

**FASE I MONITOREO AMBIENTAL:
Abril 2010 Evaluación de Muestras de Agua**

24 de agosto, 2010

Preparado por:

David Atkins
Michael McClean
Daniel Brooks

Contribuciones de:

Ashley Miller
Rebecca Laws

Traducido por:

Irving S. Góngora

Escuela de Salud Pública de la Universidad de Boston
715 Albany St - Boston, MA 02118

INTRODUCCIÓN

El equipo de la Universidad de Boston (BU), en colaboración con la Oficina del Asesor de cumplimiento/Ombudsman de la IFC y la MIGA, llevaron a cabo un estudio enfocado en el muestreo de agua los días 27-28 de Abril del 2010, a petición de los participantes de la mesa de diálogo. El estudio se enfocó en seis lugares identificados por los miembros de ASOCHIVIDA durante talleres focales llevados a cabo por la BU/CAO por ser de principal interés y donde hay o existió una comunidad conocida y/o exposición de trabajadores al agua. Las muestras de aguas fueron analizadas en el laboratorio ambiental del Grupo de Laboratorios ALS en Houston, Texas (ALS).

Esta primera fase de monitoreo ambiental tenía como propósito analizar un pequeño número de muestras de agua para un gran número de contaminantes, incluyendo metales pesados, plaguicidas, herbicidas y compuestos orgánicos industriales comúnmente utilizados (incluyendo compuestos orgánicos semi volátiles [COSV] y compuestos orgánicos volátiles [COV]). La calidad del agua es un reflejo de las actividades en la tierra que generan contaminación. Por ejemplo, los químicos que se escurren de los campos agrícolas se recolectan en arroyos, cauces y estanques. Por lo tanto la calidad del agua es un buen indicador y medible, de las condiciones generales del medio ambiente porque es un reflejo de todo lo que ha sucedido en los terrenos circundantes. El muestreo del estudio se enfocó en áreas donde existe una alta probabilidad de que un gran número de personas pudieran estar expuestas a través del contacto con el agua en y cerca de la propiedad del Ingenio San Antonio (ISA).

MÉTODOS

Equipo de Estudio

El equipo de muestreo estaba conformado por miembros del equipo de estudio de BU (Oriana Ramírez y Juan José Amador), el asesor técnico de CAO (David Atkins) y una asistente de campo de Nicaragua (Valeria Delgado del Centro de Investigación de Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua [UNAN-CIRA]). Los siguientes observadores de Nicaragua Sugar Estates Limited (NSEL) y ASOCHIVIDA acompañaron al equipo de campo durante la recolección de las muestras:

- NSEL: Ing. Luis Cepeda, administrador de recursos de agua; Ing. Ivette Reyes, coordinadora ambiental; Ing. Luis Enrique Martínez, Recursos humanos y observador (supervisor) designado para esta evaluación.
- Miembros de la junta de ASOCHIVIDA: Salvador Soto Borrada, Donald Cortés, Ezequiel Ramírez Salgado, Cecilio José Ferrufino Rojas.

Lugares de Muestreo

BU y CAO llevaron a cabo entrevistas con los miembros de ASOCHIVIDA en Febrero del 2010 para identificar los lugares donde existe preocupación de la comunidad o de los trabajadores. Estas entrevistas identificaron los siguientes lugares:

- Río Guanacastal
- Río Cuitanca
- Río Zopilotea

- Río Jordán
- La Cachacera (aguas residuales de la fábrica de licor)
- Fosa Séptica de la fábrica de licor (Reparto Wells, Chichigalpa)
- La Mierdosa (aguas residuales dentro del ISA)
- Presas (reservas de agua): El Galillo, 3 Ríos, Zepeda y otras en comunidades tales como El Carmen (Martirio), Santa Isabel, Santa Teresa, San Luis, San Rafael, El Polvón, El Chorizo y Jericó
- Pista de Aterrizaje del Avión en el ISA.

El equipo de BU/CAO visitó todos los posibles sitios de muestreo el 27 de Abril del 2010 para identificar y seleccionar un subconjunto de seis lugares. El reconocimiento fue llevado a cabo en consulta con los observadores de ASOCHIVIDA y NSEL. Al equipo se le brindó acceso completo a la propiedad del ISA durante el reconocimiento y el equipo fue capaz de visitar cada posible lugar de muestreo, los que se enumeran a continuación (nota: todas las coordenadas del GPS son datos WGS84):

- 1) Pozo El Gobierno
 - a. Pozo excavado a mano con brocal, cerca de las colonias anteriores; todavía es utilizado como suministro de agua por los trabajadores.
 - b. El nivel del agua estaba alrededor de 5m bajo la superficie.
 - c. Localización GPS: N 12°27'28.2"; W 87°03'03.2"
- 2) Lago Jericó
 - a. Parte del sistema Tres Ríos
 - b. Recibe agua procesada de la fábrica
 - c. Además ha recibido escurrimientos de los campos
 - d. El agua se utiliza para riego por gravedad
 - e. Un canal con agua muy negra y olor fuerte alimenta este lago.
 - f. La gente está en contacto con esta agua cuando trabaja en riego.
 - g. Localización GPS: N 12°29'39.3"; W 87°03'54.9"
- 3) Presa San Rafael
 - a. Parte del sistema de Tres Ríos
 - b. Contiene agua negra con mal olor.
 - c. Localización GPS: N 12°29'39.3"; W 87°05'25.3"
- 4) Río Jordán
 - a. Contiene agua limpia – se observaron algunos peces pequeños.
 - b. ASOCHIVIDA informa que ellos solían nadar y recoger agua aquí.
 - c. Localización GPS: N 12°29'02.6"; W 87°05'39.9"
- 5) La Mierdosa
 - a. También es parte del sistema Tres Ríos
 - b. Lleno de lodo burbujeante de color negro – bagazo
 - c. Localización GPS: N 12°30'30.3"; W 87°-03'51.6"
- 6) Lago Zepeda
 - a. Al lado abajo de Chichigalpa
 - b. Contiene aguas de la fosa séptica.
 - c. Utilizada para riego.
 - d. Localización GPS: N 12°31'28.9"; W 87°02'27.2"

- 7) El Martirio/Presa Martirio
 - a. Contiene la descarga de la planta de azúcar (bagazo)
 - b. Localización GPS del Canal: N 12°32'18.8"; W 87°05'10.7"
 - c. Localización GPS de la Presa: N 12°32'23.1"; W 87°05'08.0"
- 8) Colonia el Carmen
 - a. Ahora es solamente un campo – no hay lugar que muestrear
- 9) Zopilote en Chichigalpa
 - a. Localizado abajo de la Licorera
 - b. Fluido muy lento de agua clara
 - c. Localización GPS: N 12°34'20.3"; W 87°01'22.8"
- 10) Planta de tratamiento de aguas residuales de descarga de Chichigalpa
 - a. La descarga contiene agua doméstica de la planta de tratamiento y la Licorera
 - b. Localización GPS de la tubería a la superficie: N 12°33'30.7"; W 87°01'26.7"
 - c. Localización GPS de la confluencia: N 12°33'29.8"; W 87°01'25.6"
- 11) Río Guanacastal
 - a. Misma corriente que el Río Chichigalpa pero más abajo y en la propiedad del ISA
 - b. Localización GPS: N 12°33'02.8"; W 87°01'29.2"
- 12) Pista de Aterrizaje
 - a. No hay agua superficial ni pozos en esta área.
 - b. Se observe un pozo en la casa cerca de la pista de aterrizaje.
 - c. Localización GPS: N 12°32'27.5"; W 87°02'10.8"
- 13) El Chorizo – la Cachacera (Lago)
 - a. Contiene aguas residuales no tratadas del Reparto de Las Palmeras y el agua de la Licorera
 - b. Localización GPS: N 12°33'19.3"; W 87°02'06.0"
- 14) El Galillo
 - a. El agua subterránea profunda es bombeada a la superficie y mantenida en este embalse
 - b. Mucha gente vive alrededor del embalse y lo utiliza para nadar y bañarse.
 - c. Localización GPS: N 12°33'11.2"; W 87°02'16.3"
- 15) Río Cuitanca
 - a. Localización GPS: N 12°32'39.4"; W 87°03'09.3"

Después de la gira de campo, el equipo de BU/CAO seleccionó los lugares prioritarios con ASOCHIVIDA y NSEL. Los miembros de la junta de ASOCHIVIDA identificaron un nuevo lugar de prioridad que no estaba en la lista original – Pozo El Parqueo – durante estas discusiones. Este pozo está ubicado en un área de parqueo en la propiedad del ISA donde se llenan las pipas de agua. Los miembros de ASOCHIVIDA también dijeron que ellos solían llenar sus pichingas de agua en este pozo profundo. La lista final de los seis lugares prioritarios que fueron muestreados durante este estudio, acompañado de la localización GPS, se presenta a continuación:

- 1) Pozo el Parqueo: N 12°31'42.3"; W 87°02'59.0"
- 2) Pozo el Gobierno: N 12°27'28.2"; W 87°03'03.2"
- 3) Lago San Rafael: N 12°29'39.3"; W 87°05'25.3"
- 4) Lago Jericó: N 12°29'39.3"; W 87°03'54.9"

- 5) Lago el Martirio: N 12°32'19.7"; W 87°05'10.8"
- 6) Pozo el Galillo: N 12°32'39.4"; W 87°03'-09.3"

Recolección de Muestras

ALS proporcionó los siguientes materiales (enviados desde las instalaciones de su laboratorio en Houston, Texas) y el apoyo logístico para la recolección y envío de muestras:

1. Contenedores de muestras
2. Formularios de Cadena de custodia.
3. Etiquetas de las muestras
4. Contenedores de envío (termos)
5. Envío de las botellas de muestras en termos hacia Managua (materiales recibidos por Juan José Amador del equipo de BU)
6. Documentación necesaria para importar las muestras de Nicaragua a los Estados Unidos (por ejemplo: los permisos de importación de la USDA)
7. Logística para la transferencia de las muestras del equipo de BU/CAO al laboratorio analítico en el aeropuerto de Houston.

Algunas de las muestras (metales, COV, y EDB/DBCP) requirieron que se les añadiera una pequeña cantidad de ácido nítrico ó clorhídrico a la botella antes de la recolección. Debido a que éstos ácidos son sustancias controladas que requieren de permisos nacionales para manipular y adquirir, el quipo de BU/CAO trabajó con el laboratorio de la UNAN-CIRA para la adquisición de los mismos. Los materiales disponibles de UNAN-CIRA fueron financiados por los Estados Unidos y cumplen con los criterios de calidad estrictos requeridos para el proyecto.

Todas las muestras fueron recolectadas el 28 de Abril del 2010. Al inicio del día, el equipo de BU/CAO calibró los parámetros del instrumento de campo (un multímetro digital marca Hanna) utilizando los siguientes estándares: 3 puntos de calibración de pH (pH 4.0, 7.0 y 10.0), nivel de conductividad (1409 $\mu\text{s}/\text{cm}$ leído 1414 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y oxígeno disuelto (leído 99.9% de saturación).

El equipo de BU/CAO seleccionó el orden de recolección de las muestras. En cada lugar, el equipo primero midió los parámetros del campo y luego llenó las botellas de recolección de muestras. Las botellas fueron llenadas tanto directamente de la fuente, si una corriente de agua de la fuente podía ser dirigida hacia la botella (por ejemplo: un pozo con una llave) o en Whirl-Pak® desechable, vasos estériles de recolección de muestras conectados a un soporte de la muestra, si el dispositivo de toma de muestras necesitaba ser bajada a la fuente de agua. Las muestras fueron recolectadas como agua entera y no filtrada. Las botellas llenas con las muestras fueron etiquetadas con el número de muestra, hora y fecha y ubicadas sobre hielo en los termos. Se utilizó un vaso nuevo recolector de muestra en cada lugar de toma y todas las botellas de muestras recibidas de ALS estaban nuevas. Los lugares de muestreo, métodos y números de recolección, se detallan a continuación:

1. Pozo El Parqueo. Las botellas fueron llenadas directamente de la llave de agua. La muestra fue recogida a las 10:10 a.m. y le fue dado el numero de muestra 100001
2. Pozo El Gobierno. El vaso de recolección de muestra Whirl-Pak® fue bajado hacia el pozo utilizando una cuerda. La muestra fue recogida a las 11:10 a.m. y se le dio el numero de muestra 100002.

3. Presa San Rafael. El vaso de recolección de muestra Whirl-Pak® fue adherido a una vara y bajado a la superficie del agua. La muestra fue recogida a las 12:15 pm y se le dio el número de muestra 100003.
4. Lago Jericó. El vaso de recolección de muestra Whirl-Pak® fue adherido a una vara y bajado a la superficie del agua. La muestra fue recogida a la 1:20 pm y se le dio el número de muestra 100004.
5. Lago Martírio. El vaso de recolección de muestra Whirl-Pak® fue adherido a una vara y bajado a la superficie del agua. La muestra fue recogida a las 2:15 pm y se le dio el número de muestra 100005.
6. Pozo Galillo. El vaso de recolección de muestra Whirl-Pak® fue adherido a una vara y colocado bajo la vertiente del tubo de descarga. La muestra fue recogida a las 2:50 pm y se le dio el número de muestra 100006.

Transporte y Custodia de las Muestras

La recolección de muestras se completó el 28 de abril del 2010 y el equipo de la UB/CAO regresaron con las muestras a Managua en el mismo día. Las muestras se guardaron en refrigeradores por la noche en un cuarto enlavadado de la UNAN-CIRA en Managua. La mañana siguiente (29 de abril del 2010), el Sr. Atkins, el Dr. Amador y la Sra. Delgado empacaron cinco termos de muestras, los que contenían las seis muestras a ser enviadas. Después que fueron empacados, los termos fueron llevados al aeropuerto en Managua, donde el Sr. Atkins registró los termos como equipaje para su vuelo internacional de Managua a Houston, Texas. Ya en Houston, el Sr. Atkins recogió los termos, los pasó por aduanas en el aeropuerto y se reunió con un representante del Laboratorio Ambiental ALS, en la terminal del aeropuerto. Los termos fueron cargados en el vehículo de entrega de ALS y llevados al laboratorio la noche del 29 de abril del 2010. El tiempo total entre la recolección de las muestras y la entrega al laboratorio fue menos de 36 horas y las muestras arribaron en buenas condiciones y a la temperatura especificada (4 grados Celsius), con tan solo una excepción. Una de las botellas de muestras se quebró durante el envío (muestra número 100005, Lago El Martirio, COSV), pero esta botella quebrada resultó únicamente en la pérdida de información de COSV en esta ubicación en específico. Todos los demás químicos para esta ubicación (por ejemplo COV, metales, plaguicidas, herbicidas, etc.) fueron analizados.

Análisis de las Muestras

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Ambiental ALS en Houston, Texas. ALS es una red internacional de laboratorios con capacidades de muy alto nivel. El equipo de muestreo ha trabajado con ALS en otros proyectos y los resultados de la muestra han pasado rigurosas pruebas de control de calidad. Además, ALS es uno de los únicos once laboratorios en los Estados Unidos en ser aceptados dentro del riguroso Programa de Contrato de Laboratorios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

Las muestras fueron analizadas por contaminantes comunes del agua (incluyendo los contaminantes prioritarios de la EPA) así como también por químicos que han sido identificados por NSEL o ASOCHIVIDA y que son utilizados actualmente o fueron utilizados en el pasado en el área (vea el Apéndice para una lista completa de los químicos analizados).

Los contaminantes prioritarios son un conjunto de contaminantes químicos que la EPA de los EEUU regula y para los que la EPA ha publicado métodos de pruebas analíticas. La lista incluye 126 químicos que han sido reportados como encontrados en el agua con una frecuencia de aparición de al menos 2.5%. Además, los químicos han sido producidos en cantidades significativas y por ende son relativamente comunes en el ambiente. Existen criterios de calidad del agua para estos contaminantes tal como se indica en el Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de la EPA de los EEUU (máximos niveles de contaminantes o MNC) y/o el Criterio Nacional de Calidad de Agua Recomendado de la EPA de los EEUU. De acuerdo a conocimiento científico actual, el consumo de agua que contiene concentraciones de químicos por debajo de estos criterios no es susceptible de perjudicar la salud humana.

También las muestras fueron analizadas por químicos que no están incluidos en la lista de contaminantes prioritarios, pero que han sido identificados como posibles contaminantes de interés de NSEL o ASOCHIVIDA. Los análisis incluyeron químicos que pudieron no ser utilizados en el área, pero el método analítico para cada clase de compuesto (por ejemplo: COV, COSV, plaguicidas, herbicidas, etc.) incluye múltiples compuestos por el mismo costo de identificar la concentración de un único compuesto. En total, se evaluó la concentración de cerca de 200 compuestos químicos diferentes en cada lugar de muestreo (véase Apéndice).

La tabla 1 presenta una lista de parámetros, los métodos analíticos de la EPA de EEUU, el número total de compuestos probados para cada método de análisis, el volumen y tipo del contenedor de la muestra y los métodos de preservación de la muestra.

Tabla 1. Resumen de análisis de químicos

Parámetros	Método Analítico de la EPA de EEUU	Número de compuestos	Volumen del contenedor de la muestra	Tipo de contenedor de la muestra	Reactivo de preservación	Cantidad	Tiempo aceptable de espera
Metales	6020/7000	14	500 mL	P	HNO ₃ pH < 2	2 mL	6 meses
COV	8260C	48	2x40 mL	V-TLC	HCl pH<2	0.2 mL	14 días
COSV	8270D	65	1000 mL	V-TLC-Amb	na		7 días
Plaguicidas Organoclorados	8081A	22	1000 mL	V-TLC-Amb	na		7 días
Plaguicidas Organofosforados	8141	20	1000 mL	V-TLC-Amb	na		7 días
Herbicidas Clorados	8151A	10	1000 mL	V-TLC-Amb	na		7 días
EDB/DBCP	8011	1	2X40 mL	V-TLC-Amb	HCl pH<2	0.2 mL	7 días
Diquat/Paraquat	549.2	2	1000 mL	V-TLC-Amb	na		7 días
Glifosato	547	1	250 mL	V-TLC-Amb	na		7 días
Total de Compuestos:		183					

Notes:

P = polietileno

V-TLC-Amb = vidrio, tapa revestida de teflón, ámbar

HNO₃ es 50% DI, 50% ácido

HCl es 50% DI, 50% ácido

Métodos Implementados para Garantizar la Credibilidad de los Resultados de las Muestras

El equipo de muestreo implementó varios métodos para asegurar que los resultados de las muestras sean confiables, incluyendo:

- El laboratorio (ALS) es independiente de la CAO, IFC, BU, NSEL y ASOCHIVIDA.

- Las muestras se etiquetaron de tal forma que el laboratorio no supiera donde habían sido recolectadas (por ejemplo: cada muestra se identificó con un número y no con el nombre del sitio) y por ende ni qué tipo de resultados esperar.
- Las muestras y los termos de envío estuvieron en control físico del equipo de la CAO/BU en todo momento entre la recolección y su recibido en el laboratorio, con la excepción del tiempo que las muestras fueron manejadas por el personal de equipaje en el aeropuerto de Managua y Houston y guardadas en el lugar de carga en el avión.
- El equipo de BU/CAO selló los termos con “sellos de custodia” especiales para asegurar que ellos no fuesen manipulados dentro de este período. Los sellos de custodia estaban intactos cuando los termos se entregaron al laboratorio en el aeropuerto de Houston, demostrando que la custodia de las muestras se mantuvo.
- El programa incluía el análisis de una muestra para control de calidad la que contenía una cantidad conocida de plaguicidas y herbicidas. Esta muestra sirve como control para ver si el laboratorio reportaba los valores correctos. Los resultados de las muestras de control de calidad están dentro de los límites de tolerancia aceptables para los herbicidas y plaguicidas analizados, indicando que el laboratorio si fue capaz de medir con precisión una cantidad conocida de estos químicos y que los resultados de las muestras recogidas son confiables.

RESULTADOS

Cada una de las seis muestras de agua fue analizada por seis parámetros de campo (oxígeno disuelto, pH, temperatura, conductividad específica, total de sólidos disueltos y potencial de oxidación/reducción [redox]) y los siguientes 183 químicos¹:

- 14 *Metales*, incluyendo antimonio, arsénico, berilio, **cadmio**, cromo, cobre, **plomo**, níquel, selenio, plata, talio, **uranio**, zinc y mercurio;
- 48 *Compuestos Orgánicos Volátiles* (COV), incluyendo solventes y químicos industriales comunes;
- 65 *Compuestos Orgánicos Semi Volátiles* (COSV), incluyendo Atrazina y solventes industriales comunes y químicos;
- 22 *Plaguicidas Organoclorados*, incluyendo DDT, lindano, dieldrín, clordano, endosulfán y toxafeno, así como otros¹;
- 20 *Plaguicidas Organofosforados*, incluyendo **Diazinón**, clorpirifós, paratión y otros;
- 13 *Herbicidas*, incluyendo **2,4-D**, **Paraquat** y **Glifosato**;
- Un *Nematicida*, **DBCP** (Nemagón).

Los químicos en negrita en la lista anterior han sido identificados en la Evaluación de Higiene Industrial/Salud Ocupacional por tener algunos efectos en el riñón bajo ciertos escenarios de exposición (BUSPH 2010). Además, el glifosato y el 2, 4-D son dos de los agroquímicos más ampliamente utilizados en el ISA.

La tabla 2 presenta los parámetros de calidad del agua recogidos con el instrumento de campo en cada uno de los seis lugares de muestreo durante el período de recolección de muestras de agua. Más abajo se enumeran el oxígeno disuelto (OD), el pH, la conductividad específica (CE), el total de sólidos disueltos (TSD), la salinidad y el potencial redox. Estos parámetros por si solos no indican si el agua evaluada es apropiada para el contacto o consumo humano, sino que más bien ayudan a los analistas a interpretar los resultados de los análisis químicos. Por ejemplo, los químicos y metales son encontrados en diferentes formas en el agua dependiendo del oxígeno disuelto, pH y la temperatura del agua (por ejemplo, los metales existen en diferentes formas dependiendo de si el agua es ácida o básica). Los niveles de oxígeno de tres de las muestras eran bajos porque las muestras tenían una alta concentración de materia orgánica que consume oxígeno. Algunos valores de pH eran ligeramente ácidos, lo que es consistente con el alto contenido de materia orgánica acida de estas muestras. La CE y el TSD son medidas del contenido de sal del agua. Agua con una concentración de TSD menor de 500ppm (partes por millón) se considera generalmente que tiene un contenido de sal lo suficientemente bajo para que el agua no tenga sabor salada. Los resultados analíticos del laboratorio fueron consistentes con las mediciones de parámetros de campo. Por ejemplo, las muestras con bajo oxígeno disuelto y un ligero pH disminuido (Lago San Rafael, Lago Jericó y Lago El Martirio) también se les detectó (pero en bajo nivel) concentraciones de ácidos orgánicos y solventes que consumen oxígeno y bajan el pH. Estos lugares también contenían aguas procesadas de la fábrica la que era alta en bagazo, un producto de desecho, alto en contenido de ácido orgánico y con potencial de consumo de oxígeno.

¹ La botella de COSV se quebró para la muestra número 100005, Lago El Martirio, pero todos los demás químicos fueron analizados.

Tabla 2. Resumen de los parámetros de calidad del agua

Ubicación de la muestra	No. de Muestra	Hora	OD (%)	OD (ppm)	pH	Temp (°C)	Medición de CE (us/cm)	CE Corregido 25C (us/cm)	TSD (ppm)	Salinidad (ppt)	Redox (mV)
Pozo El Parqueo	100001	10:10 AM	37%	2.87	6.34	31.28	721	644	322	0.31	801.4
Pozo El Gobierno	100002	11:10 AM	45%	3.42	6.55	29.26	641	593	296	0.28	170.8
Lago San Rafael	100003	12:15 PM	15%	1.09	5.58	32.81	903	787	394	0.38	-135
Lago Jericó	100004	1:20 PM	15%	1	5.3	36.82	1139	932	465	0.45	-98
Lago El Martirio	100005	2:15 PM	0%	0	5.68	32.44	1666	1460	680	0.66	-147.8
Pozo Galillo	100006	2:50 AM	66%	4.78	6.19	29.35	630	581	291	0.28	89.9

Para las seis muestras de agua, ALS produjo 1,033 resultados individuales para los químicos enumerados anteriormente (las hojas de datos originales del laboratorio están disponibles en la Universidad de Boston bajo petición). En la gran mayoría de los casos (1,011 de los 1,033 análisis en total o 98%), las concentraciones de cada químico individual estuvieron por debajo del límite de detección analítico. El límite de detección analítico es la concentración más baja del químico que puede ser distinguida en una muestra que no contiene el químico.

La tabla 3 presenta los 22 análisis que fueron identificados en muestras de agua en concentraciones por encima de los límites de detección. Las concentraciones detectadas están enumeradas para los químicos en cada ubicación, pero debe notarse que el uso de métodos analíticos sofisticados nos permiten obtener niveles bien bajos de detección y por lo tanto, detectar niveles bajos de contaminantes en el agua. Por consiguiente, el simple hecho de que un contaminante fue identificado a un nivel por encima del límite de detección no significa que posea un riesgo para la salud en la concentración detectada.

Para ayudar a proveer un poco de perspectiva en cuanto a si alguno de los 22 análisis con una concentración por encima del límite de detección puede poseer un riesgo para la salud, también hemos proporcionado el Nivel Máximo de Contaminación (NMC) de la EPA de los EEUU o las Concentraciones Basadas en el Riesgo para cada contaminante identificado en las seis localizaciones de muestreo. Los NMC de la EPA de los EEUU son las cantidades máximas permisibles de contaminantes en el agua potable de los Estados Unidos y fueron establecidos para proteger al público contra el consumo de agua potable contaminada que pudiera presentar riesgo para la salud humana. Para los contaminantes sin un NMC establecido (ya que no hay NMC disponibles para todos los contaminantes), se proporcionan guías sobre concentraciones basadas en el riesgo (CBR). Las CBR son similares a las NMC, pero al contrario que las NMC no son requeridas legalmente. Las concentraciones CBR y NMC fueron comparadas a las concentraciones de los químicos identificados en cada una de las seis localizaciones. Los contaminantes 3-metilfenol y 4-metilfenol están enumerados juntos porque fueron analizados conjuntamente.

Tabla 3. Resumen de químicos detectados en las muestras de agua

No. de Muestra	Ubicación	Tipo de ubicación	Químico	Conc. Detectada (mg/L)	Conc. EPA (mg/L)	NMC EPA o RBC
100001	Pozo El Parqueo	agua subterránea profunda	delta-BHC	0.000073	0.0004	MCL
100002	Pozo El Gobierno	aguas subterráneas poco profundas	delta-BHC	0.000071	0.0004	MCL
			Zinc	0.264	5	MCL
			Acetona	0.018	5.5	RBC
100003	Presa San Rafael	agua superficial	3&4 metilfenol	0.021	0.46 (4-Metilphenol)	RBC
			Fenol	0.0062	0.4	MCL
			Acetona	0.043	5.5	RBC
			Tolueno	0.02	1.0	MCL
100004	Presa Jericó	agua superficial	beta-BHC	0.000054	0.0004	MCL
			Heptacloro	0.000068	0.0004	MCL
			Cobre	0.0198	1.3	MCL
			Zinc	0.0302	5	MCL
			3&4 metilfenol	0.111	0.46 (4-Metilphenol)	RBC
			Fenol	0.024	0.4	MCL
			2-butanona	0.043	1.9	RBC
			Acetona	0.13	5.5	RBC
			Tolueno	0.042	1.0	MCL
100005	Presa el Martirio	agua superficial	2,4-DB	0.00056	0.07	MCL
			Zinc	0.113	5.0	MCL
			2-butanone	0.18	1.9	RBC
			Acetona	0.13	5.5	RBC
100006	Pozo el Galillo	agua subterránea profunda	delta-BHC	0.000073	0.0004	MCL

La tabla 3 muestra que once químicos distintos fueron detectados, algunos en más de una ubicación. Para cada uno de los 22 análisis con concentraciones por encima del límite de detección, la concentración se encuentra bastante por debajo de las NMC o RBC, indicando que el agua cumple con los criterios de la EPA de los EEUU. Ninguno de los químicos detectados se encuentra en la lista de químicos identificados por el Estudio de Higiene Industrial/Salud Ocupacional que tienen efectos en el riñón (BUSPH 2010).

De los once químicos detectados, el zinc y el cobre son metales que tienen presencia de manera natural.

Los compuestos BHC (delta y beta) están relacionados con el insecticida organoclorado Lindano (gamma BHC). El heptacloro es también un insecticida organoclorado que fue ampliamente utilizado en los Estados Unidos hasta el final de los años 1970. Ni el Heptaclor ni el Lindano han sido identificados como químicos utilizados en el ISA. El Lindano, sin embargo, ha sido detectado en agua subterránea en el occidente de Nicaragua tanto dentro como fuera de la propiedad del ISA (comunicación personal Valeria Delgado, UNAN-CIRA). El 2, 4-DB es un

herbicida clorado utilizado para controlar la maleza en plantaciones de alfalfa, maní, soya y otros². Es un herbicida diferente al 2, 4-D, el agroquímico más comúnmente utilizado en el ISA. El fenol y el metilfenol se encuentran ampliamente en ambientes naturales y son compuestos comúnmente fabricados. Butanona (metil etil cetona), acetona (el ingrediente activo del removedor de esmalte de uñas) y tolueno son algunos de los disolventes orgánicos ampliamente utilizados principalmente en la industria.

Como se describió anteriormente, las concentraciones de los once químicos que fueron detectados en uno o varios lugares fueron muy inferiores a los criterios de calidad del agua de la USEPA (NMC o RBC), lo que indica que el agua cumple con los límites de la USEPA. Además, ninguno de los otros 172 químicos analizados se encontraron por encima de los límites de detección en ninguno de los seis lugares (véase el Apéndice para una lista completa de los productos químicos y los límites de detección).

Por consiguiente, al momento de recolección de las muestras en los seis lugares incluidos en la primera fase del programa de muestreo ambiental, ninguno de los químicos analizados está presente en concentraciones por encima del criterio del agua potable de la US EPA y por lo tanto no se cree que sea nocivo para la salud humana.

La primera fase del muestreo ambiental se diseñó como una investigación de detección que buscaría muchos contaminantes en el agua en un momento específico en el tiempo y en un pequeño número de lugares. Las limitaciones más importantes de esta fase son el alcance geográfico limitado (sólo seis lugares en la propiedad del ISA), alcance temporal (un punto en el tiempo) y los tipos de medios (sólo agua). La siguiente fase del muestreo ambiental será diseñada para buscar un menor número de contaminantes pero en un mayor número de lugares y probablemente en medios adicionales (por ejemplo, suelo y agua).

REFERENCIA

BUSPH. 2010. Evaluación de Higiene Industrial/Salud Ocupacional: Evaluando Peligros Potenciales Asociados con Químicos y Prácticas de Trabajo en El Ingenio San Antonio (Chichigalpa, Nicaragua). Escuela de Salud Pública de la Universidad de Boston.

² <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/24db-ext.html>

APÉNDICE: Resumen de los Análitos y Límites de Detección por Método

Nombre de la Prueba	Número de Prueba	Analito	CAS	Límite de Detección	Unidades
TCL Volátiles	SW8260	1,1,1- Tricloroetano	71-55-6	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,1,2,2- Tricloroetano	79-34-5	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,1,2-Tricloro-1,2,2-trifluoroetano	76-13-1	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,1,2- Tricloroetano	79-00-5	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,1-Dicloroetano	75-34-3	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,1- Dicloroetano	75-35-4	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,2,4-Triclorobenceno	120-82-1	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,2-Dibromo-3-cloropropano	96-12-8	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,2-Dibromoetano	106-93-4	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,2-Diclorobenceno	95-50-1	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,2- Dibromoetano	107-06-2	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,2-Dicloropropano	78-87-5	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,3-Diclorobenceno	541-73-1	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	1,4- Diclorobenceno	106-46-7	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	2-Butanona	78-93-3	10	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	2-Hexanona	591-78-6	10	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	4-Metil-2-pentanona	108-10-1	10	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Acetona	67-64-1	10	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Benceno	71-43-2	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Bromodiclorometano	75-27-4	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Bromoformo	75-25-2	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Bromometano	74-83-9	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Disulfuro de carbon	75-15-0	10	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Tetracloruro de carbono	56-23-5	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Clorobenceno	108-90-7	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Cloroetano	75-00-3	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Cloroformo	67-66-3	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Clorometano	74-87-3	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	cis-1,2-Dicloroetano	156-59-2	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	cis-1,3-Dicloropropano	10061-01-5	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Ciclohexano	110-82-7	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	DibromoClorometano	124-48-1	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Diclorodifluorometano	75-71-8	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	DiClorometano	75-09-2	10	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Etilbenceno	100-41-4	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Isopropilbenceno	98-82-8	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Metil acetate	79-20-9	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Metil tert-butil eter	1634-04-4	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Metilciclohexano	108-87-2	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Estireno	100-42-5	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Tetracloroetano	127-18-4	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Tolueno	108-88-3	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	trans-1,2-Dicloroetano	156-60-5	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	trans-1,3-Dicloropropano	10061-02-6	5.0	µg/L

Nombre de la Prueba	Número de Prueba	Análito	CAS	Límite de Detección	Unidades
TCL Volátiles	SW8260	Tricloroetano	79-01-6	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Triclorofluorometano	75-69-4	5.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Clorodio de Vinil	75-01-4	2.0	µg/L
TCL Volátiles	SW8260	Xilenos, Total	1330-20-7	15	µg/L
EDB-DBCP	SW8011	1,2-Dibromo-3-cloropropano	96-12-8	0.021	µg/L
Metales	SW6020	Antimonio	7440-36-0	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Arsénico	7440-38-2	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Berilio	7440-41-7	0.00200	mg/L
Metales	SW6020	Cadmio	7440-43-9	0.00200	mg/L
Metales	SW6020	Cromo	7440-47-3	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Cobre	7440-50-8	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Plomo	7439-92-1	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Níquel	7440-02-0	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Selenio	7782-49-2	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Plata	7440-22-4	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Talio	7440-28-0	0.00200	mg/L
Metales	SW6020	Uranio	7440-61-1	0.00500	mg/L
Metales	SW6020	Zinc	7440-66-6	0.00500	mg/L
Mercurio	SW7470	Mercurio	7439-97-6	0.000200	mg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	4,4'-DDD	72-54-8	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	4,4'-DDE	72-55-9	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	4,4'-DDT	50-29-3	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Aldrín	309-00-2	0.050	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	alfa-BHC	319-84-6	0.050	µg/L
Plaguicidas Misceláneos	SW8081	alfa-Clordano	5103-71-9	0.050	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	beta-BHC	319-85-7	0.050	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Clordano	57-74-9	0.50	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	delta-BHC	319-86-8	0.050	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Dieldrina	60-57-1	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Endosulfán I	959-98-8	0.050	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Endosulfán II	33213-65-9	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Sulfato de Endosulfán	1031-07-8	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Endrina	72-20-8	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Endrina Aldehído	7421-93-4	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Endrina Cetona	53494-70-5	0.10	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	gamma-BHC	58-89-9	0.050	µg/L
Plaguicidas	SW8081	gamma-Clordano	5103-74-2	0.050	µg/L

Misceláneos					
Nombre de la Prueba	Número de Prueba	Análito	CAS	Límite de Detección	Unidades
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Heptacloro	76-44-8	0.050	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Heptacloro epóxido	1024-57-3	0.050	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Metoxicloro	72-43-5	0.50	µg/L
Plaguicidas organoclorados	SW8081	Toxafeno	8001-35-2	0.50	µg/L
Semivolátiles	SW8270	1,1'-Bifenilo	92-52-4	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2,4,6- Triclorofenol	88-06-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2,4-Diclorofenol	120-83-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2,4-Dimetilfenol	105-67-9	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2,4-Dinitrofenol	51-28-5	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2,4-Dinitrotolueno	121-14-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2,6-Dinitrotolueno	606-20-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2-Cloronaftaleno	91-58-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2-Clorofenol	95-57-8	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2-Metilnaftaleno	91-57-6	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2-Metilfenol	95-48-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2-Nitroanilina	88-74-4	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	2-Nitrofenol	88-75-5	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	3&4-Metilfenol	106-44-5	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	3,3'-Diclorobenzidina	91-94-1	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	3-Nitroanilina	99-09-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	4,6-Dinitro-2-Metilfenol	534-52-1	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	4-Bromofenil éter fenil	101-55-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	4-Cloro-3-Metilfenol	59-50-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	4-Cloroanilina	106-47-8	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	4-Clorofenil fenil éter	7005-72-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	4-Nitroanilina	100-01-6	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	4-Nitrofenol	100-02-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Acenafteno	83-32-9	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Acenaftileno	208-96-8	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Acetofenona	98-86-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Antraceno	120-12-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Atrazina	1912-24-9	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Benz(a)antraceno	56-55-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Benzaldehído	100-52-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Benzo(a)pireno	50-32-8	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Benzo(g,h,i)perilene	191-24-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Bis(2-cloroetoxi)metano	111-91-1	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Bis(2-cloroetil)éter	111-44-4	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Bis(2-cloroisopropil)éter	108-60-1	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Bis(2-etilhexil)ftalato	117-81-7	5.0	µg/L

Nombre de la Prueba	Número de Prueba	Análito	CAS	Limite de Detección	Unidades
Semivolátiles	SW8270	Butil benzil ftalato	85-68-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Caprolactama	105-60-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Carbazol	86-74-8	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Criseno	218-01-9	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Ftalato de di-n-butil	84-74-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Ftalato de di-n-butil	117-84-0	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Dibenzofurán	132-64-9	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Dietil ftalato	84-66-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	DiMetil ftalato	131-11-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Fluoranteno	206-44-0	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Fluoreno	86-73-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	HexaClorobenceno	118-74-1	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Hexaclorobutadieno	87-68-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Hexaclorociclopentadieno	77-47-4	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	HexaCloroetano	67-72-1	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Isoforona	78-59-1	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	N-Nitrosodi-n-propilamina	621-64-7	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	N-Nitrosodifenilamina	86-30-6	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Naftalina	91-20-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Nitrobenzeno	98-95-3	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Pentaclorofenol	87-86-5	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Fenantreno	85-01-8	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Fenol	108-95-2	5.0	µg/L
Semivolátiles	SW8270	Pireno	129-00-0	5.0	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	2,4,5-T	93-76-5	0.10	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	2,4,5-TP (Silvex)	93-72-1	0.10	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	2,4-D	94-75-7	0.20	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	2,4-DB	94-82-6	0.20	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	Dalapon	75-99-0	0.10	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	Dicamba	1918-00-9	0.10	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	Dicloroprop	120-36-5	0.20	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	Dinoseb	88-85-7	0.10	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	MCPA	94-74-6	20	µg/L
Herbicidas clorados	SW8151	MCPP	7085-19-0	20	µg/L

Nombre de la Prueba	Número de Prueba	Análito	CAS	Límite de Detección	Unidades
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Diclorvos	62-73-7	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Mevinfós	7786-34-7	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Demonton O+S	8065-48-3	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Etoprop	13194-48-4	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Naled	300-76-5	3	µg/L
Plaguicidas Misceláneos	SW8141	Forate	298-02-2	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Diazinón	333-41-5	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Disulfotón	298-04-4	4	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Metil Paratión	298-00-0	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Ronnel	299-84-3	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Fentión	55-38-9	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Clorpirifós	2921-88-2	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Tricloronato	327-98-0	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Merfos A+B	150-50-5	2	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Tetraclorvinfos	22248-79-9	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Tokuthion	34643-46-4	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Fensulfotión	115-90-2	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Sulprofos	35400-43-2	1	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Metil Azinfos	86-50-0	2	µg/L
Plaguicidas organofosforados	SW8141	Coumafos	56-72-4	2	µg/L
Paraquat y Diquat	549.2	Diquat	85-00-7	0.4	µg/L
Paraquat y Diquat	549.2	Paraquat	1910-42-5	0.8	µg/L
Glifosato	547	Glifosato	1071-83-6	6	µg/L