

# Simulación de la calidad de agua por vertimiento de sustancias tóxicas del crudo de petróleo por adsorción. Caso de estudio: río Guáitara

**Tania Gisella Bolaños Bolaños**

**Viviana Carolina Palacios Botina**

Estudiante del Programa de Ingeniería Ambiental

Universidad Mariana

**Francisco Ricardo Maffla Chamorro**

Docente del Programa de Ingeniería Ambiental

Universidad Mariana

## Introducción

El agua es un bien esencial para el planeta, ya que satisface las necesidades básicas de los seres humanos como salud, alimentos, industria; además del mantenimiento de todos los ecosistemas. El planeta cuenta con tan solo el 0.007 % de aguas dulces disponibles para los usos humanos (Toledo, 2006). El recurso agua del planeta varía dependiendo del espacio y tiempo: estaciones. También depende de las regiones donde la distribución es desigual, en este sentido, los países que presentan una mayor cantidad de agua dulce son Brasil, Rusia, Canadá, EE. UU, entre otros. Aunque el agua es un bien esencial, se constituye como un bien escaso que se encuentra amenazado y en peligro, debido a las actividades antropogénicas que la han modificado y disminuido su caudal (Toledo A, 2002).

El departamento de Nariño en Colombia y la Provincia del Carchi en Ecuador se encuentran en el sector transfronterizo, presentan economías similares, que se basan principalmente en la agricultura, ganadería y comercio. Además, cabe resaltar que esta zona presenta algunos problemas de orden público. Estos dos países comparten la cuenca binacional Carchi-Guáitara; actualmente en esta cuenca se han realizado asentamientos en las partes altas, que ha provocado la intervención de ecosistemas de páramo y humedales, indispensables para la captación, almacenamiento y regulación hídrica. Lo anterior trae como consecuencia disminución del caudal; además, la cuenca es explotada excesivamente sin tener en cuenta criterios de sostenibilidad (Fuel y Mera A, 2016).

Por otra parte, la cuenca del río Guáitara se encuentra ubicada en la zona Andina en el departamento de Nariño y suministra agua para consumo humano y uso agrícola; sin embargo, no se le ha dado la debida importancia, ya que, al hacer uso de este recurso, no se ha buscado el equilibrio entre la cuenca y los humanos, lo cual ha generado que sea el depósito final de vertimientos de aguas residuales de los municipios que se encuentran dentro de la cuenca (Ramírez, 2020).

En este sentido, en el río Guáitara sector de San Juan pasa por el oleoducto Trasandino, el cual transporta productos petrolíferos y ha sido afectado por atentados de las fuerzas armadas, que ha provocado derrames en varias fuentes hídricas, generando problemas sociales, económicos, culturales, en especial ambientales, y deterioro de ecosistemas (Amado y Gonzáles, 2016).

Por lo tanto, se realizó una simulación del comportamiento de los contaminantes de crudo de petróleo al producirse una posible ruptura del oleoducto Trasandino en el río Guáitara sector San Juan hasta su desembocadura en el río Patía. Lo anterior permitió determinar cómo se comportan los contaminantes de petróleo simulados (en este caso Benceno, Vanadio y Níquel) en el río Guáitara, lo que contribuye de manera positiva en la toma de decisiones para una adecuada gestión de la calidad de agua de este recurso.

### Metodología

El software Qual2kw es un modelo unidimensional que simula el impacto de cargas contaminantes puntuales y distribuidas en un flujo permanente, no uniforme, permite simular varios parámetros de calidad de agua, entre los cuales se encuentran los mínimos exigidos: (DB05) Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días, (DQO) Demanda Química de Oxígeno, (SST) Sólidos Suspendidos Totales, (pH) Potencial del Ion Hidronio H+, (T) Temperatura, (OD) Oxígeno Disuelto, (Q) Caudal, Datos Hidrobiológicos, Coliformes Totales y (Escherichia Coli) Coliformes Fecales (Castro, 2015)

Para la simulación de la calidad del agua se empleó el software Qual2kw versión 6. Se tuvo en cuenta la morfología del cauce, caracterización fisicoquímica y microbiológica, y corrida del software.

### Morfología del cauce

La morfología del cauce se la construyó con información previa recolectada por Corponariño e información obtenida mediante la aplicación Google Earth, de donde se obtuvo datos de altitudes, afluentes, longitud, entre otros parámetros, para su posterior procesamiento en el software ArcGIS, Excel y en el software Qual2kw.

Figura 1

Cuenca río Guáitara

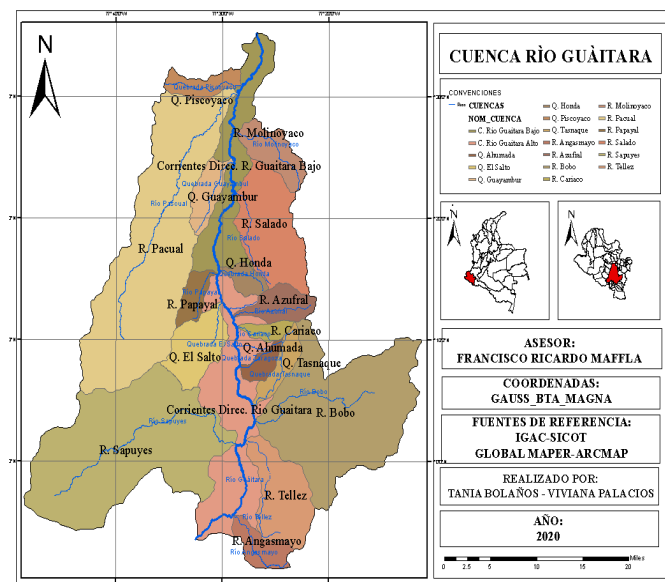
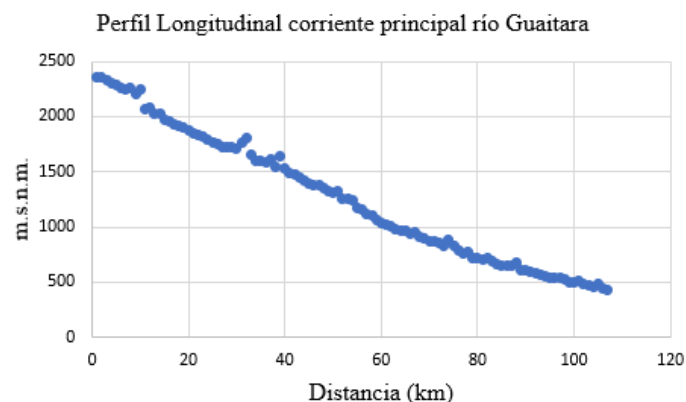


Figura 2

Perfil longitudinal cauce principal



### Caracterización fisicoquímica y microbiológica

Para la caracterización se realizó la búsqueda de información primaria y secundaria, mediante bases de datos, especialmente en el PORH y POMCA del río Guáitara, también en IDEAM, de los cuales se obtuvo el diagnóstico de la cuenca y los valores necesarios para la corrida del software.

### Corrida del software

Finalmente, con la información ingresada se obtuvo los resultados de las distintas variables, tomadas de las parcelas espaciales, ya que los datos corresponden a la distancia (km) y a lo largo del

río, los cuales permitieron establecer el escenario de un posible vertimiento de crudo de petróleo de calidad del cauce principal del río Guaitara. Una vez corrido el programa, los datos están listos para su correspondiente interpretación y análisis.

### Resultados y Análisis

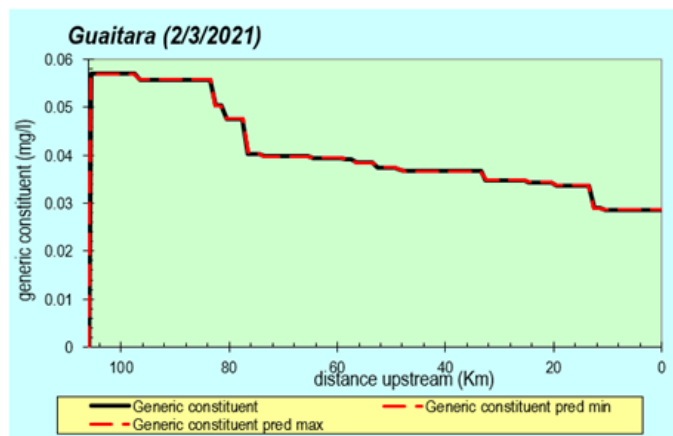
En la simulación de los compuestos tóxicos de crudo de petróleo sobre el cauce principal del río Guaitara es importante tener en cuenta las características propias de la cuenca del río (propiedades fisicoquímicas).

El análisis del comportamiento de los compuestos tóxicos se realizó teniendo en cuenta el fenómeno de adsorción, que, de acuerdo con Arias et al. (2009; “es el enriquecimiento o agotamiento de uno o más componentes en una interfase o capa interfacial” (p. 1350). Lo anterior porque es de interés para esta investigación conocer la parte de los compuestos que interactúan entre el agua y los sólidos que se encuentran en suspensión, esto significa que se quedan en el río y generan algún cambio en la calidad del agua.

Con respecto a la simulación en el programa Qual2kw, se obtuvo los resultados de la descarga puntual de los contaminantes de crudo de petróleo (Benceno, Vanadio y Níquel), en los cuales se evidencia su comportamiento a lo largo del recorrido del río Guaitara (ver Figuras 3,4 y 5).

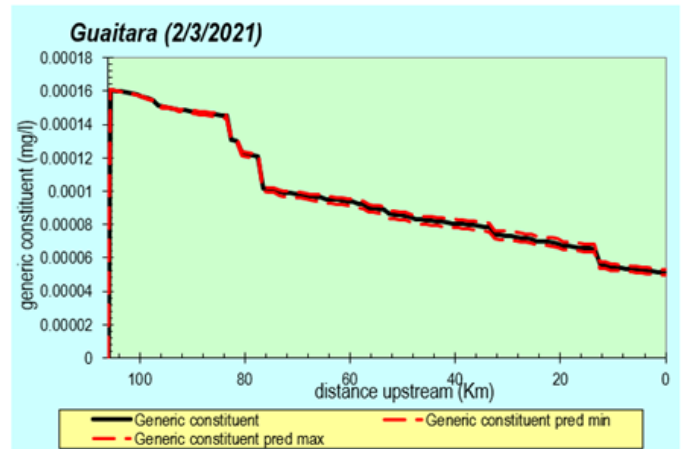
**Figura 3**

*Descarga puntual Benceno*



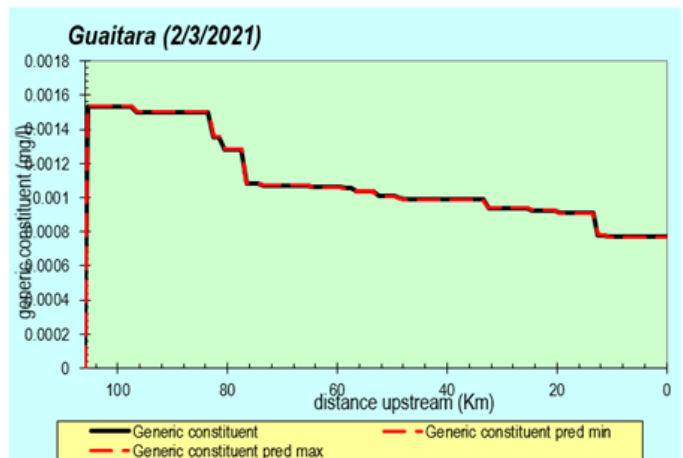
**Figura 4**

*Descarga puntual Níquel*



**Figura 5**

*Descarga puntual Vanadio*



Las figuras anteriores son el resultado de la simulación de la calidad del agua afectada por un vertimiento accidental de crudo de petróleo, dichos resultados pueden variar debido a que los factores presentados al ocurrir un derrame de petróleo en ríos son regidos por procesos interrelacionados y complejos de transporte y de acciones climáticas, además de las condiciones morfológicas de la zona, el tamaño del derrame, entre otras características (Rojas, 2005).

La concentración de los constituyentes orgánicos en fase líquida simulada fue resultado del fenómeno de adsorción, según Romo (2002), “la capacidad adsorbente de una sustancia depende de las características fisicoquímicas tanto de las sustancias que actúan como adsorbente como de la sustancia que se adsorbe que se denomina

adsorbato” (p. 54). Por lo tanto, se puede afirmar que tanto las características del río Guáitara como las del petróleo influyen en el comportamiento de este en el agua.

Con los tres contaminantes sucede lo mismo, pero en concentraciones diferentes. Cuando la descarga es puntual (punto particular), en este caso la ubicación es el oleoducto Trasandino y durante un tiempo determinado, la pluma del crudo de petróleo permanece casi constante durante los primeros kilómetros de recorrido, después, dentro de los kilómetros 90 y 80 existe un gran descenso de la pluma, que coincide con la Figura de los SST, si esta permanece constante o disminuye va a afectar el comportamiento de los contaminantes.

La capacidad de autodepuración del agua, la cual depende del medio que la recibe, la capacidad de dilución y dinámica del cuerpo receptor, y la presencia de microorganismos evidencian que cuando la descarga de crudo de petróleo en el sector San Juan es puntual, en los recorridos del cauce, no se logra amortiguar esta condición, porque el río no presenta la capacidad de autodepuración suficiente para lograr amortiguar los efectos adversos de este, haciendo que concentraciones pequeñas, pero significativas de los contaminantes orgánicos, lleguen hasta la desembocadura del río Guáitara.

## Conclusiones

Los contaminantes Benceno, Vanadio y Níquel representan una afectación desde los primeros kilómetros donde se realiza el vertimiento en el río Guáitara hasta la desembocadura en el río Patía, cuando la descarga se realiza de forma puntual.

Se simuló la calidad del agua con el modelo Qual2kw para un segmento de 106 km del río Guáitara, comprendido entre el sector San Juan y su desembocadura en el río Patía. Este modelo describe el comportamiento de la DBO, OD, DQO, SST, pH, entre otros parámetros fisicoquímicos, ya que caracteriza adecuadamente los procesos de autodepuración y el comportamiento de las sustancias tóxicas en las aguas. Por lo cual fue posible evaluar el impacto del vertimiento de crudo de petróleo en el río Guáitara.

En general, se puede afirmar que los resultados de esta investigación representan una línea base en términos de simulación de la calidad del agua para el río Guáitara, debido a que no existen experiencias previas de simulación ni se han realizado más estudios de monitoreo en cuanto a la calidad del río. Es posible evaluar escenarios para la prevención y control de la contaminación hídrica en la cuenca del río. Estos escenarios pueden ser desarrollados con el objetivo de realizar planificación ambiental.

## Referencias

- Amado, O. y González, D. (2016). *Planes de ayuda mutua orientados a la atención de emergencias por derrames de hidrocarburos y derivados en el ámbito internacional caso, “Oleoducto Trasandino Tumaco Nariño Colombia”* [trabajo de especialización, Universidad Católica de Manizales]. Oducal. <http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl/vufind/Record/oai:localhost:10839-1400>
- Arias, J., Paternina, E. y Barragán, D. (2009). Adsorción físicas sobresólidos: aspectos termodinámicos. *Química Nova*, 32(5), 1350-1355. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000500046>
- Castro, M. (2015). *Aplicación del QUAL2Kw en la modelación de la calidad del agua del río Guacaica, departamentos de Caldas, Colombia* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Unal. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55604>
- Fuel, L. y Mera, A. (2016). *La falta de Acuerdos Binacionales para la Cooperación Transfronteriza en el Manejo del Recurso Agua de la Cuenca Hidrográfica del río Carchi en Ecuador y río Guáitara en Colombia* [tesis de pregrado, Universidad Central de Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6691>

- Ramírez, J. (2020). *Los derechos del río Guátara* [tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. UASB-Digital. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7309>
- Rojas, S. (2005). *Modelación de derrames de crudo en cauces-aplicación al río Magdalena* [tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Séneca Repositorio Institucional. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/22150>
- Romo, L. (2002). Remoción de petróleo de fuentes de agua mediante ad-absorbentes no-tóxicos. *Ciencia y Tecnología*, 1(1), 43-57.
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*, 64, 9-18.
- Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. Instituto Nacional de Ecología.