

Evaluación de la calidad del agua potable con relación a las actividades de exploración y producción de petróleo en la Región del Oriente de Ecuador

Preparado por: Dr. William D. Bellamy

Socio y Vicepresidente Ejecutivo

CH2M HILL

Denver, Colorado, EE. UU.

Breve información biográfica del Dr. William D. Bellamy

Soy Socio y Vicepresidente Ejecutivo de servicios globales del agua en CH2M HILL. En este cargo, me ocupo del liderazgo y la dirección del negocio global del agua en CH2M HILL y de la aplicación de tecnologías sustentables en todo el mundo. Mis grados incluyen un Doctorado en Ingeniería Ambiental y Civil por Colorado State University, una Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental y una Licenciatura en Ingeniería Eléctrica (Biomédica) por University of Wyoming. Soy ingeniero profesional (professional engineer, PE) matriculado, e Ingeniero Ambiental Matriculado por el Concejo (Board Certified Environmental Engineer, BCEE) y por la Academia Estadounidense de Ingenieros Ambientales (American Academy of Environmental Engineers, AEEE). Presto servicios en comités profesionales y de asesoramiento, incluyendo el Comité de Asesores Científicos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Board of Scientific Counselors for Drinking Water, USEPA), el Concejo Nacional Asesor del Agua Potable (National Drinking Water Advisory Council, NDWAC) de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA), el Concejo Asesor en Ciencias (Science Advisory Board, SAB) de la EPA del Comité Asesor de Seguridad Interior (Homeland Security Advisory Committee, HSAC), y en concejos asesores nacionales de universidades. Mi experiencia y actividades profesionales se han concentrado en sistemas de agua total y sustentabilidad del agua, con énfasis en agua potable. He participado en más de 200 estudios, diseños, construcción y operaciones de sistemas de agua en todo el mundo. Mi experiencia de proyecto incluye la dirección o el asesoramiento de proyectos de diseño y construcción con un valor aproximado de \$4000 millones y en estudios e investigación con un valor de alrededor de \$20 millones para asociaciones y agencias como la Asociación Americana de Obras Hídricas (American Water Works Association, AWWA), la Fundación para la Investigación de la AWWA, universidades, la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) y empresas públicas y privadas de servicios públicos. Soy autor o coautor de más de 100 artículos y presentaciones profesionales relacionadas con temas de agua potable, aguas residuales, reutilización y medio ambiente.

Certificación del autor

El informe adjunto representa fielmente mi conocimiento y opiniones sobre este tema.

Firma:

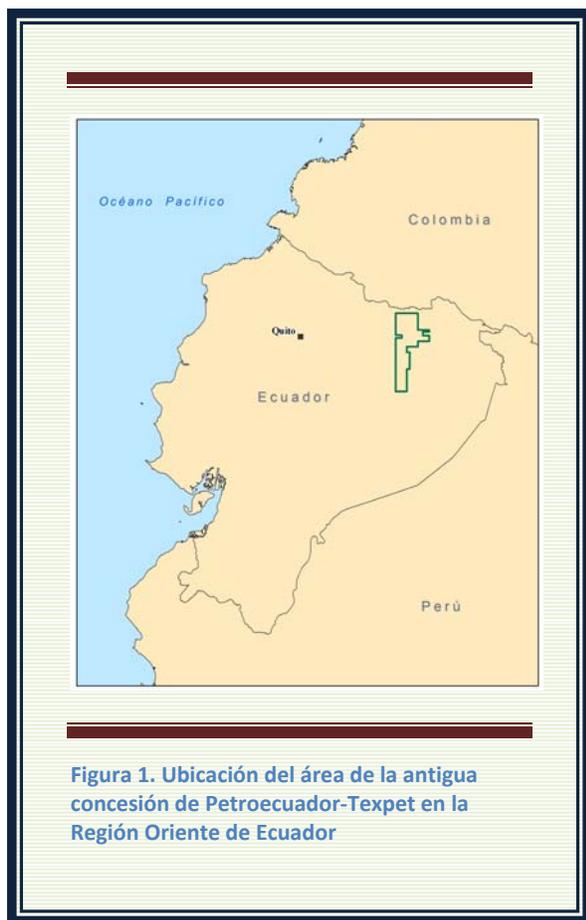


Fecha: 27 de agosto de 2010

Evaluación de la Calidad del Agua de Consumo con Relación a las Actividades de Exploración y Producción de Petróleo en la Región Oriente de Ecuador

Introducción

Este trabajo presenta una evaluación de los resultados analíticos de muestras de agua de consumo recolectadas en el área de la antigua concesión de Petroecuador-Texaco Petroleum (Texpet) en la Región Oriente de Ecuador. Este trabajo se concentra en una evaluación de los posibles impactos de la exploración y producción de petróleo sobre el agua de consumo con énfasis en la evaluación de las implicancias para la salud pública. La Figura 1 indica el área de la antigua concesión en la Región Oriente de Ecuador.



Chevron y otros recopilaron los datos de calidad del agua sometidos a revisión para este trabajo. La mayor parte de la información fue suministrada al Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe, conocido por su acrónimo CATHALAC. Además, también se ha revisado y resumido la información reunida a partir de muestras de sistemas públicos de suministro de agua recolectadas por Chevron y datos de estudios independientes. Toda la información está incluida en *“Responses to Statements by Mr. Cabrera Regarding Alleged Impacts to Water Resources in the Petroecuador-Texaco Concession Area”* Connor, John y Landázuri, Roberto, 29 de agosto de 2008. A continuación se incluye un resumen de la información de los resultados y protocolos para recolección de muestras y análisis de laboratorio.

Resumen de los Resultados

Los datos de estos estudios comprueban que actividades relacionadas con la exploración y producción petrolera no son un factor que afecte la calidad del agua de consumo en el área de la antigua

concesión. Por lo tanto, no hay evidencia de problemas de salud pública asociados con el agua de consumo y estas actividades.

Se han hecho varias investigaciones sanitarias sobre la calidad del agua en esta misma área, las cuales han sido reportadas en otros medios (Resumidas en Connor, J. y Landázuri, R., 2008). Estos sondeos han identificado problemas y riesgos para la salud pública relacionados con bacterias y otros organismos patogénicos. Los hallazgos de bacterias y patógenos en el agua de consumo no están relacionados con la exploración y producción de petróleo y no son relevantes dentro de una discusión sobre la salud pública y el estado de la calidad del agua en cuanto a las actividades de exploración y producción. Como se

expresó anteriormente, este trabajo trata sobre los compuestos relacionados con el petróleo, incluyendo hidrocarburos de petróleo y metales.

Consideraciones para la Evaluación

Para evaluar los aspectos del agua de consumo relacionados con la salud pública, hay varias consideraciones que deben atenderse para asegurar resultados precisos y significativos. Tres de las consideraciones más importantes son las siguientes:

- Muestreo apropiado
- Análisis apropiados
- Estándares y criterios de comparación basados en la salud

A continuación se trata cada uno de estos temas por separado.

Muestreo Apropiado

Las pautas de muestreo para la recolección, preparación, almacenamiento y cadena de custodia de muestras están detalladas en el Plan de Muestreo para la Evaluación Ambiental de Sitios de Inspección Judicial, Región Oriente, Ecuador. El Plan de Muestreo fue preparado de acuerdo con las reglamentaciones y pautas aplicables de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency, USEPA) relacionadas con el muestreo de medios ambientales (USEPA, 1996a, 2002b). El Plan de Muestreo fue desarrollado conjuntamente por Chevron y los Demandantes en el juicio de María Aguinda y otros contra Chevron.

Un tema importante en la interpretación de datos de calidad del agua es la validación de la cadena de custodia. La cadena de custodia documenta la recolección, el transporte y la manipulación de las muestras desde el punto de muestreo hasta el laboratorio. Sin una cadena de custodia válida, los resultados no son aceptables para una evaluación profesional. En este caso, se revisaron los registros de la cadena de custodia y se constató que estaban en orden.

Métodos Analíticos Apropiados

Los métodos analíticos de laboratorio están detallados en el Plan de Análisis para la Evaluación Ambiental de Sitios de Inspección Judicial, Región Oriente, Ecuador. El Plan de Análisis presenta los procedimientos de laboratorio apropiados para analizar muestras de suelo, agua, brillo de petróleo e hidrocarburos. El Plan de Análisis fue preparado de acuerdo con las reglamentaciones y pautas aplicables de la USEPA con relación al análisis de laboratorio de medios ambientales (USEPA, 1983, 1993, 1996a y b, 2000, 2001, 2002b). El Plan de Análisis fue desarrollado conjuntamente por Chevron y los Demandantes en el juicio de María Aguinda y otros contra Chevron. El protocolo usado para estos análisis es apropiado para el objetivo de la investigación, es decir, la evaluación del riesgo para la salud pública, y para evaluar el posible impacto de la exploración y producción de petróleo sobre la calidad del agua de consumo.

Estándares para Agua de Consumo Basados en la Salud

Resulta imperativo que se utilicen estándares basados en la salud aplicables al agua de consumo como criterios para evaluar la calidad del agua de consumo y el riesgo para la salud pública. Los criterios de salud pública utilizados para esta evaluación se basan en los estándares y pautas de agua de consumo establecidas por la USEPA y por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estos estándares son reconocidos en todo el mundo como protectores de la salud pública con respecto al agua de consumo.

Se utilizaron tres categorías de criterios de evaluación para evaluar los análisis de agua de consumo: 1) estándares primarios de la USEPA y de la OMS (conocidos en los Estados Unidos con el nombre de Límites Máximos de Contaminantes, *Maximum Contaminant Levels*, MCLs), 2) estándares o pautas secundarias de la USEPA y de la OMS, y 3) criterios establecidos para los compuestos para los cuales se realizaron pruebas, pero no existen estándares ni pautas de salud pública. La Tabla 1 presenta los parámetros analíticos y los criterios de evaluación utilizados para esta evaluación.

Tabla 1: Parámetros analíticos incluidos en el análisis de las muestras de agua			
BTEX, acrónimo que da nombre a los siguientes compuestos:			
<ul style="list-style-type: none"> • Benceno ¹ • Tolueno ¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Etilbenceno ¹ • Xilenos (totales) ¹ 		
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)			
<ul style="list-style-type: none"> • Acenafteno ² • Acenaftileno ² • Antraceno ² • Benzo (a) antraceno ² • Benzo (a) pireno ¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Benzo (b) fluoranteno ² • Benzo (ghi) perileno ² • Benzo (k) fluoranteno ² • Criseno ² • Dibenzo (a,h) antraceno ² 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluoranteno ² • Fluoreno ² • Indeno (1,2,3-cd) pireno ² • Naftaleno ² • Fenantreno ² • Pireno ² 	
Hidrocarburos totales de petróleo (TPH) ⁴			
<ul style="list-style-type: none"> • Orgánicos del rango diesel ⁴ 		<ul style="list-style-type: none"> • Orgánicos del rango gasolina ⁴ 	
Inorgánicos indicativos de posible contaminación por agua de producción			
<ul style="list-style-type: none"> • Bario ¹ • Cadmio ¹ • Cromo ¹ • Cobre ¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Plomo ¹ • Mercurio ¹ • Níquel ¹ • Vanadio ² 	<ul style="list-style-type: none"> • Zinc ¹ • Cloruro ³ • Sólidos Disueltos Totales ³ 	
<p>¹ Estos componentes tienen Límites Máximos de Contaminantes establecidos por la USEPA y/o la OMS.</p> <p>² Criterios establecidos por aplicación del método de evaluación de riesgo de la EPA.</p> <p>³ Normas secundarias establecidas por la USEPA por motivos estéticos y de aceptabilidad, no directamente de salud pública.</p> <p>⁴ Los TPH, incluidos los orgánicos del rango diesel y los orgánicos del rango gasolina, no tienen estándares basados en salud establecidos por la USEPA ni por la OMS, y tampoco es razonable establecer normas estéticas o de salud pública ya que éstas son mediciones no específicas. Se usó un criterio de 0,5 mg/L como sugirió el gobierno ecuatoriano como nivel que puede indicar impactos del petróleo en el agua de consumo.</p>			

Para proteger la salud pública, los estándares primarios de agua de consumo de la EPA y de la OMS (MCL, tal como se indica en la nota al pie número 1) deben ser cumplidos en todo momento. Los valores de los MCLs seleccionados para esta evaluación son los valores más estrictos de la USEPA y de la OMS (es decir, la concentración más baja).

Los estándares secundarios (indicados mediante nota al pie número 3) deben ser usados como pautas. No están relacionados a la salud pública; no obstante, han sido establecidos como criterios estéticos, como el sabor y el aspecto.

Había componentes incluidos en la lista de parámetros analíticos que no tienen estándares primarios ni secundarios (indicados en la Tabla 1 en la nota al pie número 2). Quince de los parámetros son elementos orgánicos asociados con el petróleo y uno era el metal vanadio. Ellos fueron incluidos para ayudar a evaluar los posibles impactos de las actividades de exploración y producción. Se establecieron criterios de evaluación para estos componentes en base a la metodología de la EPA para la generación de estándares primarios de salud. Este método también sirve de base para la evaluación de implicancias para la salud pública.

Un parámetro adicional incluido en la lista de parámetros analíticos son los Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH, indicados en la Tabla 1 en la nota al pie 4). Este no es un compuesto específico sino que es simplemente una medida de los hidrocarburos con pesos moleculares en el rango de hidrocarburos de diesel o gasolina. No hay implicancias para la salud pública asociadas con esta medición. La OMS consideró, pero no estableció, un estándar de salud para los TPH porque la medición no es específica (Productos Derivados del Petróleo en el Agua Potable, *Petroleum Products in Drinking-water*, Documento de referencia para el desarrollo de las Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable, Organización Mundial de la Salud, 2005). Es un posible indicador de la contaminación del agua con petróleo (si se emplean métodos analíticos apropiados); por lo tanto, ha sido incluido en esta evaluación.

Resultados y Evaluación

A continuación se presenta un resumen de los datos revisados y una evaluación de las implicancias para la salud pública. Entre 2004 y 2007, se recolectaron muestras de agua de consumo durante 253 eventos de muestreo en más de 80 sitios dentro del área de la antigua concesión. Esta información fue presentada por Connor, J. y Landázuri, R. 2008, citados anteriormente.

La Tabla 2 presenta un resumen de las fuentes de datos, los períodos de muestreo y el número de muestras. Como se puede observar, se han tomado muchas muestras y se han realizado muchos análisis en el área de la antigua concesión. Esta evaluación incluye los resultados de 253 eventos de muestreo; todas las muestras fueron recolectadas de fuentes de agua de consumo. Combinando los parámetros analíticos de la Tabla 1 con el número de muestras de la Tabla 2 da como resultado más de 7.000 análisis de calidad de agua (no se analizaron todos los parámetros en todas las muestras).

Tabla 2: Resumen de recuento de muestras y de fuentes de datos para la evaluación del agua de consumo relacionada a las actividades de exploración y producción de petróleo en la Región Oriente de Ecuador	
Fuentes de datos	Muestras de agua de consumo
	Número de muestras
Inspecciones Judiciales 2004 – 2007 (entregadas a CATHALAC por Chevron)	174
Visitas del Sr. Cabrera 2007, (entregadas a CATHALAC por Chevron)	53
Datos de Estudios Independientes 1999 – 2007	7
Muestreo de Sistemas de Suministro Público Mayo de 2008	19
Total	253

A continuación se presenta una evaluación de los resultados analíticos basada en:

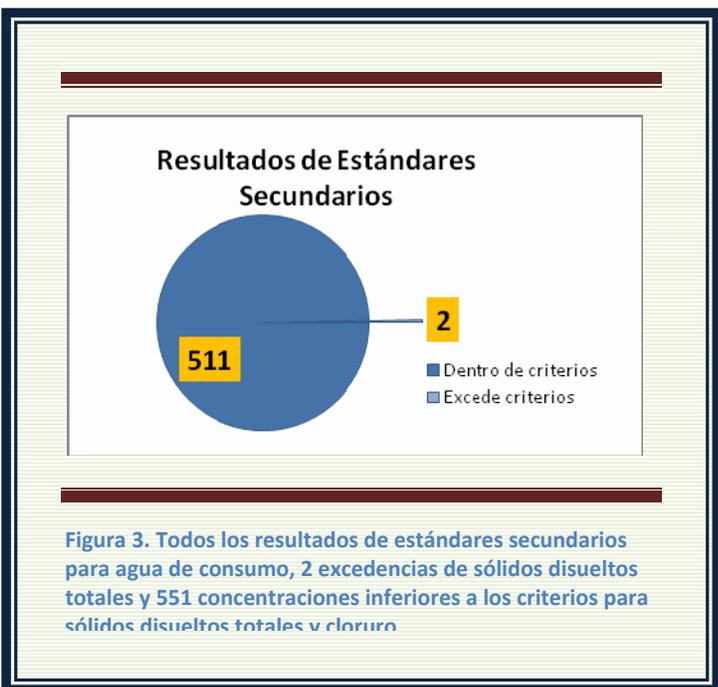
- Implicancias de los resultados analíticos para la salud pública
- Guías secundarias de salud pública
- Implicancias analíticas adicionales

Implicancias de los Resultados Analíticos para la Salud Pública

La preocupación sobre la salud pública está relacionada con los resultados para el agua de consumo cuando uno o más de los resultados analíticos superan rutinariamente los MCLs presentados en la Tabla 1 (identificados en la nota al pie número 1).

Los hallazgos sobre el agua de consumo consideran 2.759 resultados analíticos para los 13 compuestos relacionados con el petróleo que tienen MCL asignados, es decir, compuestos que constituyen una posible amenaza para la salud pública. De estos 2.759 resultados, sólo una concentración en una muestra fue superior que su MCL. Esta muestra excedió el criterio para plomo de 0,010 mg/L. El valor fue de 0,03 mg/L. Se desconoce la causa de esta excedencia; sin embargo, esta única excedencia no indica un riesgo para la salud pública derivado de las operaciones petroleras. Se hicieron pruebas del agua de producción y del petróleo crudo para averiguar el contenido de plomo, y las concentraciones resultantes fueron inferiores a los MCL (*BTEX, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, Trace Metal Content and Bulk Properties of Crude Oils from Ecuador*, Proyecto Chevron Texaco en Ecuador, Dr. Gregory S. Douglas, 11 de diciembre de 2007). Por lo tanto, es poco probable que el plomo sea resultado de las actividades de exploración y producción de petróleo.

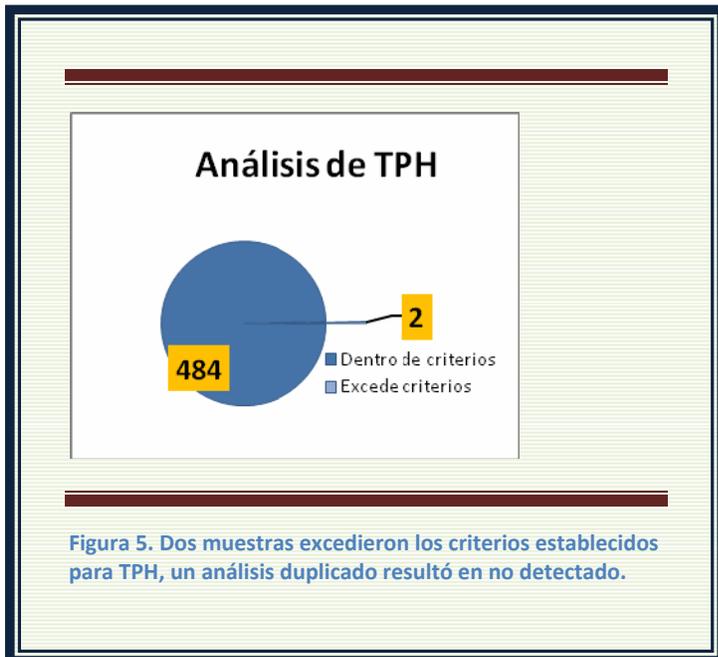
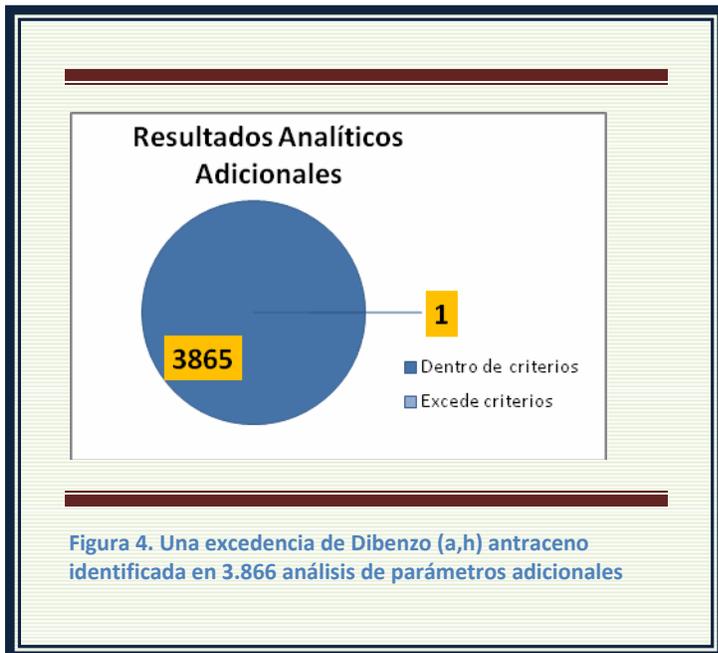
Guías Secundarias para la Salud Pública



Se realizaron 513 análisis para los componentes que tienen estándares secundarios, de los cuales dos excedieron los criterios de sólidos disueltos totales (TDS) de 500 mg/L. Ninguno de los análisis de cloruro excede su criterio secundario. Como se mencionó anteriormente, los TDS no representan un riesgo para la salud pública; es una medida de estética y de sabor percibido por el ser humano. Los TDS constituyen un indicador de materia inorgánica disuelta en una fuente de agua. Las excedencias de TDS fueron de 904 mg/L y de aproximadamente 3600 mg/L (esta última, medida como conductividad).

Implicancias Analíticas Adicionales

Se agregaron dieciséis componentes adicionales a la lista de parámetros para evaluar de manera más completa el posible impacto de la exploración y producción en la Región Oriente. Quince de estos parámetros son componentes orgánicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos, PAH) asociados con petróleo, y uno es el metal vanadio.



Como se describió anteriormente, los criterios de evaluación para estos compuestos se determinaron siguiendo los procedimientos usados por la USEPA.

Se completaron 3.866 análisis para estos 16 componentes (Figura 4). Hubo una sola excedencia del criterio para el compuesto Dibenzo (a,h) antraceno. Una muestra duplicada del mismo sitio de muestreo resultó en valor de no detectado.

También se evaluaron los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en el agua de consumo. Como se indicó anteriormente, no hay problemas de salud pública asociados con este parámetro. De los 486 análisis para compuestos orgánicos de rango diesel o rango gasolina, sólo dos excedieron el criterio de 0,5 mg/L. Un duplicado de la muestra en uno de los sitios resultó en la no detección de TPH. No hubo un duplicado de la muestra para el segundo análisis.

Estos resultados proporcionan evidencia adicional de que no hubo impacto derivado de las actividades de exploración y producción sobre el suministro de agua de consumo. Por lo tanto, no habría ningún impacto sobre la salud humana asociado con el agua de consumo en el área de la antigua concesión.

Resumen

En base a los resultados de más de 7.000 análisis de 253 eventos de muestreo de agua de consumo en la región Oriente de Ecuador por parte de Chevron y otros, no hay indicación de problemas de salud pública relacionados con el agua de consumo como resultado de las actividades de exploración y producción de petróleo en el área de la antigua concesión. Los datos demuestran que la contaminación relacionada con el petróleo no es un problema en este caso. Por lo tanto, no hay evidencia de problemas de salud pública relacionados con la exploración o producción de petróleo.

Sólo uno de 2.759 análisis excedió los MCLs relacionados con salud pública. La excedencia fue por el plomo, que no se relaciona con las operaciones de exploración y producción de petróleo. Dos muestras excedieron el estándar secundario (no relacionado con la salud) de los sólidos disueltos totales (TDS). Una muestra excedió los criterios asignados para Dibenzo (a,h) antraceno; sin embargo, el análisis de un duplicado resultó en no detectado. Dos muestras excedieron el criterio para TPH. El duplicado de una muestra en uno de los dos sitios tuvo como resultado una concentración de TPH de no detectado.

La falta de detecciones significativas de TPH, PAH y metales, y la no detección de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos en el agua de consumo fundamenta también la conclusión de que no hubo impactos relacionados con el petróleo en los sistemas de agua de consumo en el área de la antigua concesión. Esto permite concluir que no hubo impactos de salud pública derivados del agua de consumo como resultado de actividades de exploración y producción de petróleo.



State of Texas)
)
County of Travis) ss:

Certificate of Accuracy

This is to certify that the attached translation is, to the best of our knowledge and belief, a true and accurate translation from English into Spanish of the document entitled:

***BIO AND EXPERT REPORT OF DR. WILLIAM D. BELLAMY:
“Agricultural Evaluation of Drinking Water Quality Related to Petroleum Exploration and
Production Activities in the Oriente Region of Ecuador”***

Dated: September 10, 2010

Christopher Browne
Senior Sales Engineer
Merrill Corporation



Sworn to and signed before
Me, this 10th day of
September 2010

Notary Public