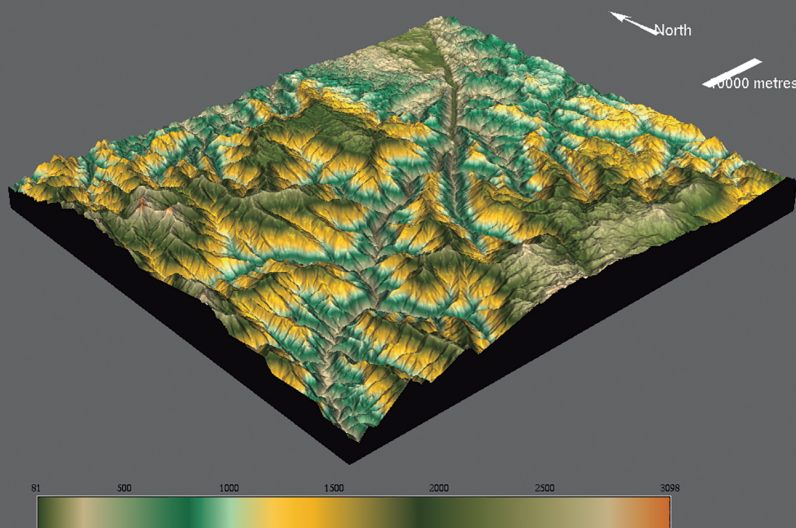


CUADERNOS |  
**ACADÉMICOS**  
colección

| N°13 | Octubre 2018

El proyecto Hidroituango:  
reflexiones desde la Universidad

LUIS ALBERTO ARIAS LÓPEZ



**apun**

ASOCIACIÓN DE PROFESORES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

EL PROYECTO HIDROITUANGO:  
REFLEXIONES DESDE LA UNIVERSIDAD

---



EL PROYECTO HIDROITUANGO:  
REFLEXIONES DESDE LA UNIVERSIDAD

---

Luis Alberto Arias López

Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales (LSCN)  
Escuela de Geociencias  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Medellín

Julio 02 de 2018





## PRESENTACIÓN

---

En días recientes se han conocido pronunciamientos que señalan presuntas irregularidades en el desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico Ituango dejando al descubierto que las obras del megaproyecto han entrado en lo que algunos expertos consideran una nueva etapa. En ella se puede distinguir no sólo una condición de riesgo aumentada, denominada riesgo antropogénico, sino además una más urgente y prioritaria que ha acaparado la mayor atención mediática, se trata de la propia condición de emergencia, situaciones ambas distinguidas por el Profesor Arias López en el texto de esta edición con el ánimo propositivo de alcanzar una mejor comprensión de la problemática relativa al Proyecto.

Los señalamientos, que aún se hallan lejos de alcanzar sus últimas instancias procesales, han detonado polémica porque también han centrado la atención en posibles faltas de otros organismos, distintos del propio consorcio ejecutor de las obras, como la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales o el propio Ministerio del Interior; al quedar en cuestión aspectos de proceder correlativos a dichas entidades, como el licenciamiento ambiental *permisivo* y la *ausencia* de una consulta popular a minorías, hoy afectadas, que debieron tomar curso. Ambos constituyen procesos previos no rutinarios, aunque necesarios al respaldo de la ejecución de cualquier obra de esta magnitud.

Lo anterior ha tenido como una de sus consecuencias el dirigir en simultánea la atención del público hacia varios tópicos, de naturaleza muy diversa, estresando la capacidad de valencia en la comunicación efectiva entre *massmedia*, público y actores involucrados. En la práctica una situación de esta clase puede llegar a operar como una seria limitante comprensiva de la problemática,

o incluso siendo tendenciosos, puede llegar convertirse en un distractor estratégico que permite cambiar recursivamente el foco de atención cada tanto de un lado a otro, hasta desaminar cualquier seguimiento serio a las acciones procesales.

El Profesor Arias López más que erigir una crítica a la forma como se han venido desarrollando las acciones en torno a la atención de la *emergencia*, nos invita como universidad y sociedad civil a participar, polemizar y llevar este seguimiento de manera más cauta, aportando para ello un discernimiento esencial, y que estimo, es el que orienta su texto en un plano conjunto: la situación de emergencia a que arribó el proyecto hidroeléctrico desde finales de abril del presente año detonó la necesidad de evaluar de un modo diferente la situación actual de éste.

En ella el aspecto técnico continúa siendo esencial, de hecho, el autor nos presenta una serie de datos de utilidad, y además como el mismo lo propone, ha de admitirse la importancia de otras aristas hasta ahora de escasa presencia o ausentes, caso la dimensión social, ambiental, e incluso la apuesta económica, que justo toma ahora gran fuerza en términos de elucidar soluciones plausibles a los múltiples problemas asociados a la condición de emergencia unos, y a la de *riesgo*, que será más permanente y antropogénica, otros tantos.

En los inicios del mes de agosto comunica la prensa local que EPM ha estimado vender activos por cerca de cuatro billones de pesos para *superar* los estragos económicos, monto que a *grosso modo* representa cerca de medio punto porcentual del producto agregado de la economía doméstica en años recientes. A finales del mismo mes la Contraloría señala una de las irregularidades en la ejecución del proyecto referida al ahorro de costos: *EPM tomó decisiones sin el sustento técnico suficiente. Es el caso del taponamiento de los túneles de desvío inicialmente diseñados, frente a los cuales no construyó las compuertas que permitieran el control del cauce. Una decisión basada más en criterios económicos por el alto costo de las compuertas.*

Resulta visible la manera como se entremezclan criterios para la formación de juicios de valor, casi de un modo confuso. No obstante,

se interpreta del breve aparte referenciado que la solución tecnológica para el control del cauce del río Cauca por un paso de túnel de evacuación estaba disponible y era bien conocida por los ingenieros, pero la decisión económica, se supone en manos de la junta directiva del organismo, no coincidió por razones de juicio en torno a la tasa de rentabilidad esperada del proyecto, con la solución conocida por los técnicos.

Este es un problema frecuente en la arena económica, que siempre marcha de un modo indisociable con el menú de soluciones ofrecidas a los desafíos técnico-operativos, y que, en la forma de organización para el trabajo prevaleciente en el medio local, por lo regular, presenta responsables de las decisiones en cada campo bien definidos. Con frecuencia y como es debido, la responsabilidad de los técnicos se agota llegado el momento de presentar aquel menú de soluciones. No es este cuerpo el llamado a tomar las decisiones de cuanto de más o de menos invertir en las obras. Podría cualquiera preguntarse qué porcentaje alcanza de los \$4 billones ese costo evitado de invertir en las compuertas (dato desconocido), es decir, intentar hacerse con una ligera idea de cuánto capital pudo haberse asegurado con una inversión que se supone debía ser comparativamente más pequeña. Y esta es la clase de discusión que debió enfrentar en su momento, con rigor en las cifras y proyecciones, la junta directiva, pero de no haber sido el caso, y esto se desconoce hoy, es indudable que el proceso de decisión económica adoleció de algún fallo.

De resultas que es meritorio, por ser menos ingenuo *a priori*, desconfiar más de los incentivos perversos que puede llegar a incluir la contratación, o de los excesivos arrebatos del riesgo que quieren corren a veces los inversionistas en sus apuestas, que del propio ingenio humano disponible para proponer un menú razonable de soluciones a desafíos técnicos en cualquier instante del tiempo. No se quiere decir con esto que las soluciones técnicas estén blindadas ante el fallo porque seamos todos, en *moda* estadística, hombres significativamente ingeniosos y voluntariosos en nuestros propósitos.

Se invita al lector al dejar el tiempo y la atención suficientes para adentrarse en la propuesta disertada del autor que cubre en esta

ocasión el mensaje de los cuadernos académicos a cargo de la Asociación de Profesores de la Universidad Nacional de Colombia (APUN).

**Edison de Jesús Vásquez Sánchez**

Administrador de Empresas.

MsC. en Economía de la U. de A.

Candidato a Doctor en Ciencias Económicas en la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Profesor Asociado al Dpto. de Economía de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas.

Miembro de la Junta Directiva de APUN.

[evasquez@unal.edu.co](mailto:evasquez@unal.edu.co).

# 1

## INTRODUCCIÓN

---

El proceso de construcción del Proyecto Hidroeléctrico Hidroituango (PHI), crea hacia finales del mes de abril y durante mayo y junio del 2018, una condición de riesgo y una condición de emergencia muy delicada. Involucra potencialmente una población muy numerosa y sus efectos negativos podrían extenderse hacia zonas muy distantes de lo que previamente se consideraba como la zona de influencia del proyecto.

Con la disminución de las lluvias al entrar el verano en la cuenca del río Cauca, disminuir el nivel de las aguas embalsadas, terminar las obras del vertedero y llevar la corona de la presa a niveles por encima del vertedero, se expresan valoraciones muy diversas sobre el estado y nivel de riesgo y su evolución a futuro.

Se percibe en algunas declaraciones la idea de manejo del riesgo como introducción de correctivos y realizar ajustes para terminar la obra. Es como si la situación de riesgo creada pudiera resolverse exclusivamente con medidas técnicas.

Se presenta una nueva situación, a saber: un proyecto infraestructural inscrito en una condición de riesgo. Por lo tanto, se ponen a la orden del día aspectos sociales, técnicos y ambientales que posiblemente habían estado supeditados a prioridades de otro orden, de carácter económico y financiero o de plazos y cumplimientos de fechas de entrada en operación del proyecto.

En este contexto de riesgo inducido, por el cual transita el PHI, se deben redefinir los énfasis y las prioridades. Resulta temerario persistir en la afirmación respecto al cumplimiento de plazos, en plazos, fechas y asignaciones de cuota en la bolsa de energía.

Por lo tanto, en el nuevo escenario para el PHI es necesario reevaluar los aspectos sociales, ambientales y técnicos con los cuales se ha venido construyendo el proyecto. Las discusiones que genera actualmente el PHI podrían evolucionar en el inmediato futuro a una disyunción excluyente entre los aspectos técnicos de una parte y los aspectos sociales y ambientales de la otra.

Es en este aspecto donde la universidad tiene una fortaleza, porque cuenta con el personal idóneo para trabajar las diferentes dimensiones que pueden generar conflictos, pero que están intrínsecamente unidas.

Separar las diferentes dimensiones del proyecto, (ambiental, social, técnico y económico-financiero), sería un error grave, dado que la condición del riesgo del PHI ha visibilizado dimensiones o realidades complementarias que ciertos referentes de pensamiento en boga persisten en mantener separados e inconexos.

## 2

### EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL RIESGO

---

El PHI, al igual que proyectos como el puente nuevo en Chirajara y algunos edificios en varias ciudades de Colombia, configuran una condición de riesgo durante la fase de construcción.

Este es un hecho diferente frente a otros proyectos, desafortunadamente numerosos, cuyos riesgos y consecuencias negativas se manifiestan con claridad durante la fase de operación. Esta situación es más común de lo que parece y ocurre en muchos proyectos infraestructurales, especialmente en proyectos de vías. Los corredores viales de algunos proyectos devienen, en la fase de operación, en corredores ampliados de inestabilidad generalizada de las vertientes.

La génesis y el cuadro de factores causales que conducen a una condición de riesgo en los proyectos de infraestructura son aspectos importantes a investigar desde diferentes puntos de vista, incluida la perspectiva desde el campo de la educación superior.

La configuración de una condición de riesgo acompañada de una situación de emergencia, durante la fase de construcción de un proyecto, plantean no solo la importancia sino también la prioridad en evaluar el cuadro de factores causales y su combinación dinámica como situación de riesgo. Desconocerlo puede inducir a una consideración de negligencia, especialmente si las consecuencias implican pérdida de vidas humanas, perjuicios irreparables a ciertos sectores de la población, costos ambientales irreversibles o costos económicos elevados.

La evaluación de la condición de riesgo, dada la complejidad de la relación entre los factores que la generan y la diversidad de efec-



tos y consecuencias que produce, exige un trabajo transdisciplinario que permita combinar diferentes realidades, perspectivas y significados, para lo cual la universidad cuenta con una condición potencialmente favorable para abordarla. ¿Podría la institución universitaria avanzar desde la condición de potencialidad a otra de realización práctica? Es un interrogante pertinente si la universidad plantea una reflexión crítica, valorativa y propositiva sobre el manejo de las obras de infraestructura que se vienen desarrollando en el país.

La evaluación de la condición de riesgo implica aspectos muy diversos a saber:

- Las temporalidades de la condición de riesgo. La condición de riesgo en el PHI se induce antrópicamente. Es necesario evaluar rigurosamente si lo así inducido se puede corregir con medidas técnicas adecuadas. Es igualmente factible que la condición inducida de esta forma se pueda mitigar o corregir parcialmente. Igualmente, la condición de riesgo creada puede persistir en el tiempo. En resumen, es necesario contar con información sólida que permita discernir si la condición de riesgo es un hecho temporal o permanente, si su configuración es mitigable o no.
- La magnitud del riesgo.
- El corredor o zona de influencia y los niveles de riesgo.

La temporalidad, magnitud y extensión del riesgo originado desde el PHI son aspectos importantes en los estudios de evaluación de riesgos naturales o de riesgos inducidos antrópicamente. Al respecto, en el país existe una experiencia en la realización de estos estudios, una experiencia signada por muchos aciertos, pero igualmente por numerosos fracasos, lo cual se concreta en el número elevado de pérdida de vidas humanas y de costos elevados y de naturaleza muy diversa.

La condición de riesgo creada con el PHI, dada la magnitud del proyecto, plantea otras consideraciones importantes:

- ¿Quién evalúa la condición de riesgo?
- ¿Cuáles son los referentes de dicha evaluación?

Sería pertinente que la evaluación de las condiciones de riesgo la lleven a cabo las mismas instituciones que con sus decisiones crean dicha condición y una situación de emergencia. Estos interrogantes cobran importancia porque la condición de riesgo llevó al proyecto a una situación que trasciende el carácter de obra estructural, para convertirse en un asunto social grave de interés nacional.

Por lo tanto, ¿es razonable y ético que las instituciones propietarias del proyecto lideren la evaluación de la condición de riesgo?

Frente a estos interrogantes que requieren de reflexión profunda, es importante preguntarse sobre el papel que pueda entrar a jugar la Universidad Nacional de Colombia en la búsqueda de una solución al estado actual de cosas.



# 3

## LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO

---

Evaluar presupone contar con información sólida y verificable o con testimonios de diferente naturaleza que brinden soporte confiable. El PHI en sus estudios previos y durante la fase de construcción permite obtener y sistematizar información muy diversa. Los hechos ocurridos durante la fase de construcción permiten evaluar la correspondencia entre las decisiones de la dirección del proyecto y las condiciones del terreno donde se implementan.

La tendencia actual en el manejo de los proyectos de infraestructura, o de explotación de recursos del subsuelo se orienta cada vez más a considerar todos los tipos de información como información confidencial. Por lo tanto, la información técnica, ambiental y social se maneja con criterios similares a los de la información económica, financiera y jurídica.

Nada de esto es gratuito. En los primeros comunicados de EPM cuando se inicia la situación de emergencia, la referencia más inmediata es respecto a los juicios que se pueden emitir por parte de quienes tienen acceso a la información: *“Es indispensable ser responsable con la información que se comparta con amigos y familiares. La recomendación es solo divulgar contenidos que procedan de fuentes oficiales para no causar confusión”* (recomendación No. 6. Avance informativo N.º 11. del 7 de mayo de 2018).

Si toda información es confidencial y quien la posee y controla es la empresa que dirige el proyecto, en este caso EPM, entonces cualquier otra voz, otra interpretación diferente a la “fuente oficial” genera confusión, pero posteriormente se dirá en otro comunicado que genera pánico.

Este control al acceso público de la información que realizan instituciones estatales públicas sigue siendo una expresión anacrónica de la estructura organizativa de nuestras instituciones.

En este sentido evidentemente se tienen limitaciones respecto a temas importantes del proyecto relacionados con la información. Algunos aspectos de ello son:

- Las características y alcances de la información reunida por el proyecto, que sustentan la decisión de realizar la construcción. Podría quedar la incertidumbre de si la información obtenida era la necesaria y suficiente para sustentar dicha decisión. Igualmente podría ocurrir que varias de las actividades en el sitio de presa no contaran con el soporte de información suficiente para llevarlas a cabo.
- Compatibilidad o divergencia entre la información recopilada antes de iniciar la construcción y la información obtenida durante la fase de construcción. Al respecto es necesario resaltar que un manejo riguroso de los proyectos hace de la etapa de construcción una oportunidad excelente para recopilar y sistematizar información.
- Aprovechamiento óptimo de toda la información levantada por el proyecto antes de iniciar la construcción. Puede ocurrir que información acumulada por el proyecto de las fases anteriores no haya sido incorporada efectivamente en las decisiones de construcción.

Durante la fase de factibilidad se identificaron y localizaron zonas potencialmente inestables, por las cuales cruza la carretera que conduce a la margen derecha de la presa y hacia el municipio de Ituango, zona localizada en la margen derecha y en la cuenca baja del río San Andrés. Podría tratarse de apreciaciones antagónicas respecto a situaciones técnicas muy específicas, lo cual podría demostrarse fácilmente si existe la información técnica que la sustente. Pero también puede ocurrir que a la información acumulada previamente no se le dio la importancia adecuada.

Igualmente, los hechos creados durante la fase de construcción, especialmente aquellos que se manifiestan y configuran una situación de emergencia, constituyen fuente de información sólida para establecer algunas conclusiones.



# 4

## DISCUSIÓN SOBRE ALGUNOS ASPECTOS TÉCNICOS

---

Desconocemos el manejo dado, durante la fase de estudios para la construcción del proyecto, de los resultados de la fase de factibilidad relacionados con la dinámica natural y con las implicaciones geotécnicas de encontrarnos en contextos de rocas de muy baja calidad y con vertientes en condiciones favorables a la inestabilidad. La actividad tectónica y sísmica en el cañón del río Cauca a finales de los años 70 indicaba la presencia de fallas geológicas activas, localizadas con cierta cercanía a las obras del proyecto. Los estudios señalaban la existencia de deslizamientos mayores (megadeslizamientos) que involucran volúmenes de material inestable del orden de millones de metros cúbicos.

Uno de estos megadeslizamientos, “el deslizamiento del Guásimo” involucra un volumen de material del orden de los **10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>**, el cual, ha generado el represamiento del río Cauca en tres oportunidades. Represamiento de un tamaño similar e incluso mayor al que se construirá con el PHI. **Ver figuras 1 y 2.**

En el estudio de factibilidad se señalaba también la intensa fracturación de las rocas, la baja calidad de los macizos rocosos y la inestabilidad y fragilidad de las vertientes en el sitio de presa.

Otros aspectos técnicos preocupantes se relacionan con la valoración que el PHI hace de los macizos rocosos y de las vertientes en el sitio de presa, no solo por las actividades realizadas, sino ante todo por la ausencia de medidas de reforzamiento de segmentos de vertientes en zonas estratégicas del sitio de presa, las cuales aún hoy persisten en su condición natural. Uno de estos segmentos se localiza por encima del portal de entrada del túnel de desviación y los deslizamientos que allí se produjeron indujeron la obstrucción a la entrada de las aguas.





**Figura N.º 1: Vista de conjunto del deslizamiento Guásimo en el cañón del río Cauca.** En primer plano el material inestable del deslizamiento que reposa en la vertiente de la margen izquierda del río. En el plano intermedio las geoformas de acumulación del deslizamiento en la margen derecha del río Cauca. Al fondo, las vertientes de la margen derecha del cañón.



**Figura N.º 2: Deslizamiento del Guásimo.** Superficies de acumulación bien conservadas formando gargantas y cañones estrechos y profundos.

Los temas específicos que se discuten a continuación no se presentan según un orden de importancia, se trata de una enumeración simple. Igualmente, no pretenden acotar o ser exhaustivos, simplemente corresponden a los temas más importantes vistos desde la perspectiva de la ingeniería geológica y la ingeniería geomorfológica. Los temas a tratar son los siguientes:

- La calidad del macizo rocoso en el corredor del túnel de desviación N.º 3. Túnel activo inmediatamente antes de la situación de emergencia.

- El proceso de descompresión en los segmentos de vertiente en el sitio de presa.
- El megadeslizamiento “Playa Negra” en la vertiente de la margen derecha en la cuenca baja del río San Andrés.
- El comportamiento tectónico y sísmico reciente en el cañón del río Cauca.
- Los megadeslizamientos en el cañón del río Cauca.
- La estructura de la presa.

#### **4.1 Calidad del macizo rocoso en el corredor del túnel de desviación.**

En la construcción de túneles hay un referente central: para cada avance en la excavación, es la calidad de la roca encontrada la que condiciona el tipo de acciones a desarrollar. Una roca de calidad excelente o buena permite decidir que el túnel se auto-soporta y por lo tanto no se requieren medidas adicionales. Por el contrario, cuando la roca es de calidad muy baja, por diferentes razones, se pueden requerir medidas complementarias, tales como, inyecciones de concreto, pernado de roca y en condiciones más críticas la instalación de arcos metálicos.

La calidad de la roca, a medida que avanza la excavación, define el cuadro de las recomendaciones técnicas a implementar a lo largo del túnel. Lo normal en estas situaciones es la naturaleza cambiante de la calidad de la roca, por lo tanto, las acciones de carácter geotécnico a implementar difícilmente se pueden predeterminar y estandarizar.

La decisión de realizar una excavación, sin medidas geotécnicas complementarias que refuercen y mejoren la resistencia del macizo rocoso donde se localiza el túnel, son factibles donde los macizos presentan calidad excelente. Condicionar el tipo de medidas a implementar de acuerdo con la función que cumplirá el túnel no es argumento técnico sólido. La excavación de un túnel por donde va a fluir agua sin presión no exime de un conjunto de medidas geotécnicas que dependen de la calidad del material que se encuentra durante la excavación. Obviamente las medidas son más exigentes para el caso de túneles por donde fluye agua a presión.

En cualquier excavación subterránea, la idea de “auto-soporte” o “no auto- soporte” orienta las decisiones a tomar para garantizar que no se generen procesos de caída y desplomes del material del techo y la formación de chimeneas.

En cualquier túnel que se excave existen siempre, al menos, dos tramos críticos, el tramo de entrada y el tramo de salida. En ellos, a diferencia de los tramos más internos, la roca presenta descompresión y en consecuencia son tramos que exigen obras complementarias para mejorar su estabilidad.

Por lo tanto, la formación de una chimenea en el tramo de entrada del túnel de desviación en el PHI es un hecho, es decir, un testimonio sólido y es a la vez información que permite realizar algunas inferencias.

Si el flujo de agua a presión por el túnel de desviación es la causa principal de la formación de una chimenea en el tramo de entrada del túnel de desviación en operación en ese momento, entonces quedan dos explicaciones factibles:

- Si el túnel tenía obras complementarias en este tramo crítico, entonces dichas obras son claramente insuficientes.
- Si el túnel no tenía obras complementarias, entonces la calidad de la roca es baja y ameritaba obras geotécnicas complementarias para mejorar su estabilidad.

En el contexto de interpretaciones y opiniones, que se expresan en los diferentes medios de comunicación, se argumenta con algo que no es aceptable desde el punto de vista de la ingeniería geológica. Por el túnel comienza a fluir agua a presión y rápidamente se forma la chimenea; sin embargo, la obra estaba diseñada para conducir las aguas de desviación del río que fluyen sin presión.

Que fluya agua a presión por el túnel de desviación es un hecho asociado a una situación de emergencia que se origina en decisiones que toma la dirección del proyecto. Si en el túnel de desviación, la calidad de la roca es deficiente, es decir, el material es débil, las obras necesarias para mejorar la resistencia del túnel eran nece-

sarias e indispensables, independientemente de que por allí fuera a fluir agua sin presión. Cualquier excavación subterránea en la margen derecha del sitio de presa, especialmente si la calidad no es óptima, tiene repercusiones y consecuencias sobre la estabilidad del macizo rocoso. Por ello se requieren medidas complementarias de reforzamiento para evitar que la perturbación asociada a la excavación transfiera efectos al macizo rocoso y a la estabilidad de la vertiente.

La formación de una chimenea a partir del techo del túnel que consigue interceptar la superficie del terreno es un testimonio de la fragilidad de la franja más externa del macizo rocoso en la zona del sitio de presa. Uno de los aspectos fundamentales a considerar, en la evaluación de la condición de riesgo del proyecto, es conocer si estos procesos de desplome de materiales y “sobre-excavación”, en el techo del túnel, se restringen al tramo de entrada o si se presentan en otros tramos intermedios. La evaluación visual y cuantitativa de los posibles efectos producidos por el flujo de agua a presión por este túnel es una actividad que requiere previamente el drenado del agua represada.

El sellado de este túnel sin evaluar los efectos mencionados no es una alternativa muy sólida, porque persistirá la incertidumbre acerca del estado de la excavación y sus efectos sobre la estabilidad del macizo de la margen derecha en el sitio de presa.

#### **4.2 El grado de descompresión de las vertientes y sus cambios con la profundidad.**

La fragilidad e inestabilidad de los materiales geológicos de la parte más externa del macizo rocoso en la zona del PHI es un hecho conocido desde tiempo atrás, desde los estudios de las fases de reconocimiento y factibilidad del proyecto.

Fragilidad e inestabilidad tienen que ver con dos aspectos diferentes y complementarios. De una parte, una historia geológica pasada signada por el apilamiento de materiales alóctonos que se adosan al borde continental Cretáceo, e involucran una historia de esfuerzos

tectónicos, que se manifiestan en las rocas por deformaciones intensas, que generan rocas cizalladas e intensamente fracturadas. De otra parte y en un contexto de historia geológica más reciente, el cañón del río Cauca, entre las poblaciones de Liborina y Puerto Valdivia - El Doce, se encuentra inscrito en un régimen de levantamiento tectónico y cierre del cañón que induce una respuesta de incisión fluvial vigorosa de toda la red de drenaje, especialmente del río Cauca. Esta dinámica fluvial que se configura desde finales del Mioceno con la acreción del Bloque Chocó al Noroeste colombiano (Duque-Caro, 1990), se consolida en el Plioceno y continúa vigente durante todo el Cuaternario.

Este régimen de incisión fluvial vigoroso y persistente en los últimos 5-6 m.a. ha modelado un cañón con sección transversal en forma de "V", estrecho y profundo. Esta configuración mórfica ha sido el soporte o fundamento para identificar allí varias opciones de desarrollo hidroeléctrico.

Pero estas ventajas que permiten visualizar aprovechamientos del medio natural vienen acompañadas de otros aspectos que generan limitaciones y restricciones importantes, las cuales se abordan en este numeral y en el punto referente a la sismicidad y actividad tectónica.

La génesis del cañón del río Cauca entre Liborina y Puerto Valdivia, en Antioquia, inscrita en un marco de incisión fluvial vigorosa y persistente de la red de drenaje, tiene una serie de consecuencias sobre la estructura y dinámica de las vertientes y de la red de drenaje.

El perfil longitudinal del río Cauca presenta varios quiebres de gradiente pronunciados a lo largo de su recorrido, desde su nacimiento en el departamento del Cauca, hasta su desembocadura al río Magdalena en el departamento de Bolívar. Esto genera varios tramos con inclinación contrastante. El tramo del perfil longitudinal con mayor inclinación se presenta entre Liborina y Puerto Valdivia.

Esta situación se transfiere a toda la red de drenaje tributaria y al sistema de vertientes en este tramo. De este modo, por ejemplo, los

estadísticos de gradiente de la red de drenaje tributaria presentan valores más altos en este tramo respecto a otros tramos aguas arriba y aguas abajo. **Ver figuras N.º 3 a 5.**

Los patrones espaciales que presentan las gradientes de la red de drenaje tributaria del río Cauca en sus diferentes tramos se corresponden con los patrones espaciales de la inclinación de las vertientes.

Debido a los contrastes temporales pronunciados en que se inscriben el desarrollo de los perfiles longitudinales de las corrientes de agua y el modelado de las vertientes, e incluso la temporalidad aún más breve del registro instrumental sísmico, es importante resaltar la similitud significativa de los patrones espaciales de estas tres componentes del relieve. **Ver figuras N.º 3 a 6.**

Esta similitud de patrones en la distribución espacial de las gradientes de la red de drenaje, la inclinación de las vertientes y de los epicentros de la sismicidad, brindan soporte para afirmar:

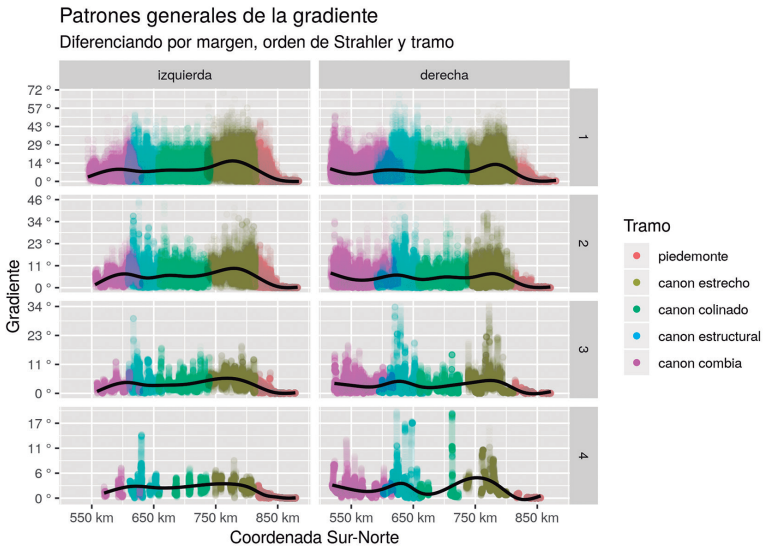
- La actividad de levantamiento tectónico más vigorosa y de cierre pronunciado a lo largo del cañón del río Cauca ocurre en el tramo comprendido entre Liborina y Puerto Valdivia en Antioquia. La zona de levantamiento más intensa y cierre más pronunciado ocurre entre las cuencas de los ríos Ituango y Peque en la margen izquierda del cañón y la cuenca del río San Andrés en la margen derecha.
- Esta actividad endógena induce procesos exógenos de incisión fluvial vigorosa que generan una descompresión marcada en el macizo rocoso, especialmente en las partes más externas.
- El contexto de actividad tectónica vigorosa, cierre pronunciado del cañón e incisión fluvial acompañada de descompresión del macizo rocoso ha dado origen a la formación de megadeslizamientos, uno de los cuales, ha generado procesos de represamiento natural del río Cauca durante tres ocasiones en una temporalidad, ya no geológica sino histórica (en los últimos 6000 años).

Es en este contexto geológico y geomorfológico donde cobra importancia un estudio sistemático del grado de descompresión de las vertientes, teniendo en cuenta la cantidad, extensión y magnitud de las excavaciones superficiales que involucra el PHI. Se desconoce si se realizaron evaluaciones cuantitativas para la relación entre grado de descompresión y profundidad del macizo rocoso en el sitio de presa. Para el caso específico del sitio de presa del PHI es importante conocer las profundidades de la descompresión inscritas en las escalas de las decenas de centímetros, de las unidades de centímetros y de las unidades de milímetros. Igualmente, a qué profundidad, se encuentran cerradas las diferentes discontinuidades de las rocas.

Si el estudio sistemático del proceso de descompresión de las vertientes se realizó o no durante los estudios que preceden a la construcción, es importante conocerlo. Sin embargo, en el caso de que dichos estudios existan, entonces es importante saber cuales fueron sus resultados, porque las intervenciones en el sitio de presa muestran un mosaico irregular de segmentos de vertiente intervenidas intensa y profundamente al lado de segmentos donde las vertientes conservan su vegetación natural.

Esta configuración de la intervención con excavaciones solo sería comprensible, si y solo sí, el grado de descompresión del macizo rocoso estuviese fuertemente condicionado por los diferentes tipos de segmentos de vertiente. Esta situación para el cañón del Cauca, en el sitio de presa, es altamente improbable.

Por lo tanto, si el sitio de presa es una zona de alteración intensa de las vertientes, es importante conocer las razones por las cuales, a escala más local, se presenta este mosaico de segmentos intervenidos y segmentos sin intervención. De uno de estos últimos se produjeron deslizamientos sucesivos que obstruyeron el portal de entrada del túnel de desviación.

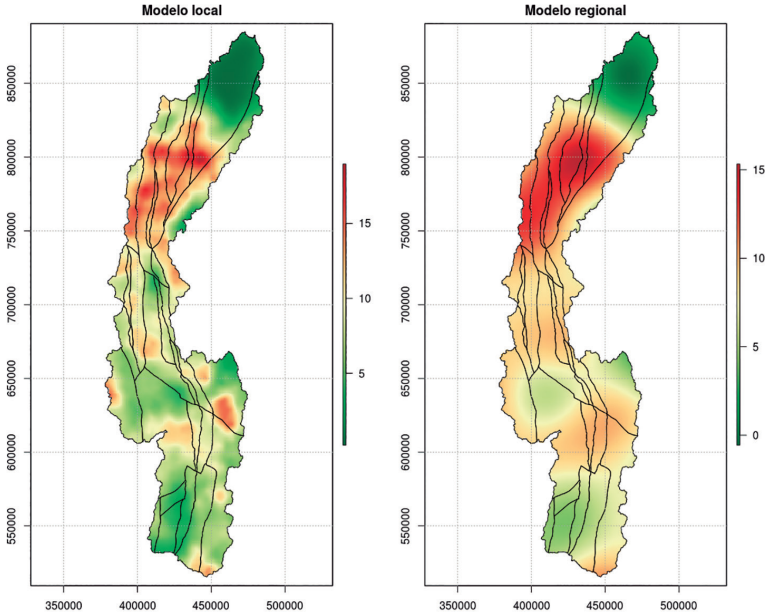


Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales  
Escuela de Geociencias - Facultad de Ciencias  
Sede Medellín



**Figura N.º 3: Patrones generales de la gradiente de las corrientes de agua en el cañón del río Cauca.** Diferenciados por jerarquía de corriente (orden strahler), por tramo del cañón y por margen. El sitio de presa del PHI se localiza cerca a la coordenada S-N 790.000.

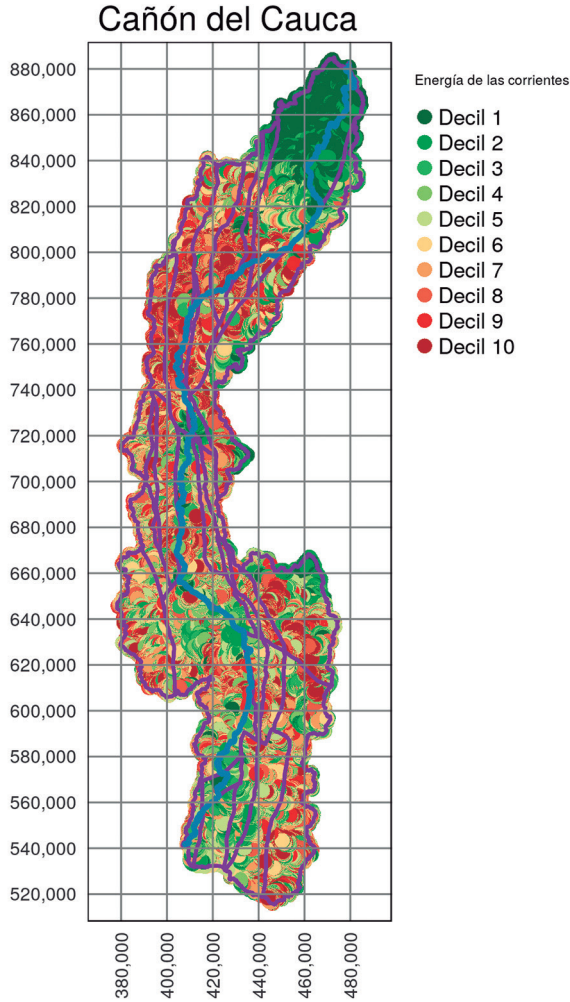




Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales  
Escuela de Geociencias - Facultad de Ciencias  
Sede Medellín



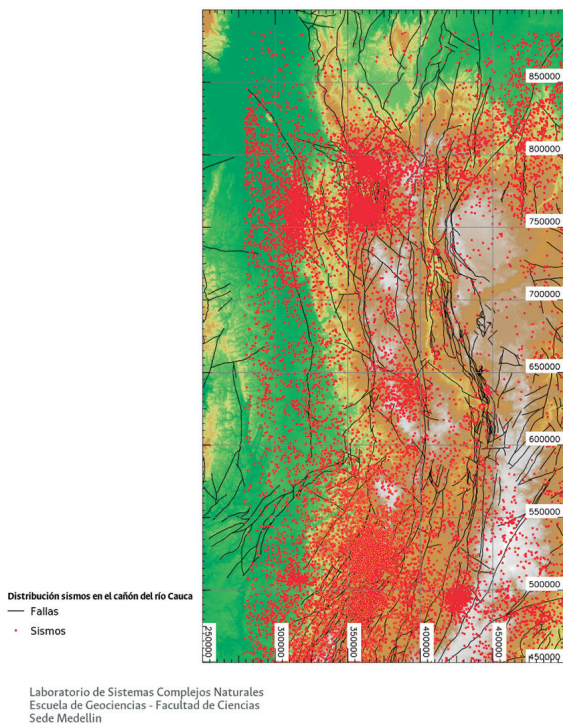
**Figura N.º 4: Modelo regional y local de la gradiente de los segmentos strahler 1 de la red de drenaje en el cañón del río Cauca entre el río La Vieja (Risaralda) y la población de Caucasia (Antioquia). El sitio de presa del PHI se localiza en las coordenadas (428.000, 790.000) que corresponde al sector donde las gradientes de los segmentos de corriente presentan las inclinaciones mayores.**



Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales  
Escuela de Geociencias - Facultad de Ciencias  
Sede Medellín



**Figura N.º 5: Cartografía de la inclinación normalizada (Ksn o “steepness”) de la red de drenaje en el cañón del río Cauca entre La Virginia (Risaralda) y Caucasia (Antioquia).**



**Figura N.º 6: Distribución espacial de la sismicidad instrumental entre 1993-2018 en la cuenca del río Cauca y áreas adyacentes.**

### **4.3 El megadeslizamiento “Playa Negra” en la vertiente de la margen derecha en la cuenca baja del río San Andrés.**

Durante la fase de factibilidad del PHI se identificaron varios megadeslizamientos, que involucran un volumen de material superior a los  $106 \text{ m}^3$ . Uno de ellos se localiza en la margen derecha de la cuenca baja del río San Andrés, relativamente cerca de su desembocadura al río Cauca.

El megadeslizamiento “Playa Negra” es un movimiento en masa ya configurado donde un volumen significativo del material inestable permanece en la vertiente. **Ver figura N.º 7.**

Durante la construcción del proyecto, se diseña y construye una vía que va desde el Valle de Toledo, cruza el río San Andrés y se dirige a la margen derecha del sitio de presa. Esta vía a su vez es la alternativa de comunicación vial de la población de Ituango con Medellín, dado que el embalse generado interrumpe la vía por donde se realizaba la comunicación.

Esta vía cruza por la zona del mega-deslizamiento, igualmente, el campamento principal del PHI se localiza en la margen opuesta (izquierda), frente al deslizamiento.

Estos hechos plantean un interrogante: ¿Cuál es la relación entre las decisiones de los diseños de construcción del proyecto y la información y resultados pre-existentes? Frente a este hecho surgen tres opciones de explicación, a saber:

- Los estudios de factibilidad se equivocan y no existe el megadeslizamiento mencionado porque los profesionales que realizaron los estudios de construcción de la obra llegan a dicha conclusión. En este caso es importante revisar y evaluar dichos resultados.
- En la fase de diseño se realizan estudios de mayor alcance y detalle en el sitio mencionado y se llega a la conclusión sobre una improbabilidad de reactivación del deslizamiento. Como en el caso anterior, se impone una revisión de los resultados de la investigación si así ocurrió.
- Durante la fase de diseño, el tema de los megadeslizamientos no recibe mayor importancia y el megadeslizamiento en una zona cercana y dentro de la zona de influencia del embalse permanece invisible para los diseñadores de la obra.

Al respecto y en un sentido más general, este hecho específico plantea la necesidad de evaluar la correspondencia o ausencia de ella entre la información pre-existente disponible, la información necesaria y suficiente que sirviera de soporte a los diseños y que no existía y los diseños de obra realizados. El caso del megadeslizamiento “Playa Negra” pone de manifiesto que estas correspondencias son objeto de controversia.

Por lo tanto, para la localización de la vía a la margen derecha de la presa y como alternativa de comunicación vial entre Ituango y Medellín y en la ubicación del campamento principal del PHI se tuvo en cuenta o no la existencia del megadeslizamiento. Es un interrogante que nos ubica en contexto respecto a la relación compleja entre información disponible, información requerida y diseño del proyecto.



Figura N.º7: Mega deslizamiento en la margen derecha del río San Andrés cerca al sitio de desembocadura l río Cauca.

#### 4.4 El comportamiento tectónico y sísmico reciente en el cañón del río Cauca.

En el numeral 4.2 se presenta de manera muy sucinta el contexto tectónico y morfo-dinámico que brinda soporte al proceso de descompresión generalizada de las partes más externas del macizo rocoso en las vertientes del cañón del río Cauca. Estos temas hacen parte de una investigación en curso que realiza el Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales (LSCN) de la Escuela de Geociencias de la Facultad de Ciencias en los últimos cinco años.

Para el periodo de los años 80' y 90' el campo regional de esfuerzos tectónicos en la esquina noroeste de Suramérica se visualiza y reflexiona en el contexto de la interacción entre tres placas tectónicas mayores: Suramericana, Caribe y Nazca. En la zona de

interacción se configura lo que varios autores denominan el Bloque Septentrional Andino (BSA). Una parte considerable del territorio continental colombiano se localiza dentro de este bloque y los esfuerzos generados por la confluencia de las placas tectónicas antes mencionadas se expresan en el BSA.

Dentro del BSA existe un conjunto de fallas regionales con orientaciones espaciales diferentes y comportamientos dinámicos complejos que constituyen corredores de liberación de energía y por lo tanto corredores de sismicidad.

Hacia los años 90' la identificación del Bloque Chocó por parte de Duque-Caro (1990) brinda la oportunidad de reevaluar los campos de esfuerzos activos en gran parte del territorio andino, especialmente en la parte más septentrional de las cordilleras Central y Occidental, pero que incluso para diferentes autores se expresa igualmente en las deformaciones a lo largo de las fallas del piedemonte llanero que separan a la cordillera Oriental de las tierras bajas de la Orinoquía y Amazonía colombiana.

La interacción del Bloque Chocó con el territorio pre-existente de la cordillera Occidental, el cañón del río Cauca y la cordillera Central, en el departamento de Antioquia, da origen a unos esfuerzos dominantes de dirección NO-SE con consecuencias geomorfológicas significativas, a saber:

- Basculamiento regional hacia el sur de ambas cordilleras con una zona de máximo levantamiento localizada en las cuencas de los ríos Peque, Ituango y San Andrés.
- Formación del tramo de cañón estrecho entre Liborina y Puerto Valdivia-El Doce como consecuencia de un flujo del río Cauca de sur a norte en una dirección opuesta al levantamiento del terreno.

Los esfuerzos dominantes de dirección NO-SE que operan en el sector del norte de Antioquia y en el piedemonte andino frontal de las cordilleras Occidental y Central generan adicionalmente movimientos diferenciales entre bloques tectónicos limitados lateralmente por los sistemas de falla Cauca y Romeral dentro de la

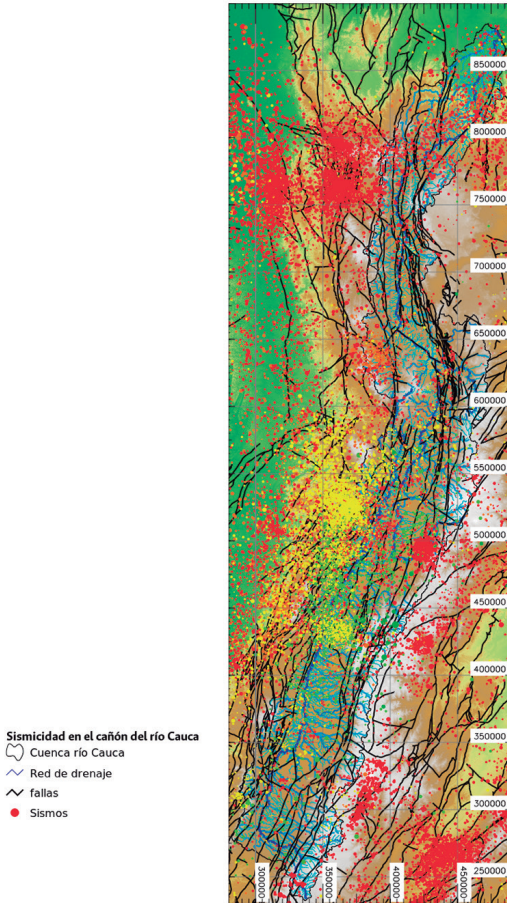
región andina y basculamientos con control estructural marcado en la zona del piedemonte frontal.

Esta dirección de esfuerzo dominante posiblemente explica la distribución espacial de la sismicidad entre el norte y el sur de Antioquia, como se indica en la **figura 8**.

El catálogo sísmico que opera y brinda a disposición el Servicio Geológico Colombiano (SGC) presenta una organización muy eficiente y permanece actualizado. La base de datos tiene dos catálogos de registro. Un catálogo va del 1 de junio de 1993 hasta el 31 de diciembre de 2017; el otro catálogo contiene los sismos a partir del 1 de enero de 2018 en adelante. A pesar del período de registro tan corto (25 años), la distribución espacial de epicentros ofrece información muy útil, que confirma inferencias previas y brinda soporte a nuevas interpretaciones sobre el comportamiento tectónico en la cuenca del cañón del río Cauca y en la zona de influencia del PHI.

La distribución espacial de sismos en Antioquia muestra algunos patrones generales relativamente claros que tienen soporte en la estructura geológica (litología y estructuras) y en la configuración del relieve. Las más importantes son:

- La sismicidad más superficial (profundidad < 30 km.) presenta una distribución muy amplia en todo el territorio del departamento. Es evidente una baja concentración de epicentros de sismos en el territorio que ocupa el batolito Antioqueño. Por el contrario, en las zonas adyacentes a este cuerpo geológico se presenta una alta concentración de sismos en toda su periferia.
- La sismicidad cortical presenta dos franjas de alta concentración, de dirección muy cercana al E-O que van del piedemonte de la cordillera Occidental al valle del río Atrato hasta el piedemonte de la cordillera Central al valle del río Magdalena.
- En ambas franjas predominan los sismos con magnitud entre 1 y 3.



Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales  
Escuela de Geociencias - Facultad de Ciencias  
Sede Medellín

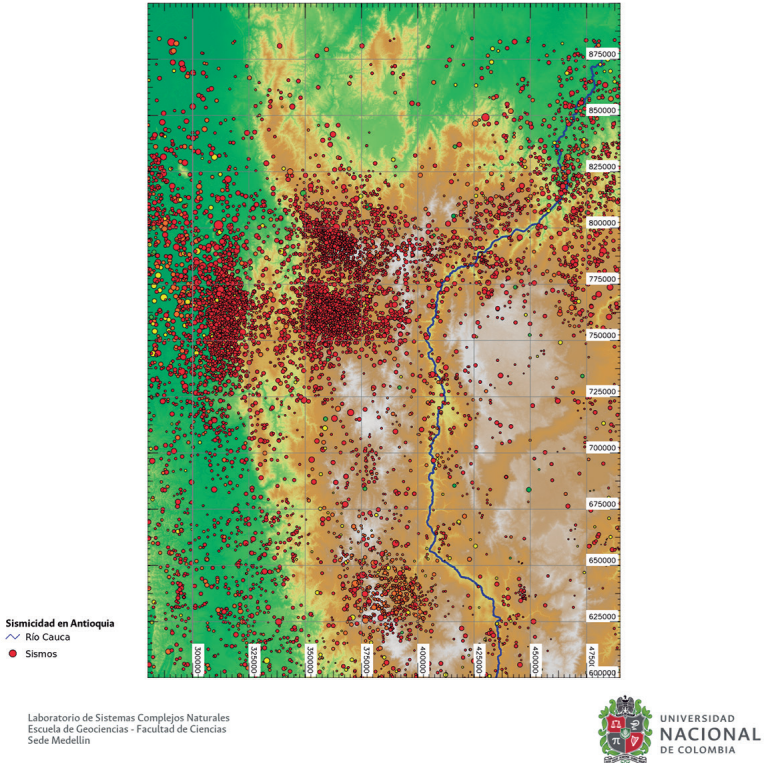


**Figura N.º 8: Distribución espacial de la sismicidad en la cuenca del río Cauca y áreas adyacentes.**



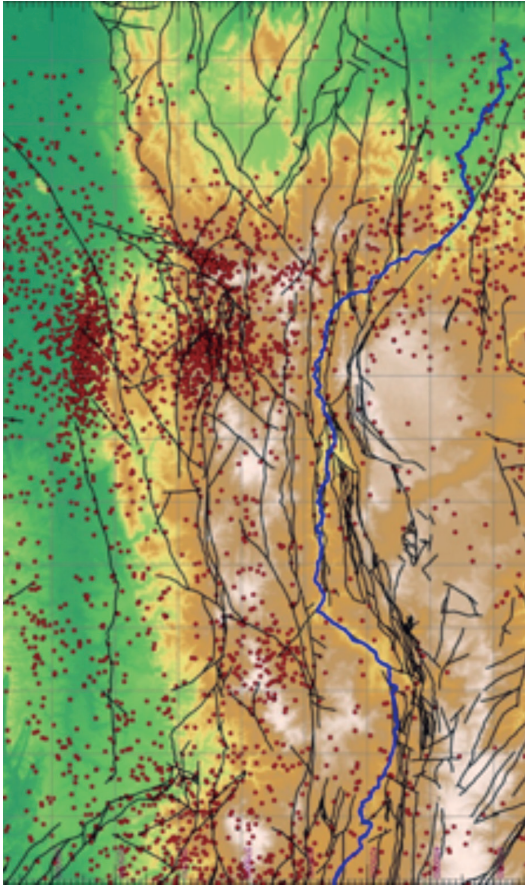
- La distribución espacial de los sismos en relación con la estructura del relieve indica relaciones igualmente importantes.
- En el piedemonte de la cordillera Occidental al valle del río Atrato se presenta una alta concentración de sismicidad superficial en el tramo comprendido entre los ríos Murrí y Sucio con centro en el municipio de Murindó.
- A todo lo largo del corredor de la cordillera Occidental se presenta una densidad alta de sismos superficiales. Sin embargo, en la parte norte del corredor, y especialmente en las cuencas de los ríos Cañasgordas y Sucio. Esta concentración de sismos se distribuye en dos núcleos localizados en la parte norte y la parte sur de la cuenca del río Sucio. La concentración más septentrional se localiza al norte de Dabeiba y noroeste de Peque, mientras la otra concentración de sismos se localiza en jurisdicción del municipio de Frontino. **Ver figura 9.**
- Esta sismicidad superficial se expresa de manera más frecuente en la vertiente occidental de la cordillera Occidental respecto a la vertiente oriental que desciende al cañón del río Cauca.
- La sismicidad localizada en la cuenca del río Sucio se continúa hacia el cañón del río Cauca, especialmente hacia el punto donde el río Cauca intercepta la traza principal del sistema de falla Romeral.
- Este punto de intersección es importante por dos razones. En primer término, al sur de este punto la trayectoria del río es del sur hacia el norte; una vez se cruza la falla, el río cambia su trayectoria de SO a NE y lo hace de modo abrupto. En segundo lugar, la sismicidad de la cuenca del río Sucio se prolonga hacia este punto de intersección y continúa hacia el noreste siguiendo una franja amplia que incluye la nueva dirección del río Cauca y la traza de la falla Espíritu Santo. **Ver figura 10.**

Por lo tanto, el sitio de presa de Hidroituango se localiza dentro del corredor de influencia de los esfuerzos de carácter regional NO-SE que crea la interacción del bloque Chocó sobre las cordilleras Occidental y Central y que corresponde a la sismicidad en la zona norte del departamento de Antioquia.



**Figura N.º 9: Sismicidad en jurisdicción de Antioquia con énfasis en el cañón del río Cauca.** El mapa indica el contraste entre zonas de concentración de sismos y las zonas con sismicidad dispersa.

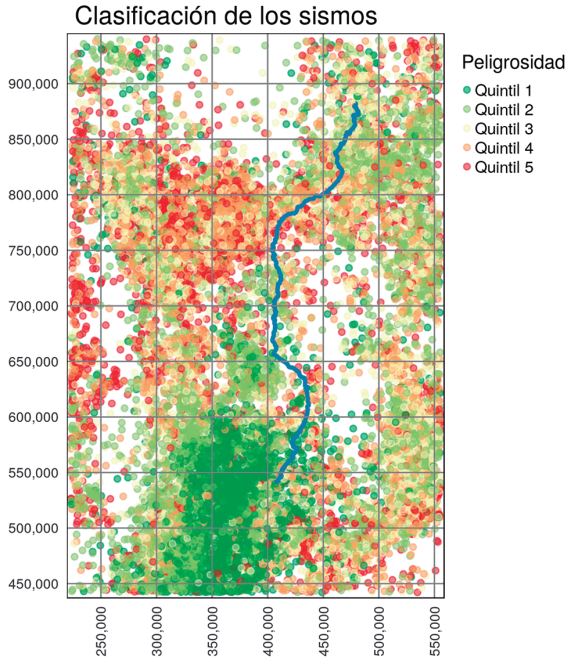
Se puede visualizar una distribución espacial de epicentros de sismos asociados con la falla Espíritu Santo entre Puerto Valdivia y un sector cercano a la población de Nechí. Esta relación se asocia con una mayor concentración de epicentros en el bloque oriental de la falla respecto al bloque occidental. Los sismos en la parte oriental presentan un predominio de magnitudes de 0-3 y profundidades entre 0-30 km y en menor proporción entre 30-70 km. Con menor porcentaje se presentan sismos con magnitud entre 3-4. Los sismos entre 4-5 parecen estar ausentes en este periodo de registro.



**Figura N.º 10: Distribución de la actividad sísmica en el norte de Antioquia.** Los sitios de mayor concentración se localizan en: 1) El piedemonte de la cordillera Occidental al valle del río Atrato en el sector de Murindó. 2) En la cuenca del río Sucio entre los municipios de Frontino, Dabeiba y Peque. 3) Otra franja de menor concentración se prolonga desde el Paramillo pasando por la zona del PHI y siguiendo el corredor del río Cauca y de la falla Espíritu Santo en dirección hacia el NE.

Para el análisis del registro sísmico instrumental disponible en el SGC se elaboró una escala de “peligrosidad” de sismos empleando

las relaciones entre magnitud y profundidad. Para sismos con magnitud similar, la peligrosidad disminuye a medida que aumenta la profundidad (ubicación del hipocentro). Para sismos que se ubican en un rango de profundidad muy estrecho, la peligrosidad aumenta a medida que aumenta la magnitud. Con estos dos referentes se elaboró un modelo incorporando el valor logarítmico de la magnitud y obteniendo los valores residuales. Estos valores se agruparon en quintiles y el resultado obtenido se presenta en la figura 11. De acuerdo con el resultado obtenido, los sismos de mayor peligrosidad en el registro instrumental disponible se localizan en la parte más norte y más elevada de la cordillera occidental (El Paramillo) y en el cañón del Cauca, en la zona donde se ubica el PHI.



Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales  
Escuela de Geociencias - Facultad de Ciencias  
Sede Medellín



**Figura N.º 11: Distribución espacial de la sismicidad agrupada en 5 categorías de acuerdo con su “peligrosidad”.**

Como se aprecia en la figura 11, la sismicidad en el norte de la cordillera Occidental y que se prolonga hacia el cañón del río Cauca por la zona del PHI, tiende a agrupar eventos superficiales de magnitud variable mientras al sur del departamento y en los departamentos de Risaralda y Valle del Cauca se presenta una sismicidad más profunda.

Lo que se desconoce respecto al PHI es la continuidad de estos estudios durante la fase de diseño del proyecto, porque la información existente y las evaluaciones de ella, realizadas durante la fase de factibilidad de finales de los años 70', requieren de ajustes considerables, teniendo en cuenta la dinámica sísmica ocurrida después del año 1980, que incluye varios sismos de magnitud mayor a 6.5 en el sistema de falla Cauca-Romeral.

En síntesis, las ventajas topográficas que brinda el cañón del río Cauca entre las poblaciones de Liborina y Puerto Valdivia para establecer sitios para ubicación de presas y embalsar las aguas del río Cauca han sido el resultado de una combinación durante los últimos 6-8 m.a de un proceso de levantamiento tectónico vigoroso acompañado de un cierre (estrechamiento) del cañón que inducen un proceso vigoroso de incisión fluvial de toda la red de drenaje y en consecuencia un proceso generalizado de descompresión de las partes más externas de las vertientes, proceso que puede involucrar al menos una franja del orden de los 10-20 metros de espesor, como mínimo, para la zona de descompresión máxima (apreciación de carácter personal, comparando con otros casos donde se realizaron investigaciones específicas del tema).

#### **4.5 Los megadeslizamientos en el cañón del río Cauca**

En correspondencia con el escenario tectónico, sísmico y de dinámica fluvial que viene actuando en la zona más estrecha del cañón del río Cauca, es comprensible que allí existan numerosas manifestaciones pasadas y recientes de movimientos en masa muy diversos, especialmente deslizamientos y eventos de flujo, ya sean flujos de escombros y flujos de lodo inscritos todos ellos en un rango temporal muy amplio.

Durante los estudios de geología del Cuaternario de la fase de factibilidad, los depósitos cuaternarios en la parte más estrecha del cañón son de edad muy reciente y se agrupan en varias categorías:

Depósitos de acumulación reciente del río Cauca que se presentan como remanentes discontinuos en la parte más profunda del cañón a diferentes altitudes respecto al nivel del río.

Depósitos mixtos de flujos de lodo y depósitos aluviales ínterestratificados, localizados a lo largo del fondo de los valles de corrientes tributarias del río Cauca, los cuales se distribuyen a todo lo largo del cañón entre La Pintada y Puerto Valdivia.

Abanicos aluvio-torrenciales en los sitios de desembocadura de algunos tributarios del río Cauca. Muchos de estos depósitos son de edad muy reciente y se localizan varias decenas de metros por encima del nivel del río Cauca; ello indica un ritmo de incisión fluvial bastante vigoroso que continúa vigente en la actualidad.

Terrazas de limo distribuidas en tres generaciones. La más reciente de ellas se presenta como relleno de valles tributarios pequeños, en los cuales las corrientes actuales consiguen excavar gargantas de 20-25 metros de profundidad, como ocurre en el sector del “Puente de Occidente” en jurisdicción de Santa Fe de Antioquia.

- En el ámbito de las vertientes, un espectro muy frecuente de deslizamientos, incluidos aquellos que involucran volúmenes de material removido o material inestable que aún permanece en la vertiente, superiores a los millones de metros cúbicos.
- Las características de los depósitos asociados con la red de drenaje y aquellos existentes en las vertientes son testimonios de una morfodinámica intensa con un peso significativo de los movimientos en masa en las vertientes, una actividad torrencial importante en la red de drenaje y todo esto inscrito en un régimen de incisión fluvial vigorosa, generalizada y persistente en el tiempo, de la red de drenaje en el tramo más estrecho del cañón del río Cauca.

- El deslizamiento de Guásimo sobresale como un evento de movimiento en masa de gran magnitud que se ha reactivado varias veces y ha generado represamientos naturales del río Cauca en los últimos 6000 años. El testimonio de estos eventos corresponde a terrazas de limo de gran espesor presentes en ambas márgenes del río, de manera discontinua, aguas arriba del sitio de ruptura.

La existencia reiterada de represamiento natural del río Cauca en una temporalidad muy reciente debió y debe continuar siendo un tema de reflexión en relación con la construcción del PHI. Al respecto, es importante conocer si esta situación se tuvo en cuenta al momento de decidir construir el proyecto.

Al respecto, el proyecto Farallones, liderado por ISA, un represamiento del río Cauca aguas arriba de la población de La Pintada fue considerado inviable en su momento. La posibilidad de movimientos en masa en las vertientes fue uno de los argumentos para considerarlo no factible.

#### **4.6 La estructura de la presa y su comportamiento**

La situación de emergencia, que se origina hacia finales del mes de abril de 2018 y que continúa durante los meses de mayo y parte de junio, lleva a introducir modificaciones en el proceso de construcción de la presa. Esto permite hablar de un “lleno convencional” y un “lleno bajo condición de emergencia”. Este último, en condiciones de emergencia, se levanta con unas especificaciones diferentes y menos rigurosas que aquellas que aplicaban a la presa por debajo del nivel de los 385 msnm. Se trata de una porción de presa de 30 metros de altitud (385 msnm a 415 mnm) que se construyen en dicha condición.

Este contraste en las especificaciones de construcción de la presa hacia la cota 385 msnm genera una especie de “dos presas en una”. En estas circunstancias, será necesario realizar discusiones para encontrar las medidas adecuadas para que el lleno de la presa tenga unidad de comportamiento respecto a su resistencia, su circuito

de drenado y otros aspectos fundamentales que garanticen su estabilidad.





# 5

## REFERENTES EN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL PHI

---

En el proceso de construcción del PHI se configuran dos situaciones diferentes como consecuencia de algunas decisiones de la dirección del proyecto: una condición de riesgo y una situación de emergencia.

La situación de emergencia se inicia con la obstrucción del portal del túnel de desviación activo en ese momento. La obstrucción es consecuencia de deslizamientos superficiales en segmentos de vertiente, localizados inmediatamente por encima del portal, los cuales no se habían acondicionado para mejorar su resistencia y estabilidad. Esta obstrucción se corresponde con otras situaciones bastante desfavorables, a saber, incremento del caudal del río Cauca durante el periodo invernal, ascenso preocupante del nivel de aguas embalsadas, nivel del lleno de la presa por debajo del nivel de cota de funcionamiento del vertedero y finalmente algunas obras necesarias para terminar la obra del vertedero.

Esta confluencia de factores, nada fortuita, crea una situación de emergencia muy grave, dado que una de las posibles configuraciones resultantes podría ser la destrucción de la presa y la formación de una creciente torrencial muy por encima de las crecientes mayores del río y un flujo de lodo de magnitud enorme cuyos costos sociales serían muy elevados.

A partir de la segunda semana de junio, la llegada del verano a la cuenca del río Cauca, aguas arriba del sitio del PHI, el caudal de entrada del río disminuye, la salida de aguas por los túneles que van a las turbinas es mayor y en consecuencia el nivel de las aguas embalsadas disminuye.

En estas circunstancias se empieza a expresar que la condición de riesgo viene disminuyendo. Se trata de una apreciación errónea porque se tiende a confundir la condición de emergencia con la situación de riesgo. El embalsamamiento de las aguas como resultado de la confluencia de algunos de los factores antes mencionados fue y puede volver a constituir una situación de emergencia.

Sin embargo, en dicha coyuntura se configura igualmente una condición de riesgo que es más compleja que la situación de emergencia y en consecuencia no se pueden tomar como equivalentes. La situación de emergencia se resuelve parcial y temporalmente por las siguientes razones:

- La entrada del periodo de caudales bajos en el río.
- La terminación de las obras del vertedero.
- Llevar el lleno de la presa a niveles por encima del nivel de funcionamiento del vertedero es una solución cuestionable porque se realizó (por imposición de los hechos) en un “lleno de emergencia”.

La condición de riesgo en el PHI se configura actualmente en dos referentes centrales:

- La ausencia de un sistema adecuado que permita un desembalse controlado y eficiente de las aguas.
- El desconocimiento de la condición de estabilidad del macizo rocoso de la margen derecha, como consecuencia de las excavaciones subterráneas allí realizadas y por el flujo de agua a presión, especialmente en el túnel de desviación obstruido.

Durante la elaboración de este informe se expresan dos elementos en la prensa y los medios digitales:

- Por una parte, se dice que la dirección de EPM busca contratar con empresas extranjeras los diseños y la realización de obras orientadas al sellado del (de los) túnel(es) de desviación.
- La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)

ordena suspender todas las actividades de construcción del proyecto, llenado y operación del embalse (Resolución 820 del 1 de junio de 2018). Esta resolución de suspensión no involucra las acciones de seguimiento y monitoreo de la situación de emergencia.

En la resolución de la ANLA se subraya la importancia de realizar una evaluación rigurosa con soporte científico sólido de la condición de riesgo actual en el PHI. Por lo tanto, resulta improcedente, para decir lo menos que la dirección de EPM plantee la propuesta de sellamiento del o los túnel (es) de desviación. Conociendo el estado actual de estos túneles se podría evaluar uno de los posibles factores que generan la condición de riesgo.

La evaluación rigurosa de la condición de riesgo requiere en primer término la realización de una serie de obras para garantizar la evacuación de las aguas embalsadas. Este objetivo es condición necesaria para realizar una inspección visual y una evaluación confiable del estado de los túneles excavados, tanto de los de desviación como de aquellos que han operado durante la situación de emergencia.

La evaluación de las excavaciones subterráneas realizadas en la margen derecha, en el sitio de presa, constituyen un elemento fundamental en la evaluación del riesgo. Es necesario conocer si ellas constituyen un factor causal de las inestabilidades que se manifiestan en la superficie de las vertientes del cañón o si se trata de eventos inconexos. La existencia o ausencia de relación causal entre el estado actual de las excavaciones subterráneas y las manifestaciones en superficie de rasgos de inestabilidad (grietas en excavaciones en roca y deslizamientos superficiales) debe orientar una parte importante de la evaluación de la condición de riesgo.

Por lo anterior, una decisión de sellar los túneles de desviación, sin realizar estudios previos sobre las consecuencias del flujo de agua a presión en ellos, impide realizar una evaluación técnica rigurosa de la condición de riesgo. Además, es necesario tener en cuenta un hecho que no puede pasar desapercibido por ninguna razón. Antes del bloqueo del portal del túnel de desviación se habían presentado

obstrucciones internas y el desarrollo de una chimenea. Se trata de hechos dados e identificados que imponen como un imperativo la necesidad de conocer y evaluar el estado de los túneles, una vez se consiga realizar el desembalse controlado de las aguas.

El énfasis en la evaluación técnica de la condición de riesgo no significa, de ninguna manera, que dicha evaluación se pueda restringir a esta dimensión y a esta lógica exclusivamente. La evaluación técnica rigurosa es indispensable, es necesaria, pero no es suficiente.

La situación de emergencia creada cambió drásticamente las prioridades en que se inscribía su desarrollo. La importancia puesta en cumplir un cronograma de actividades, para disminuir los efectos negativos en los cronogramas y las implicaciones sobre unos plazos que no se podrían alcanzar, cambia a una situación en la que la seguridad de una población bastante numerosa se convierte en referente fundamental.

Este nuevo contexto y nuevas prioridades para el PHI debería tener implicaciones en varios aspectos, a saber:

- Los referentes para la evaluación de la situación de riesgo.
- La dirección y participación en la evaluación.

Los referentes para la evaluación del riesgo se inscriben en un contexto de evaluación integral, que incorpore aspectos ambientales, sociales, culturales, técnicos y económicos. La evaluación de la condición de riesgo no se puede restringir a una evaluación del estado de las obras y a la definición técnica de obras para corregir, disminuir o amortiguar consecuencias negativas.

Desde un punto de vista de ambiental, la evaluación de la condición de riesgo requiere revisar y valorar diversos aspectos:

- La relación entre las actividades de excavación en las vertientes y las medidas de carácter ingenieril implementadas de una parte y la calidad de resistencia de los macizos rocosos de la otra.

- Evaluar si las medidas de reforzamiento en las excavaciones subterráneas están acordes con la calidad del macizo rocoso.
- Es necesario conocer el estado del arte en lo referente a la actividad sísmica en una zona amplia del norte de las cordilleras Occidental y Central con influencia sobre el sitio de presa.
- La dinámica de las vertientes y de las redes fluviales en el tramo del cañón más estrecho está comandada por procesos de movimientos en masa, especialmente deslizamientos. En las redes de drenaje se intercala una actividad aluvial con una actividad torrencial y con la presencia de depósitos de flujos de lodo. Partes de las obras construidas se localizan dentro de los corredores de influencia de estos procesos. Por lo tanto, es necesario evaluar, de manera más rigurosa, la influencia de la inestabilidad de las vertientes sobre las diferentes obras del proyecto. Se trata de algo que va más allá de un inventario detallado de los deslizamientos activos y actuales.

Es muy probable que la situación de emergencia imponga una evaluación profunda de la racionalidad ambiental del proyecto. Una condición de riesgo que se concrete, muy posiblemente, crearía unos daños ambientales elevados, algunos irreparables y otros de muy lenta recuperación. En la dinámica fluvial natural, cuando ocurren eventos de gran magnitud duran intervalos de horas y dejan su impronta por centenas y miles de años. Los efectos de los episodios pasados de represamiento, ocurridos en los últimos 6000 años, persisten en la estructura del relieve fluvial.

Desde el punto de vista social, en la zona de influencia del proyecto, como se definía antes de la condición de emergencia, y en la nueva zona de influencia que se crea con la emergencia, se localizan grupos humanos muy diferentes, tanto en su sentido étnico y cultural como en el conjunto de actividades que realizan en relación con la tierra y sus territorios.

La probabilidad de una ruptura de la presa que se origine por diversas causas constituye la preocupación central de la evaluación del riesgo. La dimensión de la tragedia y la magnitud de los costos

de vidas humanas que pudiesen ocurrir plantean por lo tanto la importancia de la evaluación del riesgo.

La condición de riesgo no se puede circunscribir al corredor de influencia aguas abajo de la presa. Hacia aguas arriba de la presa existe una población con culturas muy distintas, que comparte la actividad del **"barequeo"** en los sedimentos activos del río Cauca. Esta actividad fundamental de los pobladores del cañón desaparece de manera irreversible para el corredor del río donde se localizará el embalse. En este sentido, para la población de barequeros del cañón en la zona del embalse, se hace necesario precisar si se trata de "afectados" o "perjudicados" por el proyecto.

En síntesis, los referentes para la evaluación del riesgo son de naturaleza muy diversa. En este sentido, es muy posible que el EIA del PHI no requiera ajustes y revisiones sino una nueva elaboración con referentes diferentes. Esto es muy probable, si lo que se quiere identificar y evaluar es la racionalidad ambiental, profunda e integral, que subyace al proyecto hidroeléctrico.

La participación y dirección de la evaluación del riesgo es otro tema que cobra importancia en esta situación. Es importante que en el proceso para realizar la evaluación se incorpore la presencia y participación real y efectiva de los afectados y perjudicados por el proyecto. No sería razonable ni éticamente correcto sustraer a estos grupos del proceso de evaluación.

Los referentes y los participantes en el proceso de evaluación del riesgo del PHI son temas de fondo. La situación actual podría derivar hacia una pulsa mediática entre opiniones, diagnósticos rápidos y soluciones descontextualizadas que buscan entrar en el juego del "subir" o "bajar" los niveles de la situación de emergencia, la cual es un aspecto parcial de la condición de riesgo.

Al respecto, es necesario subrayarlo, Hidroituango, en la condición actual, es un riesgo de tipo antropogénico que afecta a una población muy numerosa. Que esta condición se pueda superar, amortiguar, reducir o agravar depende de la actitud y responsabilidad que diversas entidades del orden municipal, departamental y nacional lleguen a asumir.

# 6

## LA ACTITUD DEL SECTOR ACADÉMICO: EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

---

Hace carrera en los espacios de las opiniones *ad hoc* la idea de que los fracasos en la construcción de las obras civiles responden a una formación mediocre de los profesionales que egresan de la universidad. Es un punto importante a tomar en consideración desde la universidad.

Sin embargo, es factible igualmente, que las caracterizaciones de los sitios de obras y los diseños mal calculados obedezcan a otras prioridades. Investigar cuales son los referentes más importantes en los estudios de diseño y en la construcción de las obras de infraestructura es un tema de mayor importancia para la universidad.

Dentro de un terreno de hipótesis múltiples, podría incorporarse la opción de un desfase u oposición entre la ética de la formación profesional y la ética de la práctica profesional. Podría pensarse que los referentes de los escenarios de la formación y aquellos de la práctica profesional presentan pocos elementos en común o que se inscriben en un antagonismo total. Sin embargo, también existe la opción que los referentes de ambas situaciones se identifiquen completamente. Si las prioridades en el contexto del ejercicio profesional son completamente similares de aquellas de la formación profesional, nada garantiza que ello sea para bien de la educación.

Podría por ejemplo ocurrir que la dinámica de la formación y algunas actividades indeseables del mundo del mercado laboral y profesional actuaran como ondas en fase que se refuerzan y amplifican, hasta llegar a situaciones absurdas, que conduce al colapso de las obras civiles. Si minimizar los costos y maximizar los beneficios no tiene límite, entonces se pueden entender



situaciones con varias de las obras colapsadas, especialmente, en el caso de edificaciones. El énfasis de los últimos 20 años en torno a la importancia y prioridad de una educación empresarial puede llevar a una situación que no se desea pero que se concreta de esta manera.

Desde los objetivos misionales de la institución universitaria es necesario reiterar el papel de la educación como estrategia de formación integral del profesional, como factor autorregulador y autocrítico de las iniciativas que se impulsan desde el sector público y privado.

La corrupción persistente, que se consolida a través de la contratación de las obras públicas de infraestructura en el país, y los problemas que emergen en la explotación de los recursos naturales constituyen un referente de preocupación importante para la actividad formativa de la universidad.

La Universidad Nacional de Colombia debería asumir una reflexión integral del proyecto hidroeléctrico Ituango que trascienda los alcances de los estudios parciales o sectoriales que ha realizado a través de la figura de la extensión remunerada.

Una reflexión integral desde la universidad y con una perspectiva académica puede contribuir a inscribir la discusión en un contexto más amplio y por fuera de los intereses de las entidades involucradas de manera más inmediata en las disputas y diferencias.

La reflexión integral desde la universidad, ¿en qué medida tiene la posibilidad de incidir en el desarrollo futuro de los proyectos que requieren cambios sustanciales como ocurre en el caso del PHI?

La reflexión desde la universidad de los diferentes problemas que demandan su superación debe ir acompañada de una reflexión complementaria: los mecanismos y procedimientos para garantizar que la reflexión crítica y valorativa de los proyectos tenga posibilidad de incidencia real y efectiva sobre ellos.

La práctica profesional en el campo de las obras civiles de infraestructura, la construcción de edificaciones en las ciudades la explotación de recursos naturales sigue siendo reacia a incorporar una perspectiva ambiental como elemento fundamental en la definición y diseño de las obras.

La actitud en estos campos se limita al cumplimiento de una normatividad mínima. Difícilmente cualquiera de estas actividades encuentra en los estudios de evaluación del impacto ambiental la oportunidad para investigar la racionalidad ambiental que le brinde soporte a la obra y que en consecuencia tenga un aporte importante en el diseño.

Para muchos proyectos, incluido el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, los estudios de impacto ambiental no van más allá de un requisito a cumplir, y por ello tienden a elaborarse con información secundaria, reduciendo al mínimo el trabajo de investigación directa y el levantamiento de información en campo.

Se trata de una actitud limitante y arrogante que reduce y empobrece la racionalidad de los proyectos a la racionalidad técnica. En este contexto, los problemas que generan los proyectos, son problemas técnicos que solo requieren soluciones técnicas.

De manera similar, los problemas de carácter social que generan los proyectos en su relación con las comunidades y con el medio ambiente de su zona de influencia se les da un tratamiento apolítico, que impide reconocerlos en toda su complejidad o a empobrecerlos en sus soluciones.



Las opiniones aquí expresadas obedecen al autor y no corresponden al pensamiento u opinión de la Universidad Nacional de Colombia ni al de la Junta Directiva de la APUN Medellín.



LUIS ALBERTO ARIAS LÓPEZ

Ingeniero Geólogo de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 1978. Título de Maestría en Geomorfología y Geología del Cuaternario de la Universidad Libre de Bruselas, Bélgica, 1983. Actualmente es Director del Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales de la Escuela de Geociencias de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, y profesor Asociado de ésta.