

Geólogo ambiental. Investigador y profesor en la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.

Potenciales efectos hidrogeológicos, en la zona transfronteriza, del proyectado canal de Nicaragua

Allan Astorga

a combinación de -por una parte- los datos iniciales del diseño que tendrá el canal interoceánico en Nicaragua con -por otra parte- los datos geológicos, hídricos e hidrogeológicos de los terrenos donde se construiría, y de los aledaños, permite establecer una proyección de los potenciales efectos hidrogeológicos transfronterizos que se generarían. Sobre esta premisa, en este artículo se hace una valoración de esos posibles efectos ambientales y de la cadena de impactos que se producirían a partir de ellos. Y eso es importante de tomar en cuenta como parte de la valoración del impacto ambiental global que generaría el megaproyecto.

El trazo aproximado del recorrido del proyectado canal en Nicaragua se ve en la figura 1. Aproximadamente, el 70 % de tal recorrido se localiza en la cuenca del río San Juan, compartida por Nicaragua y Costa Rica, lo cual se aprecia en la figura 2. Sobre este tramo en particular es la evaluación ambiental que aquí se documenta. No se incluyen las áreas marinas.





Figura 1. Localización aproximada del recorrido del proyectado canal de Nicaragua y obras relacionadas. Fuente: Presentación del Desarrollo Integral del Gran Canal de Nicaragua (2014).



Figura 2. Cuenca del río San Juan compartida por Nicaragua y Costa Rica (42.023,83 km²). Imagen levemente modificada de: http://www.oas.org/sanjuan/spanish/documentos/dialogo/dialogo/01-characterization/02-abstract.html.

Por lo general, la comprensión de los efectos ambientales de una actividad humana en aguas superficiales se reconoce con cierta facilidad. Fenómenos como la contaminación de un río o un lago son relativamente fáciles de advertir e identificar, gracias a la posibilidad de observación directa. Pero en el caso de las aguas subterráneas, sin posibilidad de observación directa, se requiere la comprensión previa de algunos elementos técnicos básicos.

En primera instancia, es importante reconocer que dentro de las rocas que se presentan en el subsuelo se puede almacenar agua de lluvia que se infiltra en la tierra. Cuando ese cuerpo de agua subterránea es capaz de "producir" agua para el aprovechamiento humano, a partir de manantiales o de pozos, se le denomina acuífero. Los acuíferos, pueden ser de dos tipos principales: abiertos, que tienen contacto directo con la superficie, lo que los hace más vulnerables a la contaminación, y confinados, que en gran parte de su extensión presentan una capa de roca impermeable que los recubre y protege, y que son menos vulnerables a la contaminación. La parte superior del acuífero se denomina nivel freático o nivel de aguas subterráneas. Su profundidad varía según la topografía y las características hidrogeológicas de las rocas en que se almacena el agua subterránea.

Los acuíferos abiertos, o freáticos, que tienen conexión con la superficie, también tienen una conexión con las aguas superficiales, de lagos, ríos y quebradas. En algunos casos, los ríos o quebradas aportan agua al acuífero (condición influente) y, en otros, es el acuífero el que aporta agua a los ríos y quebradas (condición efluente) (figura 3).

Las aguas subterráneas se mueven dentro de las rocas, pero a una velocidad muy lenta respecto a la velocidad con que se mueven las aguas superficiales. Mientras que estas se mueven a velocidades que se miden en metros por segundo, las subterráneas se movilizan a velocidades que se miden en centímetros por día o semana. El ámbito espacial en el que se almacenan y se movilizan las aguas subterráneas se denomina cuenca hidrogeológica. En ocasiones, una cuenca hidrogeológica coincide con una cuenca hidrográfica, pero en otros casos no, dado que la condición de almacenamiento de las aguas subterráneas en una formación geológica no depende, necesariamente, del relieve topográfico.

Desde esta perspectiva, es importante recalcar que, en una zona dada, se presenta una condición de equilibrio hidrogeológico entre las aguas subterráneas y las superficiales. Sin embargo, las actividades humanas que generan cambios importantes en la profundidad del nivel freático pueden producir una alteración de ese equilibrio, afectando sitios de aprovechamiento de agua subterránea, como pozos y manantiales, y también afectando la condición de aporte de las aguas subterráneas al sistema de drenaje superficial (ríos y quebradas). Razón por la que las obras que desarrollen excavaciones profundas

en las rocas, como la construcción de un canal, pueden romper ese equilibrio hidrogeológico y cambios temporales o permanentes en el patrón de aguas subterráneas, tanto en el área del proyecto como en su área de influencia que, dependiendo del tamaño de la obra, puede alcanzar una dimensión regional.

De igual manera, eventos de contaminación de aguas superficiales pueden producir contaminación de las aguas subterráneas, en particular cuando se presenten condiciones influentes (figura 3). De allí que se afirme que la protección de los recursos hídricos subterráneos debe tener como base la adecuada y efectiva protección de los recursos hídricos superficiales. Esto en razón de que ambos sistemas están vinculados.

De acuerdo con la información de la empresa china concesionaria del proyecto de canal en Nicaragua, este "cruzará todo el territorio nicaragüense de este a oeste. La longitud total es de 278 km aproximadamente, con un tramo de 105 km en el lago de Nicaragua". El proyecto contempla el desarrollo de dos puertos, uno en el Pacífico y otro en el Caribe. El del Pacífico (Puerto Brito) sería el primero en ser construido. Como parte suya se establecería una zona de libre comercio con un área aproximada de 34,5 km², y, también, un complejo turístico con una superficie de 6,94 km². El proyecto contempla la construcción, en Rivas, de un aeropuerto internacional de una pista y la recuperación de la red vial que será cortada por el canal, así como la conexión de los sub-proyectos. A fin de garantizar el suministro de materias y energía durante la construcción de la obra y la operación del canal, se ha sugerido la instalación de plantas de electricidad, de acero y de cemento, entre otras.

Los parámetros técnicos del canal son: "el ancho será de 230 a 520 metros y la profundidad de 27,6-30 metros. El canal permitirá el paso de portacontenedores de 25.000 TEU, barcos graneleros de 400 mil toneladas y petroleros de 320 mil toneladas. La capacidad del canal es de 5.100 barcos anuales, con 30 horas de tránsito por cada barco". Además, "se construirán dos exclusas en el canal. En el lado Pacífico, la exclusa de Brito estará ubicada cerca de la comunidad de río Grande, en el Departamento de Rivas, y la exclusa Camilo, del lado Caribe, se encontrará cerca de la confluencia del caño Eloísa y el río Punta Gorda". El canal aprovechará principalmente el agua captada de la cuenca del Punta Gorda, la oferta de la cual, según el informe de diseño, "es suficiente para la operación del canal". El diseño señala que "con la construcción del gran canal, se formará cerca del lado Caribe un lago artificial, similar al lago Gatún de Panamá, cerca de Atlanta (se denominará Lago Atlanta), con una superficie de 395 km², cuyo nivel de agua se mantendrá igual que el del lago de Nicaragua. Se desarrollará como centro de ecología, turismo y acuicultura".

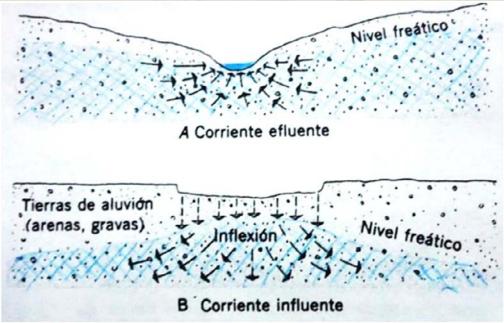


Figura 3. Conexión de un acuífero con las aguas superficiales. Tomado de: http://gidahatari.com/ih-es/principales-factores-afectan-regimen-aguas-subterraneas.

La construcción del canal desarrollará 41 escombreras, con una superficie total de 158 km². Las carreteras asociadas al proyecto tendrían una longitud total de 595,66 km. El proyecto contempla además una serie de complejos turísticos asociados al trazo del canal. El proyecto señala que tendrá una capacidad de población residencial de 140.000 y una capacidad de población empleada de 113.000.

Conociendo el recorrido que tendría el canal (figura 1), es posible ponerlo en relación con los datos geológicos e hidrogeológicos regionales, pudiéndose esbozar la condición hidrogeológica de lo que denominamos la zona de influencia del canal, que no es únicamente el área que ocuparían las obras del canal, sino también las

áreas de influencia directa e indirecta, es decir, los espacios geográficos que podrían ser alcanzados por los impactos ambientales o las cadenas de impacto que se originaran como consecuencia de la construcción y operación de la obra.

Debido a que todavía no se tienen estudios de línea base de detalle a lo largo del trazo del canal, ahora no

es posible precisar con exactitud la extensión de esas áreas de influencia; no obstante, su delimitación general sí es posible hacerla desde una perspectiva más amplia o regional, usando criterio de cuenca hidrográfica.

Desde el punto de vista de cuencas hidrográficas, la zona de influencia del canal de Nicaragua atravesaría la cuenca del San Juan en aproximadamente el 70 % de su trayecto (figura 4), lo que le da un gran potencial de generación de impactos transfronterizos en diversos contextos ambientales; impactos entre los que están los referidos a los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Considerando eso, aquí se establece que el área de influencia directa e indirecta de la obra (zona de influencia del canal) cubriría territorio costarricense.

Desde el punto de vista geológico, el canal atravesaría tres provincias geológicas y tectónicas diferentes: (a) trasarco volcánico, (b) graben de Nicaragua y (c) anterarco de la cuenca de Rivas. El trasarco volcánico corresponde a una zona de relieve variable localizada en el sector este. Se extiende de la costa del Caribe hasta la margen oriental del lago de Nicaragua. Comprende principalmente rocas volcánicas del Terciario, que sobreyacen complejos ofiolíticos del Mesozoico (Astorga, 1992, 1994, 1997). Es una provincia geológica y tectónicamente compleja, en razón de que conforma una antigua zona de anterarco (con varios arcos volcánicos migrantes) donde se acrecionaron segmentos de corteza oceánica y luego se recubrieron con rocas volcánicas (Astorga, 1997). Desde el punto de vista hidrogeológico, es una zona poco conocida, pero es previsible que se encuentren acuíferos en los aluviones cuaternarios, así como acuíferos volcánicos dentro de lavas fracturadas o brechas de lavas, como las que se han identificado en el lado costarricense.

El graben de Nicaragua corresponde a una cuenca transtensiva de tipo "rift", abierta en el trasarco de Costa Rica y Nicaragua desde el Mioceno Inferior (hace cerca de 25 millones de años [Astorga et al., 1991]). Durante el Cuaternario, en el sector de Nicaragua, desarrolló un eje de arco volcánico. Geográficamente coincide, casi por completo, con la extensión del lago de Nicaragua. Se extiende hacia el norte de Costa Rica, en lo que se ha denominado la cuenca de San Carlos (Astorga

et al., 1991). Durante el Plioceno (hace 5 millones de años), el lago se extendía hacia el norte de Costa Rica, pero un paulatino proceso de colmatación ha llevado a su gradual reducción. Hidrogeológicamente, se presenta un acuífero regional albergado en rocas volcánicas y aluviones del subsuelo superior. Este acuífero es transfronterizo, ya que está tanto en Costa Rica como en Nicaragua, y tiene conexión con las aguas superficiales del lago de Nicaragua y con el río San Juan.

El anterarco de la cuenca de Rivas (Astorga, 1988; Astorga & Botazzi, 1993) está conformado por un relleno de rocas sedimentarias del Cretácico Superior y Terciario (con intrusiones de rocas ígneas del Terciario). Hidrogeológicamente, tiene un potencial limitado, debido a que las rocas sedimentarias tienen poco potencial para desarrollar acuíferos.

Tomando en cuenta las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la cuenca del San Juan, dentro de lo que hemos denominado la zona de influencia del canal, y considerando las características del proyecto, es previsible identificar una serie de impactos ambientales transfronterizos de tipo estratégico que se generarían durante la construcción y durante la operación del canal. Ellos serían los siguientes:

 a. Aporte de mayor carga de sedimentos al río San Juan por los dragados y excavaciones que se hagan en el



Figura 4. Ruta del canal de Nicaragua dentro de la cuenca del San Juan (cf. SICA, 2011), al sureste de la cual se destaca el sitio de Delta, donde el San Juan se bifurca en río Colorado y en río San Juan, a partir de donde hay una extensa área de humedales parálicos del delta San Juan—Colorado, dentro de un territorio binacional.

- suelo del lago de Nicaragua para aumentar su profundidad.
- b. Aportación de sustancias contaminantes (por ejemplo, hidrocarburos) como producto de la liberación de ellas a partir de la maquinaria que operaría en las labores de dragado y excavación en el fondo del lago.
- c. Pérdida potencial de la calidad del agua del lago y de la del San Juan por aporte de lixiviados, sustancias contaminantes y residuos a partir de las obras relacionadas con el desarrollo del canal (campamentos, aeropuerto, complejos turísticos e instalaciones temporales relacionadas con la obra, entre otras).
- d. Disminución potencial del caudal de desagüe del lago de Nicaragua hacia el San Juan, como consecuencia

- de la necesidad de mantener la profundidad del calado del lago en la zona de canal. Esto vinculado a las disminuciones graduales (o variabilidad) de las lluvias como consecuencia del cambio climático.
- e. Cambios significativos en la profundidad del nivel freático regional
 dentro de la cuenca del San Juan
 como consecuencia de las excavaciones realizadas para el canal y por su
 operación. A partir de este impacto
 se generarían cadenas de impacto
 de alta significación, como disminución del nivel de agua en los pozos,
 "secado" temporal o permanente de
 nacientes y disminución del aporte
 del acuífero a los ríos y quebradas,
 entre otros.

- f. Cambios en la calidad del agua subterránea, en razón de los cambios que se produzcan en la calidad del agua superficial inducidos por la construcción y operación del canal.
- g. Riesgo potencial de contaminación severa de las aguas del lago y del San Juan, así como de los acuíferos subyacentes, en caso de eventuales derrames de sustancias contaminantes en el canal y principalmente en el lago. Toma particular relevancia el hecho de que el canal está programado para el paso de barcos petroleros de grandes dimensiones, lo cual incrementa en gran medida el riesgo de un daño ambiental transfronterizo de muy alta significancia y efectos irreversibles.
- h. Otras cadenas de impactos acumulativos y sinérgicos generados por usuarios del canal, y otras actividades directa o indirectamente relacionadas con él, que afectarían el suelo y el subsuelo superior y, con ello, las aguas superficiales y subterráneas.

Esta lista de impactos no es exhaustiva, sino solo da cuenta de los principales efectos estratégicos transfronterizos que se producirían en el recurso hídrico superficial y subterráneo. Aunque podría argumentarse que cualesquiera de los posibles impactos ocurrirían en el lago de Nicaragua y en el nicaragüense río San Juan, en realidad todos ellos calificarían como transfronterizos y de alto potencial de generación de efectos negativos en

territorio costarricense. No solo porque la afectación del San Juan podría tener efectos negativos en su margen derecha -que en un gran tramo es costarricense-, sino porque también podría haberlos en sus aguas subterráneas (cuando el San Juan tiene un desempeño influente) y en el sistema de humedales del noreste de Costa Rica a partir del sector de Delta (figura 3). Esto en razón de que, en ese punto, el San Juan se bifurca y, cerca del 90 % de su caudal, pasa al río Colorado, que es una verdadera arteria fluvial que nutre el sistema de humedales del noreste de nuestro país.

En este panorama, es claro que los impactos ambientales que pudieran darse a partir de la construcción y operación del canal tienen potencial de transformarse en impactos transfronterizos, con consecuencias muy severas en sistemas ecológicos de gran importancia y muy frágiles, localizados en la parte baja de la cuenca del San Juan y en territorio costarricense.

El canal interoceánico planeado por el Gobierno nicaragüense es un megaproyecto conformado por una serie de otros enormes proyectos estratégicos que se establecerían a lo largo de su trazo. El canal implica, durante y después de su construcción, el emprendimiento de muchas actividades industriales, comerciales, de infraestructura y urbanas que generarían nuevas cadenas de impacto. Por sus dimensiones, el canal y las obras asociadas tienen el potencial de generar efectos

ambientales negativos muy significativos que no se limitarían al territorio nicaragüense, sino que serían transfronterizos, afectando particularmente la cuenca transfronteriza del San Juan, cuya parte baja, con extensos humedales parálicos calificados como humedales Ramsar, de muy alta fragilidad ambiental, se ubica en territorio costarricense.

Para terminar, parece necesario recomendar lo siguiente:

- 1. Es indispensable hacer una evaluación ambiental integral en dos ámbitos: de tipo estratégico y de tipo detallado; ambas considerando la totalidad del proyecto del canal con sus obras relacionadas.
- 2. Es indispensable que la revisión de la evaluación ambiental integral cuente con la participación de Costa Rica.
- 3. Dadas las condiciones de la cuenca del San Juan y del Corredor Biológico Mesoamericano que comparten ambos países, así como los límites marinos y los efectos ambientales potenciales en el área marina, es imperativo que ambos países trabajen en el desarrollo de un acuerdo binacional de impactos transfronterizos, a fin de evitar conflictos jurídicos internacionales y de reforzar los mecanismos preventivos de control ambiental.

Referencias

- Astorga, A. (1988). Geodinámica de las cuencas del Cretácico Superior – Paleógeno de la región "forearc" del Sur de Nicaragua y Norte de Costa Rica. Revista Geológica de América Central 9, pp 1-40.
- Astorga, A. (1992). Descubrimiento de corteza oceánica mesozoica en el norte de Costa Rica y el sur de Nicaragua. Revista Geológica de América Central 14, pp. 109-112.
- Astorga, A. (1994). El Mezoico del sur de América Central: consecuencias para el origen y evolución de la placa Caribe. *Profil* 7, pp. 171-233.
- Astorga, A. (1997). El puente-istmo de América Central y la evolución de la placa Caribe (con énfasis en el Mesozoico). *Profil* 12, pp. 1-201.
- Astorga, A., Fernández, J. A., Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A. y Obando, L. G. (1991). Cuencas Sedimentarias de Costa Rica: Evolución Geodinámica y Potencial de Hidrocarburos. Revista Geológica de América Central 13, pp. 25-59.
- Astorga, A. y Botazzi, G. (1993, inédito). Sedimentology of Nicoya Complex, Rivas, Brito and Masachapa formations. En Barboza, G. (Ed.). Integrated petroleum evaluation report, Pacific Margin, Sandino Basin, Nicaragua Informe técnico. Instituto Nicaragüense de Energía y Refinadora Costarricense de Petróleo. Pp. 21-60.
- Procuenca. (s.f.). Diálogo sobre agua y clima. Enfrentando la variabilidad del clima en una cuenca transfronteriza de América Central: La cuenca del río San Juan (Costa Rica y Nicaragua). Disponible en http://www.oas.org/sanjuan/spanish/documentos/dialogo/dialogo/01-characterization/02-abstract.html
- Sica. (2011). Atlas Centroamericano para la Gestión Sostenible del Territorio. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Programa Regional para la Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental.