

DISTRIBUCIÓN DE LOS CONTAMINANTES EN LA LAGUNA DE PAPALLACTA

Isabel Bernal C.

Consultor, gbernal@andinanet.net

Edison Heredia

Consultor, edisonal@mixmail.com

Iván Aveiga

Ecuavital, ivanaveiga@biorremediacion.org

1. INTRODUCCION

El presente estudio constituye un reporte del derrame ocurrido en la madrugada del 8 de abril del 2003, cuando la rotura del Oleoducto Trasecuatoriano SOTE, generó un derrame de crudo, de 4 kilómetros aguas arriba de la Laguna de Papallacta, afectando este cuerpo de aguas con un aproximado de entre 6000 a 13000 barriles de crudo.

Luego de este evento, PETROECUADOR encargó el inicio de los trabajos de remediación, sin embargo, dadas las objeciones a las técnicas empleadas, las labores fueron interrumpidas y, posteriormente, se encargo el trabajo a otra empresa.

Es esta segunda etapa de remediación se desarrolló esta investigación con el objeto de determinar: la distribución y características de los contaminantes en los sedimentos y la columna de agua de la laguna de Papallacta y, las características hidrológicas de la laguna.

2. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio es una porción de la laguna de Papallacta donde, al momento del muestreo, no se habían llevado a cabo ningún trabajo de remediación. La laguna de Papallacta está ubicada en la provincia del Napo, a unos 70 Km. al Nororiente de la ciudad de Quito, sobre un antiguo valle glaciar. La laguna se alimenta principalmente del Río Sucus y Tambo, cuyas aguas están formadas por las corrientes naturales que bajan de las montañas que la rodean. La formación y movimiento de las aguas de la Laguna de Papallacta están íntimamente relacionadas con la actividad volcánica.

Los aportes de agua hacia la laguna provienen tanto de las lluvias, sobre su cuenca de aporte y de sus afluentes, como de las aguas termales que afloran en la zona y que ingresan en varios sitios. El aporte de aguas termales que recibe la Laguna provienen del Sistema Geotermal del Antisana. Estas aguas, gracias a sus altas temperaturas, son capaces de poner en solución, al arsénico contenido en las rocas alteradas hidrotermalmente presentes en el área.

3. MATERIALES Y METODO

Para el estudio de los diferentes rasgos geohidrológicos del área, se recurrió al análisis de la información bibliográfica existente y a la realización de aforos en los afluentes de la laguna. Las características físico – químicas de los sedimentos y aguas se las determinó en base a un trabajo de campo que involucró la realización de una red de muestreo cada 50 metros, a fin de obtener muestras de agua y sedimentos. En el caso de las muestras de agua se analizó la concentración de Arsénico (As) e Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAH's). Para los sedimentos, se analizó el contenido de materia orgánica, textura, y concentración de Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH's), PAH's y Arsénico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se resume la hidrodinámica de la laguna y los resultados de los análisis efectuados, los mismos que fueron analizados por separado para los sedimentos y las aguas de la Laguna.

4.1 HIDRODINÁMICA DE LA LAGUNA

Previamente a la discusión de los resultados, es necesario describir brevemente las características hidrodinámicas de la laguna Papallacta.

El flujo en la laguna de Papallacta se encuentra determinado por la entrada de caudal aguas arriba, por el río Tambo y por dos ingresos laterales pequeños, tanto por la orilla izquierda como derecha. El agua de la laguna, además de las pérdidas de caudal por evaporación, se infiltra a través de una pared rocosa existente al final de la laguna. El agua infiltrada reaparece como flujo superficial unos 500 m aguas abajo, aportando sus aguas al río Tuminguina, sobre la cota 3180.

En este contexto, el flujo natural de la laguna determina unas características hidrodinámicas particulares: el agua que ingresa por el río Sucos, con diferente temperatura y concentración de sedimentos, es más densa que el agua que se encuentra en la laguna, produciéndose corrientes que se profundizan y se dirigen hacia aguas abajo, por un canal que forma meandros hasta el tramo medio y luego se dirige hacia la orilla izquierda. Este flujo y las diferencias en temperatura y densidad con el agua de la laguna, produce corrientes de densidad, con un flujo de circulación hacia aguas arriba. Por otro lado, el viento predominante en la zona, tiene también dirección opuesta al flujo de la laguna, es decir, sopla hacia aguas arriba, incrementando el efecto de circulación en la laguna.

Esta circulación natural trae como consecuencia la formación de un delta en el tramo aguas arriba, como consecuencia de la rápida disminución de la velocidad del agua que entra en la laguna; la presencia de un cono o delta en la laguna de Papallacta se puede apreciar en los datos batimétricos de la laguna. Es en ésta zona de delta, donde se depositó buena parte del material sólido acarreado por el río.

4.2 SEDIMENTOS

4.2.1 Distribución del tamaño de grano de los sedimentos

En la figura 1 se puede observar la distribución de las arenas en el área de estudio. Las muestras analizadas provienen de un sector particular la laguna cercano al punto de ingreso de los tributarios principales, por esta razón los resultados granulométricos que se obtuvieron están en el orden de franco a franco arenoso, es decir con un predominio de la fracción de arena. En la figura se observa un eje dirección noreste donde predomina la fracción arenosa, y que se interpretaría como la dirección de la corriente que ingresa en la laguna y que pierde fuerza conforme se adentra en la misma.

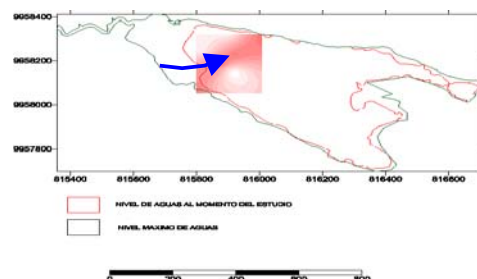


Figura 1.- Porcentaje de arena en los sedimentos de la laguna de Papallacta

4.2.2 Contenido de Materia Orgánica (MO)

Los resultados de los análisis indicaron un alto contenido de MO en los sedimentos, con magnitudes entre los 2.67% y 13.43%. Estos resultados se atribuyeron a los aportes provenientes de la cuenca de drenaje con una actividad biótica importante de la misma laguna. Como se puede ver en la figura 2, la fuente principal de aportes se identificó hacia el sudoeste que es la zona en donde se tiene la entrada de los afluentes de la laguna

4.2.3 Contaminantes orgánicos

No existen datos sobre los niveles de hidrocarburos en los sedimentos de la Laguna antes del derrame, sin embargo dada la naturaleza de la Laguna se puede esperar la presencia de una cantidad muy pequeña de hidrocarburos autóctonos (propios de la vegetación o de las actividades microbianas de la zona), y por ende la existencia de una comunidad de bacterias que degraden dichos compuestos

Los resultados obtenidos para TPH's muestran que, en el área de estudio, las mayores concentraciones (1575 ppm) se encuentran relacionadas con el delta que se forma en la entrada de los afluentes a la laguna, es decir a la orilla derecha, lo que exhibe la estrecha relación entre el movimiento de las corrientes y la distribución de los TPH's, figura 3. Se puede inferir que cuando ocurrió el derrame, el río transportó grandes cantidades de crudo que, el cual ingresó a la laguna y que, debido a su gran volumen (6000 bb), cubrió hasta la mitad del espejo de aguas de la laguna. En este punto, las fracciones livianas se volatilizaron en su mayoría y las fracciones más pesadas del petróleo precipitaron preferentemente en el área del delta de la laguna. Esto se explica por la naturaleza hidrofóbica de los hidrocarburos, que les otorga una movilidad restringida en el ambiente acuático, por lo que no avanzan más adentro de la laguna. Una vez que precipitaron los hidrocarburos de manera natural el alto contenido de materia orgánica en los sedimentos atrapó el contaminante (Nam, 1998).

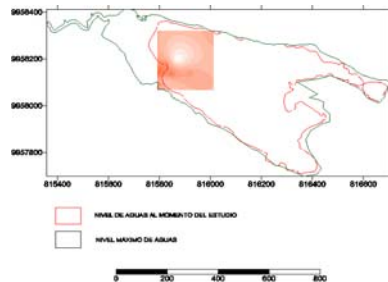


Figura 2.- Contenido de materia orgánica en los sedimentos de la laguna de Papallacta

En testigos provenientes de la laguna se observó varios estratos con altos contenidos de M.O. superiores a 3.43 %, que estarían aislando los hidrocarburos y bloqueando su migración en profundidad, por lo que los resultados de laboratorio no mostraron presencia significativa de PAH's a pesar que los cromatogramas muestran presencia de este tipo de hidrocarburos degradados. Consecuentemente se puede concluir que las condiciones de toxicidad para PAH's al momento de muestreo eran nulas.

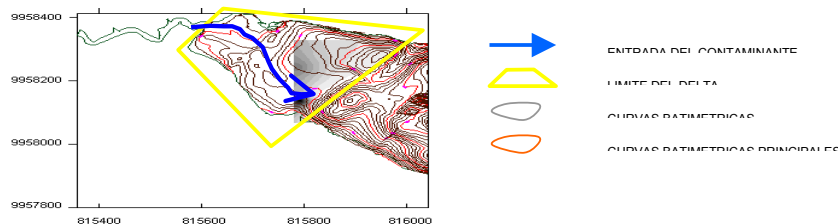


Figura 3.- Detalle del área del delta de la laguna de Papallacta donde se concentró la mayor cantidad de hidrocarburo. Se observa la influencia decisiva de las corrientes de entrada en la distribución del contaminante

4.2.4 Contaminantes Inorgánicos.

En el caso de la Laguna de Papallacta, las máximas concentraciones de arsénico en sedimentos se presentó en la zona de mayor contenido de arcilla (137 ppm), figura 4, debido a la sorción del contaminante en las superficies activas de las arcillas. Sin embargo hay que destacar que en este caso, se evidenció una anomalía en la orilla izquierda (476 ppm) que no esta directamente relacionada con el contenido de arcillas y que podría estar relacionada con la entrada de aguas termales subterráneas a la laguna.

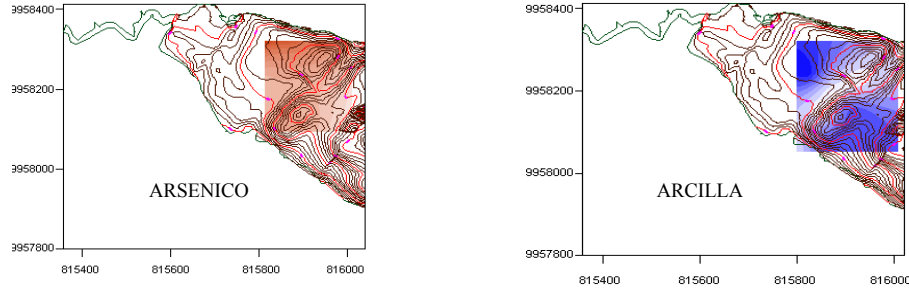


Figura 4.- Las zonas de mayor concentración del Arsénico en los sedimentos están relacionadas con los sitios donde existe la mayor acumulación de arcillas

4.3 AGUA

4.3.1 Contaminantes Orgánicos, PAH's

Los resultados de los análisis determinaron que no existían PAH's en concentraciones detectables, lo que es lógico debido a las propiedades hidrofóbicas de estos, que determinan una clara preferencia por la sorción en los sedimentos y más específicamente en la materia orgánica presente en ellos. Además luego de un año de ocurrido el derrame, los hidrocarburos más solubles (BTEX's y PAH's de bajo peso molecular) son degradados por fotodescomposición, acción bacteriana, además de la volatilización.

4.3.2 Contaminantes Inorgánicos, As

La concentración de arsénico en el agua de la laguna de Papallacta no parece tener una fuente única ni un patrón determinado. Su origen está asociado a las aguas geotermales de la zona, algunas de las cuales se mezclan con las aguas del río Tambo e ingresan a la laguna. Por otro lado, es probable que existan otros ingresos de tipo subterráneo que aporten volúmenes de agua con concentraciones de arsénico capaces de cambiar la concentración promedio del agua de la laguna (As en agua al momento del estudio 109 – 605 ppm).

Un análisis de los datos recopilados, permite observar que las concentraciones de As están relacionadas a las lluvias que se presentaron en el mismo período en ese sector, figura 7.

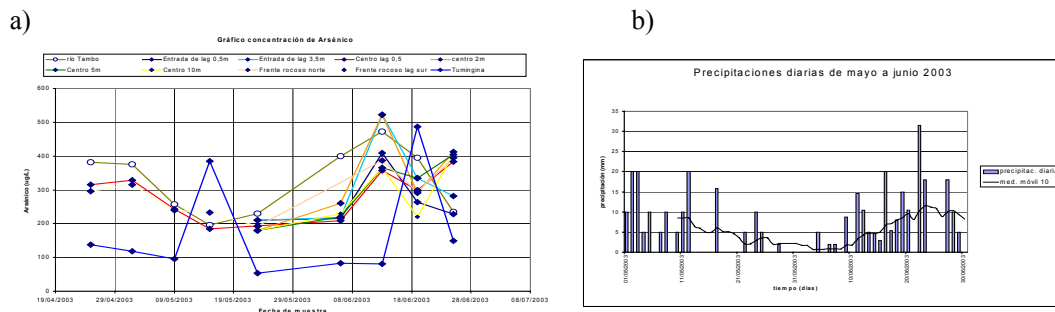


Figura 7.- a) Distribución espacio temporal de las concentraciones de As. b) Precipitaciones diarias registradas en la zona de Papallacta

5. CONCLUSIONES

Los trabajos de remediación de la laguna empezaron solamente 6 meses después del evento que generó el desastre; en ese tiempo, se produjo la removilización de contaminante que se encontraba depositado aguas arriba, en especial a lo largo del canal del río Sucus, donde, los bajos caudales de agua al momento del derrame produjeron que grandes cantidades de crudo se mezclen con el sedimento y queden en el lugar, para luego ser transportados con el flujo de las crecidas posteriores del río, en especial en los meses de Mayo y Junio.

A pesar de los esfuerzos de remediación después de transcurridos seis meses del desastre, es probable que el alto contenido de materia orgánica haya sorbido una gran cantidad de hidrocarburos dificultando así cualquier tipo de remediación además de la atenuación natural de la zona.

En la zona de ingreso a la laguna es donde se observó la mayor cantidad de crudo depositada, parte del cual fue movilizado a lo largo del canal de flujo, por donde fluye la corriente natural del agua, hacia la orilla izquierda; la presencia de barreras instaladas para detener el flujo del contaminante, represó parte del flujo por lo que aguas abajo de la barrera, la concentración de contaminantes encontrada fue mucho menor. Por otro lado, en las zonas más profundas de la laguna, donde la velocidad es más baja, el transporte fue menos efectivo.

Se determinó que la distribución final del contaminante depende de varios factores, tales como: presencia o ausencia de materia orgánica, velocidad, dirección del flujo y profundidad de la laguna; además de las propiedades físico químicas del contaminante (como la solubilidad).

El arsénico presente en el agua, es producto de la presencia de aguas termales de la zona. La sorción de arsénico en los sedimentos de la Laguna esta controlada por la presencia de arcillas.

Por otro lado, la gran cantidad de aportes orgánicos que recibe la Laguna pudieron y pueden estar generando cantidades mínimas de hidrocarburo y por lo tanto debe existir una comunidad de bacterias capaces de degradarlos. Este hecho se evidencia en los cromatogramas obtenidos de los análisis de las muestras de sedimento, que exhiben la presencia de hidrocarburos degradados.

El principal control de la distribución de los hidrocarburos en la laguna es el contenido de materia orgánica.

6. AGRADECIMIENTOS. – *Queremos expresar nuestros agradecimientos a ECUAVITAL S.A., quienes contrataron y apoyaron la ejecución de este trabajo; al MsC Rutilio Ortiz del Laboratorio de Análisis Físico Químicos del Ambiente, UNAM, México, por sus valiosos comentarios y apoyo científico.*

7. REFERENCIAS

- Bernal, 2002, Biodisponibilidad de hidrocarburos en suelos, *Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México*, México, pp 79.
- Culp, Wesner, Culp, 1986, Handbook of Public Water Systems, *editado por R. Williams y G. Culp, Van Nostrand Reinhold, Environmental Engineering Series*, Nueva York, 1113 p.
- Goyette y Brooks 1998, Creosote Evaluation: phase II, on line
- Heredia, E.,(b), 2003, Informe de la visita Técnica a la laguna de Papallacta, diciembre de 2003.
- Mutreja, K.N., 1990, Applied Hydrology, Tata Mcgraw Hill Publishing Company Limited, Nueva Deli, 959 p.