécnicas similares, por lo que se recomienda su estudio detallado con el objetivo de determinar su impacto potencial sobre el PHPi y las poblaciones vecinas, sobre todo si se considera que el proyecto aún no alcanza su nivel de operación final.

Esos sectores de laderas inestables deben clasificarse de acuerdo con los siguientes conceptos: a) aquellos donde se deben emprender medidas correctivas, b) las áreas donde los residentes deben ser reubicados, C) sitios que deben ser observados por los residentes o monitoreados con instrumentación.

Es importante mencionar que el efecto de degradación de la resistencia por inmersión de los materiales geológicos que componen las laderas del lugar, es un proceso que no se debe pasar por alto y que se prolongará durante el periodo de operación del proyecto.

Aunque en el caso de una primera prueba de puesta en operación las laderas resistan, esto no garantiza su seguridad durante la vida útil del embalse.

Las laderas inestables deben ser vistas como factores de gran importancia dentro de la viabilidad técnica de una obra civil, que en el caso que nos ocupa serían las represas para proyectos hidroeléctricos, pues estas pueden convertirse en un factor amenazante por excelencia de los embalses y todo el sistema de producción hidroeléctrica alrededor de un embalse.

Referencias bibliográficas

Centro Científico Tropical. (1998). Proyecto Hidroeléctrico Pirrís: evaluación de impacto ambiental. San José, C.R.: CCT.

Dai, F., Deng, J.H., Tham, L.G., Law, K.T. y Lee, C.F. (2004). A large landslide in Zigui County, Tree Gorges Area. *Can. Geotech. J.* (41). 1233–1240 pp.

Fonseca, K. (2010). Informe estado de recepción: regencia ambiental. San José, C.R.: ICE.

Hoi, L. (2006). Reactivation of and old landslides in responses reservoir impoundment and fluctuation. (Tesis doctoral inédita) Hong Kong.

Obando, L. (2011). Estratigrafía y tectónica de la parte noreste de la Hoja Dota (1:50000), Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, (44). 71-82 pp.

Wang, F., Wang, G., Sassa, K., Araiba, K., Takeuchi, A., Zhang, Y., Peng, X. y Jin, W. (2005). Deformation monitoring and exploration on Shuping Landslides induced by impoundment of the Tree Gorges Reservoir, China. *Annals of Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ.* (48).