



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

INFORME NACIONAL DEL PERFIL DE
CALIDAD DE AGUA POTABLE EN BELICE

TRABAJO MONOGRÁFICO
PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA

HUGO MARTÍN RANCHARAN ACEBEDO

SUPERVISORES

M. EN PI. FRANCISCO JAVIER PÉREZ NAVARRETE

M.I.A. JUAN CARLOS ÁVILA REVELES

DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS

DR. JOSÉ ALFONZO CANCHÉ UUH

M. EN C. JUAN ANTONIO RODRÍGUEZ GARZA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

ÁREA DE TITULACIÓN



DIVISIÓN DE CIENCIAS,
INGENIERÍA
Y TECNOLOGÍA

CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, MAYO DE 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO MONOGRÁFICO

“INFORME NACIONAL DEL PERFIL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE EN BELICE”

ELABORADO POR

HUGO MARTÍN RANCHARAN ACEBEDO

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

COMITÉ SUPERVISOR

SUPERVISOR:

M. EN PL. FRANCISCO JAVIER PÉREZ NAVARRETE

SUPERVISOR:

M.I.A. JUAN CARLOS ÁVILA REVELES

SUPERVISOR:

DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS

SUPERVISOR:

DR. JOSÉ ALONZO CANCIAN

SUPERVISOR:

M. EN C. JUAN ANTONIO RODRÍGUEZ



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a los principales socios por su apoyo financiero y logístico para hacer posible este estudio de investigación que se llevó a través del país.

Debo hacer una mención especial al Sr. Alvan Haynes (ret.), el Sr. Dave Pascascio (ret.), y la Sra. Beverly Mohammed Ali de Belize Water Services Limited (*BWSL*)(*Compañía de servicios de agua de Belice*), el Sr. Ary Sosa del Ministry of Health (*MOH*) (*Ministerio de Salud*) y Sr. Rudolph Williams (ret.), Sr. Claudio Leal, Sr. Anthony Flowers, y Sr. Roland Rivers del Public Utilities Commission (*PUC*)(*Comisión de Servicios Públicos*) por su invaluable ayuda en la planeación y ejecución de este estudio de investigación.

También debo otorgar reconocimiento a todos los operadores de los diferentes sistemas de agua rudimentaria (RWS) al igual a los supervisores de los sistemas de BWSL y a todos los Inspectores de Salud Pública por su apoyo y participación.

A la Universidad Autónoma de Quintana Roo (*UQROO*), por tener la oportunidad de participar en los cursos de licenciatura, así como culminar mis estudios a través de tantos años.

Quiero agradecer públicamente a mi director de tesis el Profesor Juan Carlos Ávila Reveles y al asesor Francisco Javier Pérez Navarrete por su invaluable contribución, orientación y ayuda para adaptar esta investigación como tesis de investigación.

A mi comité de tesis el Dr. Alfonso Canche, Dr. Víctor Hugo Delgado Blas y M. en C. Juan Antonio Rodríguez Garza por su asesoría y disposición en aclarar las dudas durante la formulación de la tesis y mejorar el contenido al igual las observaciones y correcciones correspondientes.

DEDICATORIA

*A mis hijos por su apoyo interminable,
amigos, compañeros de trabajo, colegas,
maestros pasados, y al Dios Todopoderoso
por bendecirme en gran manera.*

ÍNDICE

	PÁGINA
Agradecimientos.....	i
Dedicatoria.....	ii
1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Antecedentes Gubernamentales.....	4
1.3. Justificación.....	7
2. Planteamiento del Problema.....	7
2.2 Hipótesis.....	8
2.3 Objetivos Generales.....	9
2.3.1 Objetivos Específico.....	9
3. Área del Estudio.....	10
3.1 Macro Localización.....	10
3.1.1 Ubicación.....	10
3.1.2 Hidrología.....	12
3.1.3 Flora y Fauna.....	12
3.2 Micro Localización.....	13
3.2.1 Aguas Superficiales.....	13
3.2.2 Sistemas de BWSL.....	14
3.2.3 Sistemas de RWS.....	15
4. Marco Teórico.....	18
5. Marco Metodológico.....	23
5.1. Descripción de Parámetros.....	25
5.1.1 Metales Traza.....	25
5.1.2. Pesticida.....	31

5.2. Registro de Pesticidas.....	45
5.3. Código de Identificación de Muestras.....	46
5.4. Método Analítico y de Preparación Por el Laboratorio.....	47
5.4.1. Metales Traza.....	47
5.4.2. Pesticida.....	48
5.5. Recolección de Muestras en el Campo.....	49
5.6 Preparación de Muestras en el Campo.....	49
5.7. Control de Calidad.....	51
6. Resultados.....	52
7. Discusión.....	92
7.1. Interpretación de Resultados de Interés Metales Traza.....	92
7.2. Interpretación de Resultados de Interés Pesticidas.....	93
8.Conclusiones.....	96
9.Recomendaciones.....	98
10 Literatura Citada.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1: Localización de los sitios de muestreo de la zona norte.....	15
Tabla 2: Localización de los sitios de muestreo de la zona central (Belize).....	16
Tabla 3: Localización de los sitios de muestreo de la zona oeste 1 y 2.....	17
Tabla 4: Localización de los sitios de muestreos de la zona sur.....	45
Tabla 5: Lista de Pesticidas Normadas (2000).....	38
Tabla 6: Resultados de los metales trazas para la zona norte de BWS.....	57

Tabla 7: Resultados de los metales trazas para las islas de BWSL.....	58
Tabla 8: Resultados de los metales trazas para la zona central de BWSL.....	59
Tabla 9: Resultados de los metales trazas para la zona oeste 1 de BWSL.....	60
Tabla 10: Resultados de los metales trazas para la zona oeste 2 de BWSL.....	61
Tabla 11: Resultados de los metales trazas para la zona sur de BWSL.....	62
Tabla 12: Resultados de los metales trazas para la zona norte de RWS.....	63
Tabla 13: Resultados de los metales trazas para la zona central de RWS.....	64
Tabla 14: Resultados de los metales trazas para la zona sur de RWS.....	65
Tabla 15: Resultados de los metales trazas en ríos para la zona norte del país.....	66
Tabla 16: Resultados de los metales trazas en ríos para la zona central del país.....	67
Tabla 17: Resultados de las trazas de metales de la zona oeste 1 para aguas superficiales.....	68
Tabla 18: Resultados de los metales traza en ríos para la zona sur del país.....	69
Tabla 19: Resultados de los parámetros organoclorados en ríos para la zona norte del país.....	70
Tabla 20: Resultados de los parámetros organofosforados CGS en ríos para la zona norte del país.....	71
Tabla 21: Resultados de los parámetros organoclorados para las Planta Potabilizadoras Principales.....	72
Tabla 22: Resultados de los parámetros organofosforados para la Plantas Potabilizadoras Principales.....	73
Table 23: Resultados de los parámetros organoclorados en ríos para la zona del oeste 2.....	74
Tabla 24: Resultados de los parámetros organofosforados en ríos para la zona del oeste 2.....	75
Tabla 25: Resultados de los parámetros organoclorados en ríos para la zona del sur y central.....	76
Tabla 26: Resultados de los parámetros organofosforados en ríos para la zona del sur y central.....	77
Tabla 27: Resultados de los parámetros de campo para la zona norte de RWS.....	78

Tabla 28: Resultados de los parámetros de campo para la zona sur de RWS.....	79
Tabla 29: Parámetros de campo para los pozos de BWS.....	80
Tabla 30: Resultados de los parámetros de campo para la zona sur de BWS.....	81
Tabla 31: Parámetros de campo para la zona oeste 1 de BWS.....	82
Tabla 31: Parámetros de campo para las islas de BWS.....	83
Tabla 33: Parámetros de campo para la zona central de BWSL.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	PÁGINA
Gráfico 1: Concentración de Aluminio en los pozos para la zona norte de BWSL.....	84
Gráfica 2: Concentración de Aluminio en los Pozos para la zona oeste de BWSL	84
Gráfico 3: Concentración de Aluminio en fuentes de BWS para el distrito de Belize....	85
Gráfico 4: Concentración de Aluminio en los pozos para la zona sur de RWS.....	85
Gráfico 5: Concentración de Aluminio en los Ríos muestreadas.....	86
Gráfico 6: Concentración de Hierro en los pozos para la zona norte de BWSL.....	86
Gráfico 7: Concentración de Hierro en los pozos para la zona sur de BWSL.....	87
Gráfico 8: Concentración de Hierro en fuentes de agua para la zona oeste 2 de BWSL.....	87
Gráfico 9: Concentración de Hierro en fuentes de agua para la zona oeste 1 de BWSL.....	88
Gráfica 10: Concentración de Hierro en las fuentes de BWS en el distrito de Belize....	88
Gráfico 11: Concentración de Hierro en los pozos para las islas de BWSL.....	89
Gráfico 12: Concentración de Hierro en los pozos para la zona norte de RWS.....	89
Gráfico 13: Concentración de Hierro en los ríos de la zona norte.....	90
Grafica 14: Concentración de Hierro en los Ríos Mopán, Macal y Belize.....	90
Gráfico 15: Concentración de Hierro en los Ríos Sibun, Belize y Arroyo Quamina.....	91
Gráfico 16: Concentración de Zinc en las fuentes de BWS y RWS.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Fig. 1: Mapa político y geográfico de Belice.....	11

ÍNDICE DE FOTOS

	PÁGINA
Foto. 1 y 2: Contenedores usada para la recolección de muestras de metales traza y pesticidas.....	50
Foto. 3 y 4: Recolección de muestras de las diferentes fuentes.....	50
Foto. 5 y 6: Adicción de ácido nítrico para la preservación de las muestras de metales traza.....	51
Foto. 5: Preparación de las formas de custodia y empaquetamiento.....	51

ANEXOS

Anexo I Ley de Control de Pesticidas Capítulo 216.....	105
Anexo II Metodología para muestras de trazas de metales y pesticidas.....	108
Anexo III Resumen de la Autoridad para la gestión de los recursos hídricos (NIWRA).....	116

RESUMEN

Este segundo estudio se llevó a cabo con el apoyo financiero de *BWS*, *MOH* y la *PUC* como principales actores de la industria del agua de Belice. Desde su inicio, el objetivo del estudio investigativo siempre ha sido determinar la concentración de ciertos pesticidas y metales traza en los diferentes cuerpos de agua que abastecen de agua potable a los diferentes municipios y comunidades rurales de Belice.

El estudio consistió en la recolección y análisis de varias muestras de agua en donde se conocen que se usan pesticidas, como áreas agrícolas que incluyen plantaciones de caña de azúcar, arroz, banano, cítricos, naranjos y cacao. Del mismo modo, se examinó y simplificó una lista de posibles metales traza según la gravedad y potencialmente disponible, ya que el estudio anterior tenía datos limitados. La recolección y preparación de la muestra, así como el envío, debían ajustarse a las especificaciones del laboratorio receptor, a fin de obtener resultados precisos. Además, teníamos que asegurarnos de tener suficiente tiempo de espera para que el laboratorio pudiera recibir las muestras a tiempo.

Los resultados recibidos mostraron niveles elevados de algunos metales traza en algunos de los sitios de muestreo y la mayoría de ellos pertenecían a *BWS*. El hierro fue predominante en algunas de las muestras y esto es de esperar, ya que el hierro es un metal traza que se encuentra de forma natural en algunos tipos de suelo. En cuanto a los pesticidas, los resultados obtenidos no mostraron rastros de pesticidas residuales significativos en nuestras fuentes de agua. En algunos ríos se encontraron rastros menores de fensulfotión y malatión. Ambos pesticidas figuran como productos de uso común y el Ministerio de Salud lo utiliza ampliamente para el control de mosquitos.

No hubo rastro de los organoclorados en las muestras de agua recolectadas y estos fueron de especial interés porque son pesticidas de larga duración. También son altamente insolubles en agua y no se disuelven cuando llueve y se distribuyen a través

de las escorrentías superficiales y pueden contaminar las fuentes de suministro de agua y los suelos.

Se hicieron recomendaciones en base a los resultados obtenidos. Algunos de estos incluyen el uso de un monitoreo constante de los cuerpos de agua en cuestión, así como la ampliación del alcance de las áreas de muestreo. También se recomendó incluir a otras partes interesadas clave que traerían discusiones técnicas significativas para mejorar el alcance del análisis de la muestra. También se discutieron medios de prueba adicionales para el próximo estudio y estos incluyen la recolección de muestras de sedimentos para corroborar las muestras de agua. Los sedimentos tienden a acumular tanto trazas de metales como residuos de pesticidas, por lo que se explorará este medio.

Esta investigación establecerá un buen base de datos para futuras investigaciones por la cual será mejorada aun para desarrollar e implementar un plan de monitoreo oficial a través del país. Esto dependerá del presupuesto ya que en actualidad el costo de llevar a cabo dicho estudio se ha triplicado. Se ha previsto cambios lo cual incluye alternar los sitios o minimizar los parámetros que se analizaran.

1. Introducción

El agua potable contribuye a mejorar la salud humana y, por extensión, la calidad de vida. Por lo tanto, el suministro de agua potable es de suma importancia para el desarrollo nacional.

Es con la reafirmación de la declaración anterior que el Ministerio de Salud reconoció que el Segundo Estudio Nacional de Perfiles de Calidad del Agua Potable llevaba mucho tiempo retrasado y decidió encabezar la iniciativa para hacer esto una realidad. En 2005, se realizó el primer Estudio Nacional de Perfiles de Calidad del Agua Potable enfocada en químicos físicos e inorgánicos, metales pesados y algunos parámetros de nutrientes. Una de las recomendaciones de este primer informe fue repetir este estudio cada 3 años. Lamentablemente, debido a circunstancias ajenas u otros compromisos, esta recomendación no se cumplió y, 10 años después, el segundo estudio se hizo realidad.

El segundo Estudio Nacional de Perfiles de Calidad del Agua Potable vio la recolección de muestras de agua en enero y febrero de 2015 de todas las fuentes de agua BWS, así como de los sistemas de agua rurales que formaron parte del primer Estudio Nacional. Estas muestras fueron analizadas para metales pesados, así como para pesticidas. Debido al hecho de que no existe un laboratorio ambiental en el país para analizar estos parámetros, las muestras recolectadas se enviaron al Laboratorio Analítico PACE en Louisiana, EE. UU. Este laboratorio está acreditado para analizar los parámetros identificadas para este estudio.

La mayoría de los metales, si están presentes en nuestras fuentes de agua para beber, tendrían serias implicaciones para la salud, especialmente si las concentraciones están por encima de las pautas recomendadas por la *Organización Mundial de la Salud*. Por lo tanto, existe la necesidad de determinar las concentraciones de estos metales en las fuentes de agua para que podamos proporcionar las medidas de intervención ambiental y de salud pública adecuadas.

Este estudio también nos ayudó a proporcionar posibles acciones estratégicas si fuera necesario para mitigar y responder a los resultados que indican el exceso de cualquiera de los metales trazas y para garantizar la protección del público contra la contaminación.

Existen varias actividades agrícolas que se llevan a cabo en el país y muchas de estas actividades requieren la aplicación de varios pesticidas para ayudar en la siembra de diversos cultivos como es la caña de azúcar, plátano, papaya, cacao, cítricos, etc.

No existen datos sobre si estos pesticidas han contaminado alguna de nuestras fuentes de agua, lo que requeriría alguna acción para proteger aún más estas fuentes de agua. El estudio también se enfocó en los ríos cercanos a muchas actividades agrícolas, ya que estos también sirven como fuentes de agua para algunos de los sistemas de agua de la comunidad.

En diciembre de 2018, se convocó una reunión entre *BWSL* y el Ministerio de Salud de Belice (*MOH*) para planificar el tercer Estudio Nacional de Perfiles de Calidad del Agua Potable. Este estudio se había pospuesto ese año debido a recortes presupuestarios del Ministerio de Salud. Como parte de la reunión, ambas entidades decidieron emprender el estudio de julio a septiembre de 2019 y centrarse en las recomendaciones del último estudio e incorporar socios que pueden ayudar a que el informe nacional sea más comprensible. Como tal, invitamos al Junta de Control de Pesticidas (*PCB*) y la Universidad de Belice (*UB*) a formar parte del grupo de trabajo, así como el Departamento de Medio Ambiente (*DOE*). Nos reunimos en varias ocasiones ese año y discutimos sobre la metodología de muestreo, instalaciones de análisis de laboratorio, datos de pesticidas en el país, trazas y metales pesados de interés, medio de muestreo y formato del informe. Decidimos agregar algunas muestras de sedimentos para corroborar las muestras de agua, ya que también se puede detectar pesticidas y metales en los sedimentos. En diciembre de 2019, recibimos una nota del laboratorio indicando que los resultados no fueron validados por lo que todos los resultados no fueron

confiables. Eso fue desalentador y el laboratorio nos reembolsó el costo total del muestreo, incluyendo el costo acumulado durante el muestreo.

En enero de 2021, presente un nuevo presupuesto para su aprobación de rehacer el estudio. El presupuesto que presente cuenta con BWSL como el único socio financiero, ya que las otras agencias gubernamentales no podrán contar con los fondos adecuados para rehacer el estudio. Cualquier fondo disponible se reservó para combatir la pandemia mundial de COVID 19. El estudio se realizará este mes de junio 2023 y esperamos que se exitosa.

1.1 Antecedentes

El país de Belice es muy afortunado de tener abundantes cantidades de recursos hídricos superficiales y subterráneos, pero existe información limitada sobre la calidad de estos recursos. Belice actualmente no cuenta con estándares nacionales para la calidad del agua potable o para monitorear la salud de los ríos y arroyos. En cambio, Belice sigue las pautas de la Organización Mundial de la Salud para el agua potable y ha establecido limitaciones de efluentes para las descargas de aguas residuales de diferentes industrias.

No existen informes documentados sobre las concentraciones de pesticidas o metales traza en los ecosistemas de agua dulce, incluidos los ríos superficiales y los acuíferos subterráneos de Belice. Sin embargo, existen varios informes sobre investigaciones de pesticidas y estudios de metales traza en Belice.

Hay una tesis sobre el modelado de glifosato realizada en 2020 como parte de un programa de maestría (Barbara, A. 2020). Además, hay un estudio relacionado con el glifosato y los organofosforados / carbamatos en los fitotelmos (agua retenida por la planta). Esto se hizo en las Montañas Mayas y aunque resultó ser positivo, no estuvieron a concentraciones elevadas, este estudio de pesticidas fue parte de un modelo de deriva

(Kristine, K 2011). Se realizó un trabajo similar en el cocodrilo de Moreletti de agua dulce donde se encontraron pesticidas en sus piel o escudo (Rainwater, R et al 2006).

En términos de metales traza, la información es muy limitada y está relacionada con muestras de sedimentos obtenidas del dragado del puerto de la ciudad de Belice, así como de investigaciones realizadas en los manatís antillano.

Sin embargo, existen varios documentos e informes, tanto publicados como inéditos, sobre el monitoreo de la calidad del agua. En la mayoría de los casos, se incluyen la supervisión gubernamental, privada y empresarial necesaria para fines de cumplimiento, investigación o investigación. Entre ellos, se encuentra el programa de monitoreo de la calidad del agua llevado a cabo por BWS para monitorear el río Belize y el río North Stann Creek.

Con respecto al investigación y como mencionado antes, el primer informe se llevó acabo en 2005 pero solo enfoco en químicos físicos e inorgánicos, metales pesados y algunos parámetros de nutrientes. El segundo estudio incluyo el análisis de metales trazas, así como pesticidas en las fuentes de agua de BWS, así como de los sistemas de agua rurales que formaron parte del primer estudio. En 2019 se llevó acabo el tercer estudio de investigación, pero los resultados obtenidos no fueron validos debido a un error de laboratorio. Entonces este ano presente, al momento de realizar este documento, el presupuesto proporcionado fue aceptada y justamente he convocado una junta para poder llevar a cabo este estudio.

1.2 Antecedentes gubernamentales

- **Compañía de servicios de agua (BWSL)**

BWSL es la empresa nacional de agua y alcantarillado que fue investida con los bienes y obligaciones de la Water and Sewerage Authority (WASA) (*Autoridad de agua y alcantarillado*) en marzo de 2001. La empresa ha emitido un capital mercado de cuarenta millones (40.000.000) de acciones con la Gobierno de Belize (GOB), accionista

mayoritario, que posee aproximadamente el 83% del total de acciones; el Social Security Board (*SSB*) (*Seguro Social*) tiene el 10% y el 7% restante está en manos de unos 1.400 accionistas minoritarios. BWS es una empresa de servicios públicos regulada: los controles regulatorios incluyen un regulador legal, la Comisión de Servicios Públicos (*PUC*), la *Ley de la Industria del Agua (2001)* y los Instrumentos estatutarios relacionados, una licencia de funcionamiento emitida por la *PUC* y un Códigos de Práctica acordados por el Regulador y *BWS* y actualizado periódicamente.

BWSL opera en áreas de servicio autorizadas y presta servicios a todos los municipios del país, así como a unas 44 aldeas. A marzo de 2020, *BWSL* presta servicios a más de 62.000 conexiones o aproximadamente 270.000 consumidores, con una demanda de agua promedio total de aproximadamente 230 millones de galones estadounidenses por mes. Más del 60% del agua suministrada se produce mediante procesos convencionales de tratamiento de agua con ríos como fuentes de extracción. Los pozos de agua satelitales se utilizan para la mayoría de los demás sistemas de agua; sin embargo, en las islas de Ambergris Caye y Caye Caulker, *BWSL* distribuye agua que ha sido tratada por ósmosis inversa, un proceso diseñado para convertir el agua de mar en agua potable.

Desde sus inicios, *BWSL* ha invertido continuamente en la mejora de los bienes y la implementación de procedimientos y controles mejorados para aumentar su eficiencia. Al realizar los diversos proyectos de inversión, la mayoría de los cuales son expansiones o mejoras a los sistemas de agua, *BWS* se enfoca en los requisitos de nuestros grupos de interés, incluidos nuestros clientes, empleados y accionistas. Fundamental para cumplir con la visión de la empresa, tanto a corto como a largo plazo, ha sido el inicio de un enfoque estratégico holístico para mejorar el desempeño de la empresa. Esta estrategia de base amplia, que utiliza un enfoque estructurado para equilibrar y alinear las iniciativas, proporciona a la Compañía una plataforma firme, que se basa en los logros y apunta a lograr más objetivos en los próximos años. La oficina central de la Compañía está en la Ciudad de Belize y administra las operaciones a través de once (11) oficinas en todo el país.

- **Comisión de Servicios Públicos (PUC)**

El propósito de la Comisión de Servicios Públicos es regular los sectores de electricidad, agua y telecomunicaciones en Belice para brindar de manera eficiente servicios de la más alta calidad a tarifas asequibles, asegurando la viabilidad y sostenibilidad de cada sector.

La Secretaría de la *PUC* se encargó en marzo de 2001, habiendo incorporado los órganos reguladores tradicionales, la Oficina de Suministro Eléctrico y la Oficina de Telecomunicaciones. El presidente es responsable de la administración diaria de las actividades de la Comisión que son realizadas por un personal seleccionado por el conocimiento técnico y la experiencia en los sectores de electricidad, agua y telecomunicaciones.

La PUC se convirtió en regulador del sector del agua en septiembre de 2000, y emitió una licencia de 25 años a Belize Water Services (*BWS*) en marzo de 2001. En junio de 2002, los estatutos de agua y alcantarillado (tarifas) establecieron la tarifa. La elaboración de principios y metodología para determinar las tarifas de los servicios de agua y alcantarillado, los procedimientos para la Revisión Tarifaria Completa y una tasa de retorno regulada para *BWSL*. En 2004 se completó una primera revisión completa de tarifas para *BWS*. Desde entonces se han aprobado códigos de práctica.

- **Departamento de Salud Pública (PHD)**

El Departamento de Salud Pública está entre el Ministerio de Salud y está integrado por el Inspector Principal de Salud Pública y los Inspectores de Salud Pública en los diferentes distritos. El Laboratorio Nacional de Salud Pública está entre el Departamento de Salud Pública y es responsable de la recolección y análisis de muestras de agua de las diferentes fuentes de agua, incluyendo *BWSL*, *RWS* y sistemas de purificación de agua que requiere licencia.

1.3 Justificación

El propósito del estudio fue obtener datos representativos lo suficientemente adecuados para tomar una decisión informada sobre el estado actual de los pesticidas y metales traza en nuestras vías fluviales y fuentes de agua. Esto es importante porque somos el proveedor nacional de agua del país y existe la necesidad de proporcionar agua potable segura.

A nivel nacional, existe una falta de información y datos de línea de base sobre este tipo de información, y especialmente las aguas subterráneas. Existe la necesidad de un estudio cuantitativo para determinar las posibles concentraciones de estos dos componentes en nuestro entorno natural considerando que estamos utilizando más pesticidas que antes debido a la disponibilidad de tierras productivas. También existe la necesidad de realizar un monitoreo más activo y continuo de nuestras vías fluviales y aguas subterráneas para determinar la extensión, si es que existe, de estos dos componentes, y derivar medidas de mitigación para abordar su presencia.

Además, este tipo de estudio ayudaría a la agencia gubernamental pertinente a preparar, responder y mitigar mejor cualquier impacto ambiental que pueda derivarse del aumento del uso de pesticidas y la lixiviación de trazas de metales. Por lo tanto, se promueve la colaboración de otras agencias gubernamentales para monitorear activamente nuestras vías fluviales.

2. Planteamiento del Problema

Hay una falta de datos para mostrar las concentraciones existentes de pesticidas y metales traza en el medio ambiente natural. Como tal, no hay un monitoreo activo o continuo de nuestras fuentes de agua para estos dos componentes porque no ha habido ningún incidente ambiental que reportar.

Sin embargo, en los últimos años, nos hemos vuelto cada vez más conscientes de los problemas que resultan de la contaminación de nuestras aguas naturales por

contaminantes agrícolas y actividades humanas. Muchos de estos contaminantes son peligrosos debido a sus efectos tóxicos, mutagénicos y cancerígenos en los seres humanos, mientras que otros tienen efectos nocivos en los ecosistemas naturales y sus comunidades biológicas.

Como mencioné anteriormente, las dos clases principales de contaminantes del agua son los pesticidas y los metales. Se ha implicado a compuestos específicos en ambos grupos de materiales en efectos dañinos sobre el hombre y el ecosistema. La protección del hombre y el medio ambiente contra la exposición a compuestos peligrosos se basa en el conocimiento de qué compuestos representan una amenaza y en el conocimiento de la presencia y movilidad de estos compuestos en el medio ambiente.

2.2 Hipótesis

El control de la calidad del agua, y lo que es más importante, el monitoreo activo y continuo de la calidad de agua (pesticidas y metales traza) en nuestras vías fluviales y aguas subterráneas se someten a una política nacional que permite que la agencia de formular y emprender medidas de mitigación para abordar la contaminación del agua. Según Metzgen (2014), el National Integrated Water Resources Authority (*NIWRA*) (*Autoridad de Gestión Integrado de Recursos Hídricos*), uno de los objetivos fundamentales es proteger y conservar los recursos hídricos de Belice de la explotación y la contaminación, así como la regulación para el suministro de agua equitativa para todos. Asume la responsabilidad de monitorear los recursos hídricos en busca de contaminantes que puedan tener un impacto adverso en la población, el ecosistema y la industria. El monitoreo activo y continuo es para asegurar que se identifiquen todos los posibles riesgos ambientales potenciales asociados con la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, así como para proporcionar las medidas de reducción adecuadas. Estas medidas, dependiendo del alcance y la naturaleza, pueden involucrar a otras agencias gubernamentales.

2.3 Objetivos generales

Determinar la concentración existente de pesticidas seleccionados y trazas de metales presentes en las fuentes de agua utilizadas para agua potable y medir las acciones de salud pública con base en los resultados del estudio.

2.3.1 Objetivos específicos

También se desarrollaron objetivos específicos como resultado del perfil de calidad del agua, principalmente para cubrir lo siguiente:

- Obtener datos de referencia precisos sobre una variedad de parámetros de pesticidas y metales trazas para poder determinar la calidad de fuentes de agua potable.
- Obtener datos creíbles para ayudar a nuestros planificadores a proteger nuestras fuentes de agua potable, ya que habría identificado las necesarias medidas de intervención inmediata.
- Ayudar en el desarrollo futuro de la norma de calidad del agua potable de nuestra nación, mediante la cual se conocería la información de referencia, en particular para los metales trazos.
- Mejorar el programa de monitoreo seleccionando parámetros adicionales para determinar la calidad general del perfil de la fuente de agua potable.

El estudio fue diseñado para cubrir las estaciones de muestreo anteriores, así como la incorporación de todas las fuentes de agua *BWSL* para los diferentes sistemas de distribución de agua potable. El estudio consideró la necesidad de recolectar y muestrear estos sitios como primordial para monitorear las diferentes fuentes de agua en todo el país.

3. Área de estudio

3.1 Macro localización

3.1.1 Ubicación geográfica

Belice está situado en la costa caribeña de la península centroamericana con México y Guatemala limitando en dirección a tierra hacia el norte, oeste y sur, respectivamente (*Fig. 1*). Belice forma parte de la península de Yucatán. Con el sur también comparte con Honduras, la bahía de Honduras. La superficie terrestre total de Belice es de 22,960 km² (8,867 millas cuadradas) del país, el 95% de la cual es tierra firme registrada y el 5% restante se distribuye entre más de 1,060 islas o cayos costeros. La costa de Belice se extiende a lo largo de 280 km (168 millas) y alberga el complejo de arrecifes de barrera de Belice, el segundo más grande del mundo y el más grande del hemisferio norte. El territorio nacional total, incluido el mar territorial, es de 46.620 km² (aproximadamente 18.000 millas cuadradas).

La masa territorial total del país se divide en seis (6) distritos administrativos, específicamente, Corozal y Orange Walk (norte), Belize (centro) y Cayo (oeste) y Stann Creek y Toledo (sur). Las características topográficas dividen el paisaje de Belice en dos regiones fisiográficas principales. La más visualmente sorprendente de estas regiones se distingue por las Montañas Mayas, que dominan las partes central y occidental del país y se elevan a 1,124 m sobre el nivel del mar (3688 pies) en su punto más alto, y las cuencas y mesetas asociadas que dominan todo menos la estrecha llanura costera en la mitad sur del país. La segunda región comprende las tierras bajas



Fig. 1, Mapa político y geográfico de Belice (fuente: mapas de Belice)

del norte, junto con la llanura costera del sur. Aproximadamente el 64% del país permanece bajo cobertura vegetal natural y el 39,1% de su área terrestre es bosque protegido (gran parte incorporado por el Corredor Biológico Mesoamericano).

3.1.2 Hidrología

Belice tiene un total de 18 cuencas hidrográficas importantes con otras 16 subcuencas, que drenan las Montañas Mayas y desembocan en el Mar Caribe. Estas 16 cuencas hidrográficas principales se agrupan aproximadamente en seis regiones de cuencas hidrográficas principales según las características generales de topografía, geología, suelos, precipitaciones y uso de la tierra. Estas regiones de cuencas hidrográficas incluyen: la Región de la Cuenca del Norte, el Noreste, el Centro, el Sureste, el Suroeste y la Región de la Cuenca del Sur (UNCSD, 2012).

El interior de Belice tiene una red de ríos, cursos de agua, lagunas y pantanos. Belice también tiene muchos humedales que se encuentran principalmente en las zonas costeras y del norte del país. La variedad de ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce forman parte del atractivo turístico de Belice, pero son igualmente importantes para su desarrollo económico. Los ecosistemas cuentan con algún grado de protección a través de la red de áreas protegidas, que comprende el 26.2% del área total nacional.

El agua subterránea es una fuente vital de agua dulce en las zonas rurales de Belice, donde casi el 95% del suministro de agua dulce proviene del agua subterránea. Sin embargo, es importante señalar que los acuíferos subterráneos existentes y su tasa de recarga anual no se han cuantificado adecuadamente. El uso real del total de fuentes de agua renovables está en 1 (UNCSD, 2012).

3.1.3 Flora y fauna

Belice es un verdadero paraíso natural con más de un tercio del país reservado como parque natural protegido, refugio de animales o santuario de vida silvestre. Aunque Belice es un país pequeño, tiene más de 4.000 especies diferentes de plantas con flores,

700 especies de árboles, 500 especies de aves y docenas de mamíferos únicos, incluidos monos, jaguares, manatíes y cocodrilos.

Hoy, Belice ha implementado fuertes medidas de conservación para proteger sus bosques, incluidos parques enormes como la Reserva Forestal Mountain Pine Ridge y la Reserva Natural Cockscomb Basin. La flor nacional de Belice es la orquídea negra, y el país alberga más de 250 especies de orquídeas y bromelias relacionadas.

Quizás más famosa que la flora es la amplia variedad de mamíferos diferentes de Belice, incluidas cinco especies de grandes felinos. El gran felino indígena más emblemático de Belice es el jaguar, una vez venerado por los antiguos mayas como la deidad suprema de la jungla. Belice también es el hogar de los monos aulladores negros, conocidos localmente como "babuinos". Belice ha trabajado de la mano con la población local para crear santuarios para los monos aulladores negros, una de las razones por las que la población de Belice ha aumentado cuando está disminuyendo en otras partes de América Central.

El animal nacional de Belice es el tapir de Baird, conocido localmente como la "vaca de montaña". Belice, clasificada como en peligro de extinción, es el hogar de más tapires que cualquier otro lugar de América Central. Otro mamífero icónico en peligro de extinción en Belice es el manatí. Estas divertidas criaturas prosperan en las aguas de Belice.

3.2 *Micro localización*

Como mencionado anteriormente, el estudio se centró en muestrear algunos de los principales ríos de Belice, así como los sistemas rudimentarios (RWS) y los sistemas de BWS que se describen a continuación junto con sus respectivas coordenadas (*Table 1 al 4*)

3.2.1 Aguas Superficiales

Algunos de los principales ríos que muestreadas incluyen:

Zona Norte

- Rio Hondo
- Rio Nuevo

Zona Oeste 1 y 2

- Rio Mopan
- Rio Macal

Zona Central (Belice)

- Rio Belize
- Rio Sibun

Zona Sur

- Rio North Stann Creek
- Rio Swasey

3.2.2 Sistemas de BWSL

El proveedor nacional, BWSL, actualmente opera 16 sistemas en todo el país. Estos sistemas están ubicados en las siguientes áreas según sus zonas geográficas:

Zona Norte

- Municipio Corozal,
- Municipio de Orange Walk,
- Comunidad de Chan Pine Ridge,

Zona Islas

- Municipio de San Pedro
- Comunidad de Caye Caulker,

Distrito de Belize

- Ciudad de Belize,
- Comunidad de Hattieville,
- Comunidad de Lemonal

Zona Oeste 1

- Ciudad de Belmopan,
- Comunidad de Teakettle

Zona Sur

- Municipio de Dangriga,
- Comunidad de Placencia y Siene Bight
- Comunidad de Forest Home y Elridgeville
- Municipio de Punta Gorda

Zona Oeste 2

- Municipio de San Ignacio y Santa Elena,
- Municipio de Benque Viejo,

Tres de estos sistemas (Ciudad de Belize, Belmopan y Municipio de Dangriga) utilizan agua superficial (ríos) como fuente de agua y, como resultado, el proceso de tratamiento para producir agua potable implica muchas etapas. Los doce sistemas restantes utilizan agua subterránea (pozos) como fuente de agua y, como resultado, solo hay una etapa de tratamiento involucrada en la producción del agua potable.

3.2.3 Sistemas de agua rudimentarios (RWS)

Además de los sistemas mencionados anteriormente, se recolectaron muestras de agua de los siguientes sistemas rudimentarios en las comunidades de:

Zona Norte

- Progreso
- Libertad
- August Pine Ridge
- Santa Martha

Zona Central (Belice)

- St. Ana
- Mahogany Heights
- La Democracia

Zona Oeste 2

- San Antonio (Cayo)

Zona Sur

- Pomona
- Hopkins
- Bella Vista
- San Pedro Colombia
- Big Falls

Tabla 1. Localización de los sitios de muestreo de la zona norte

Distrito/ Municipio	Nombre del Sitio de Muestreo	Clasificación	Coordenadas (UTM 16 Q)	
			East (X)	North (Y)
Corozal	Pozo Progreso	RWS	350015.3	2016701.9
Corozal	Rio Hondo Chetumal Bridge	RIO	352575.1	2045156.0
Corozal	Pozo Santa Rita	BWS	352506.3	2035103.0
Corozal	Pozo San Andrés	BWS	351373.2	2033979.1
Corozal	Pozo Calcutta	BWS	347769.8	2031067.1
Corozal	Pozo Libertad	RWS	346374.8	2025470.7
Orange Walk	Pozo # 1 Clarke Street	BWS	334693.6	2000990.3
Orange Walk	Pozo # 2 Clarke Street	BWS	334681.8	2000984.2
Orange Walk	Pozo Chan Pine Ridge	BWS	333096.9	1995801.9
Orange Walk	Rio Hondo Blue Creek Upper Unión	RIO	299274.9	1980797.3
Orange Walk	Rio Hondo Blue Creek Unión	RIO	301535.1	1979556.8
Orange Walk	Pozo de August Pine Ridge	RWS	316614.9	1985102.1
Orange Walk	Rio Nuevo Banquitas	RIO	335057.0	2000151.0
Orange Walk	Rio Nuevo Toll Bridge	RIO	335237.4	1993991.4
Orange Walk	Pozo de Santa Martha	RWS	352962.5	1987554.6

Tabla 2. Localización de los sitios de muestreo de la zona central (Belize)

Distrito/ Municipio	Nombre del Sitio del Muestreo	Clasificación	Coordenadas (UTM 16 Q)	
			Este (X)	Norte (Y)
San Pedro	Pozo Norte	BWS	396414.3	1979107.8
San Pedro	Pozo Sur	BWS	396402.4	1979080.2
San Pedro	Agua Tratada	BWS	396418.7	1979102.0
Caye Caulker	Pozo # 3	BWS	391188.7	1962078.3
Caye Caulker	Pozo # 4 Caye Caulker	BWS	391179.9	1962083.3
Caye Caulker	Agua Tratada	BWS	391206.4	1962070.9
Belize	Pozo Santana (Corozalito0	RWS	361696.8	1969877.2
Belize	Agua Cruda Double Run	BWS	353669.2	1948550.3
Belize	Agua Tratada de la Planta B Double Run	BWS	353670.6	1948578.8
Belize	Agua Tratada de la Planta A Double Run	BWS	353698.7	1948584.5
Belize	Pozo Lemonal	BWS	329801.4	1948528.7
Belize	Rio Belize – Toma de Bowen & Bowen	Rio	362289.0	1939090.9
Belize	Rio Belize - Bowen & Bowen punto de descarga	Rio	362869.7	1939314.4
Belize	Pozo # 1 Hattievilleville	BWS	345580.5	1923371.2
Belize	Pozo # 2 Hattievilleville	BWS	345604.2	1923374.1
Belize	Rio Sibun Gracie Rock	Rio	346720.6	1922305.1
Belize	Pozo Mahogany Heights	RWS	331672.4	1917274.6
Belize	Pozo La Democracia	RWS	335136.5	1917732.1
Belize	Arroyo Quamina - Gales Point	Rio	358821.6	1897350.4

Tabla 3. Localización de los sitios de muestreo de la zona oeste 1 y 2

Distrito/ Municipio	Nombre del Sitio del Muestreo	Clasificación	Coordenadas (UTM 16 Q)	
			East (X)	North (Y)
Cayo	Rio Macal- Area de Raspaculo antes de la presa Chalillo	RIO	292991.3	1863843.8
Cayo	Rio Macal - por la presa Chalillo	RIO	285557.7	1865123.5
Cayo	Pozo San Antonio	RWS	284734.6	1889257.0
Benque Viejo	Pozo # 1	BWS	271987.8	1888725.9
Benque Viejo	Pozo # 2	BWS	271993.4	1888692.0
Benque Viejo	Manantial de agua	BWS	271967.5	1889027.5
Cayo	Rio Mopan Branch Mouth	RIO	278705.3	1900402.7
Cayo	Rio Macal Branch Mouth	RIO	278778.6	1900340.4
Cayo	Rio Macal - Black Rock Lodge después de la presa	RIO	279147.8	1898934.3

San Ignacio	Muestras Compuestas/galería de pozos	BWS	279945.7	1897800.3
San Ignacio	Agua Tratada	BWS	279927.9	1897791.3
Teakettle	Pozo # 1 Estación de bombeo	BWS	302817.1	1905255.8
Teakettle	Pozo # 2 Centro Comunal	BWS	302898.0	1905371.9
Belize	Toma de Rio Belize Valley Peace	RIO	304550.3	1912264.7
Belmopan	Puente Roaring Creek	RIO	309741.4	1909239.7
Belmopán	Agua Cruda de la Planta	BWS	310233.8	1908820.1
Belmopán	Agua Tratada de la Planta	BWS	310210.1	1908814.2
Belmopán	Pozo # 1	BWS	311703.2	1907656.7
Belmopán	Pozo Cotton Tree	BWS	318232.3	1911016.6

Tabla 4. Localización de los sitios de muestreo de la zona sur

Distrito/ Municipio	Nombre del Sitio de Muestreo	Clasificación	Coordenadas (UTM 16 Q)	
			Este (X)	Norte (Y)
Stann Creek	Rio North Stann Creek - Alta Vista	RIO	351001.9	1877926.3
Stann Creek	Pozo de Pomona	RWS	355731.0	1879971.0
Stann Creek	Rio North Stann Creek - Pomona	RIO	355999.2	1878970.1
Stann Creek	Pozo de Hopkins	RWS	356170.7	1863886.0
Placencia	Pozo de Placencia/Siene Bight	BWS	346785.5	1827833.3
Toledo	Pozo de Bella Vista	RWS	336434.3	1825824.3
Toledo	Rio Swasey por el puente	Rio	333411.7	1827249.2
Toledo	Pozo de San Pedro Columbia	RWS	291231.6	1800100.4
Punta Gorda	Pozo de Forest Home	BWS	304414.8	1784591.7
Punta Gorda	Pozo de BDF	BWS	303242.9	1783135.7
Punta Gorda	Pozo # 1 de Cierro Hill	BWS	197459.1	1783576.2
Punta Gorda	Pozo # 2 de Cierro Hill	BWS	304436.8	1782384.2
Toledo	Pozo de Big Falls	RWS	296036.4	1796912.9
Dangriga	Agua Cruda de la planta	BWS	367344.2	1876045.7
Dangriga	Agua Tratada de la planta	BWS	367419.9	1875891.5
Dangriga	Pozo # 1 de la planta	BWS	367434.5	1875863.8
Stann Creek	Rio Sibun Caves Branch	Rio	323445.9	1892448.5

4. Marco Teórico

En esta sección habrá un breve resumen de revisión sobre pesticidas y metales traza y su efecto en la salud pública, así como en el medio ambiente, entre otros. Como se mencionó anteriormente, el estudio fue diseñado para determinar la concentración de pesticidas y metales traza en las diferentes fuentes de agua que se utilizan como agua potable para los sistemas BWSL y RWS. Actualmente, no hay datos suficientes, para ambos sistemas, sobre la concentración de pesticidas y metales traza en las fuentes de agua. Al igual, falta de estudios sobre el medio de agua como referencia a este estudio.

- ***Pesticidas en el agua***

Los pesticidas pueden causar efectos adversos a la salud a corto plazo, llamados efectos agudos, así como efectos adversos crónicos que pueden ocurrir meses o años después de la exposición. Ejemplos de efectos agudos en la salud incluyen escozor en los ojos, erupciones cutáneas, ampollas, ceguera, náuseas, mareos, diarrea y muerte. Ejemplos de efectos crónicos conocidos son cánceres, defectos de nacimiento, daño reproductivo, inmunotoxicidad, toxicidad neurológica y del desarrollo y alteración del sistema endocrino. Algunas personas son más vulnerables que otras a los impactos de los pesticidas. Por ejemplo, se sabe que los bebés y los niños pequeños son más susceptibles que los adultos a los efectos tóxicos de los pesticidas. Los trabajadores agrícolas y los aplicadores de pesticidas también son más vulnerables porque reciben una mayor exposición (CPR 2021). Hasta la fecha, hay algunos casos médicos conocidos asociados con la exposición a pesticidas en Belice. Sin embargo, hay algunas muertes relacionadas con la ingestión directa (Wesseling, C., et al. 2004).

Se han realizado algunos estudios e investigaciones sobre la contaminación por pesticidas en Belice. Los estudios sobre pesticidas relacionados con la calidad del agua son pocos y lejanos. Sin embargo, en un estudio se examinó la acumulación de metales y pesticidas organoclorados (OC) en escudos caudales de cocodrilos de Belice y Costa Rica (Rainwater R. et al 2006). Se examinaron escudos de cocodrilos de Morelet

(*Crocodylus moreletii*) de dos sitios en el norte de Belice. En esta investigación, las concentraciones medias de metales y OC variaron en las muestras de la región. También descubrieron que los pesticidas organoclorados eran más altos de lo que se informó anteriormente. También realizaron otro estudio, pero sobre los huevos de estos animales y descubrieron una variedad de pesticidas organoclorados tales como DDE (Pepper, C.B., Rainwater, T. R. et al 2004). Otro estudio se centró en la hipótesis de que los pesticidas aplicados a las áreas que rodean las Áreas Protegidas de las Montañas Mayas de Belice se llevarían a las áreas protegidas, impactando a las regiones bordeadas inmediatamente por tierras agrícolas y bosques nubosos en el borde oriental de las Montañas Mayas (Kristine, K 2011). Las muestras fitotómicas mostraron baja presencia de glifosato y organofosforados. El estudio más reciente involucró el uso de glifosato, un pesticida no incluido en este estudio en ese momento. El estudio encontró que el uso generalizado de glifosato en Belice puede resultar en el transporte de glifosato a los recursos de agua potable. Se recolectaron muestras de dos comunidades rurales que dependen del río Belice para sus sistemas de agua potable, y se encontró que no estaba presente en ninguna muestra de agua en una concentración detectable (Astmann, B. A., 2020). El modelado de la información ingresada mostró lo contrario.

Sin embargo, la concentración detectable de pesticidas en las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en áreas de uso de suelo agrícola y urbano es baja, especialmente en áreas agrícolas de bajo uso y áreas de cuerpos de agua más grandes (Ongley, E 1996). El plaguicida se mueve hacia los cuerpos de agua a través de una fuente puntual y una fuente difusa. Fuente puntual que se origina en un sitio fijo, incluida la escorrentía química durante el almacenamiento, la carga y la eliminación inadecuados, así como la aplicación incorrecta de pesticidas a los cuerpos de agua. Un movimiento directo de pesticidas al agua subterránea es un tipo común de contaminación de fuente puntual, en la que los pesticidas ingresan a los pozos de agua como resultado de derrames de pesticidas y eliminación inadecuada de pesticidas. Se sabe que las granjas de banano y papaya tienen pozos para riego, sin embargo, no se dispone de datos conocidos sobre la calidad del agua sobre la concentración de pesticidas, especialmente

porque estas dos industrias han disminuido significativamente (Rancharan, H. comunicado personal). El uso urbano de insecticidas también se considera un plaguicida de fuente puntual en aguas superficiales.

La fuente difusa es el movimiento de pesticidas desde grandes áreas a través de las cuencas hidrográficas y eventualmente alcanzaron los cuerpos de agua con el tiempo. Las fuentes dispersas de pesticidas se originan en el campo agrícola iniciadas por los eventos de escorrentía y erosión, lo que lleva a la lixiviación gradual de pesticidas al suelo y al agua superficial. La contaminación de pesticidas en el agua es causada por los químicos persistentes de pesticidas liberados por las actividades agrícolas, el uso urbano y la aplicación de una enorme cantidad de pesticidas para proteger y aumentar el rendimiento de los cultivos (Ongley, E 1996). Dependiendo de las características del plaguicida, los compuestos químicos del plaguicida aplicado al material preservado tienden a liberarse al medio ambiente, convirtiéndose en una de las fuentes de contaminación por pesticidas en las aguas superficiales. El uso urbano de pesticidas, principalmente la jardinería interna para el control de plagas es una fuente importante de contaminación por pesticidas en el agua. Inevitablemente, los procesos de lixiviación de pesticidas, así como en el vertedero y los efluentes de aguas residuales, contribuyen a la contaminación por pesticidas de origen puntual. En resumen, los pesticidas en las aguas superficiales provienen del evento de escorrentía, el evento de deposición atmosférica, la descarga de aguas residuales y el evento de derrames, mientras que el pesticida en el agua subterránea proviene del campo tratado con pesticidas y los sitios de eliminación de desechos (Ongley, E 1996).

El estudio sobre el destino y transporte de pesticidas es importante para conocer su circulación en el medio. El plaguicida que no sea absorbido por los cultivos o las plantas quedará retenido en el suelo o será degradado a otras formas químicas. Los pesticidas solubles serán arrastrados por las moléculas de agua, especialmente durante los eventos de precipitación, al filtrarse hacia las capas del suelo y eventualmente llegar al agua subterránea. En general, los pesticidas ingresan al sistema hidrológico principalmente a

través de la pérdida de superficie y la lixiviación a través de las capas del suelo, por lo que el grado de contaminación por pesticidas en el agua se ve afectado por las propiedades del plaguicida, las características del suelo, las condiciones del sitio, así como las prácticas de aplicación y manejo de los pesticidas. pesticida.

El potencial de pérdida de superficie y lixiviación en las aguas subterráneas está determinado por las características de los pesticidas, como la vida media, la solubilidad y la capacidad de adsorción de los pesticidas. Dado que la mayoría de los pesticidas son compuestos orgánicos, por lo general se degradan a través de reacciones microbianas, fotoquímicas o químicas. Degradación microbiana que incluye el proceso de mineralización en el que el plaguicida se descompone en dióxido de carbono y co-metabolización donde la reacción microbiana transforma el plaguicida en otras formas químicas. La degradación fotoquímica de los pesticidas se denomina fotólisis en la que los pesticidas se descomponen en presencia de luz ultravioleta (UV). La degradación química de los pesticidas se produce mediante una reacción redox y la hidrólisis con aire, agua y otros compuestos que existen en los compartimentos del suelo. Los pesticidas con una tasa de biodegradación baja tienen una vida media prolongada y tienden a persistir en el medio ambiente que potencialmente contaminan las fuentes de agua. Además, la movilidad del plaguicida se rige por la capacidad de adsorción y la solubilidad del plaguicida. Los pesticidas fuertemente adsorbidos al suelo tienen menos probabilidades de infiltrarse hacia abajo en el perfil del suelo, pero pueden ser transportados fácilmente por partículas erosionadas del suelo a través de la escorrentía superficial y eventualmente alcanzar el agua superficial (Ongley, E 1996).

- ***Trazas de metales en el agua***

Los metales en el agua que se usa para beber y en los sedimentos pueden representar un riesgo para la salud humana y acuática. La concentración de metales presentes en el agua es variable y puede incluir arsénico, antimonio, cadmio, cromo, cobre, plomo, selenio y muchos más. Los metales pesados pueden contaminar los pozos privados a

través del movimiento de las aguas subterráneas y la filtración y escurrimiento de aguas superficiales. Un factor es litológico, que es una presencia natural debido a la composición del suelo. Otra causa de la presencia de metales en el agua es la antropogénica, que se refiere directamente a la causada por todas las actividades humanas (agricultura, minería, industria, etc.). Por tanto, la cantidad de metales presentes en el agua será diferente a lo largo del país, siendo la actividad humana la variable que mayor impacto tenga sobre ellos. De tal manera que el grado de toxicidad de los metales dependa directamente de las características intrínsecas del metal, la concentración, la persistencia, los efectos sinérgicos con otros compuestos o elementos, las características del suelo, y el grado de exposición de la población.

Los metales de relevancia para la salud tienen efectos negativos a nivel celular, nervioso, cardiovascular, inmunológico y reproductivo. También se ha encontrado que pueden causar daño a los pulmones, dañando los alvéolos. También se ha encontrado que pueden reaccionar con los aminoácidos azufrados resultando en inhibición enzimática, pueden sustituir cationes en estructuras proteicas, como en el caso del plomo, que reemplaza al hierro en el grupo hemo de la hemoglobina (Arif Tasleem, J et al 2015).

Ha habido muy pocos estudios sobre metales traza o metales en general en Belice. Estos estudios varían desde parámetros individuales hasta un conjunto de parámetros como los descritos en este documento. El primer estudio realizado como seguimiento posterior de este estudio incluyó una lista de metales traza que probamos para ver si estos se encontraban dentro de nuestros cuerpos de agua naturales y aguas subterráneas.

Otros estudios relacionados con los metales trazados se basaron en metales individuales y su concentración en el medio ambiente. Uno de estos estudios fue la determinación de plomo para evaluar la cantidad y distribución de la contaminación a base de plomo en los suelos de la ciudad de Belice, donde se recolectaron muestras alrededor de la ciudad (bordes de carreteras, casas, parques infantiles y escuelas). Este estudio proporcionó datos para establecer la primera base de datos de plomo en el suelo para la ciudad de

Belice (Reeder, P. & Shapiro, L, 2003). Otro estudio involucró el uso de mercurio y sus insumos para la sociedad y cómo está disponible para posibles liberaciones a través de la actividad económica en Belice. Esto incluye el mercurio utilizado intencionalmente en productos como termómetros, medidores de presión arterial y bombillas fluorescentes, así como el mercurio que puede estar disponible mediante la eliminación de estos productos. También incluye el mercurio movilizado mediante la extracción y el uso de materias primas que contienen mercurio en concentraciones traza (Evers, D. 2021 - MIA)

También se han realizado estudios que cubren el sistema de la gran barrera de coral donde se han realizado numerosas evaluaciones con respecto a la salud de los corales. Belice alberga una parte de la barrera de arrecifes y, por lo tanto, los corales de arrecife son de gran importancia nacional. Los estudios sobre la degradación ambiental y el cambio climático global han impactado a estos corales. El aumento de la población y el desarrollo humanos en las regiones tropicales está dando lugar a una mayor turbidez y carga de limo de la escorrentía terrestre, un aumento de los pesticidas y nutrientes del uso de la tierra agrícola y las aguas residuales, y la liberación de trazas de metales tóxicos a las aguas costeras debido a la contaminación industrial (Muhammad, S. et al 2020).

5. Marco Metodológico

El marco metodológico consiste de varios componentes que se tuvieron que llevarse a cabo para emprender el estudio y generar datos confiables. Algunos de estos componentes se describen en esta sección e incluyen descripción de parámetros, pesticidas registrados, código de identificación de muestras, método analítico, preparación de muestras y recolección de muestras. Entre los componentes también se encuentra el trabajo previo necesario para llevar a cabo este estudio y mi trabajo durante todo el ejercicio fue de coordinar todas las actividades y asegurar que se cumplieran todos los objetivos, incluidos los siguientes:

- *Planificación:* la identificación de los socios involucradas, así como las partes interesadas potenciales y las que pudieron contribuir al estudio en general.

- *Presupuesto:* identificación del presupuesto requerido para cubrir completamente todos los gastos del estudio, incluyendo las contingencias. Esto consiste de la identificación del laboratorio y la comunicación requerida que involucra la acreditación, estándares, requerimiento de muestra, cadena de custodia, etc. También incluye firmar los gastos acumulados en nombre de BWSL y hacer otros arreglos con el departamento para facilitar el estudio
- *Selección:* de sitios / parámetros: esto también incluyó la selección de los diferentes sitios (accesibilidad, representativo, etc), la lista de parámetros de trazas de metales y pesticidas, el etiquetado de las botellas de muestra y la coordinación del trabajo de campo para que coincida con el envío de las muestras recolectadas.
- *Recolección de muestras:* Participe también en la recolección de muestras en varios de los sitios y para documentar la ubicación y brindar asistencia cuando fuera necesario.
- *Resultados:* Analizar los resultados obtenidos del estudio con los otros miembros del equipo y deducir conclusiones y cursos de acción.
- *Elaboración del Reporte:* Ayudar en la recopilación de datos para preparar el informe para que pueda ser divulgado a las gerentes respectivas. Esto incluyó la recomendación y las posibles medidas de mitigación necesarias para abordar soluciones.

Conforme a las muestras, todas las muestras recolectadas para los sistemas BWS fueron analizadas para metales traza. Se tomaron muestras de pesticida solo para las plantas de tratamiento de agua que extraen agua de los ríos respectivos. De manera similar, todas las aguas superficiales muestreadas se analizaron para detectar trazas de metales y pesticidas en su conjunto. Los sistemas RWS solo se analizaron los metales traza, lo que se considera un factor limitante. Todos los parámetros de campo se registraron para cada sitio y como se presentan en este documento en las tablas respectivas.

Para el propósito de este estudio de perfil, los parámetros considerados fueron metales pesados, pesticidas y organoclorados con 76 (58.5%) muestras para metales pesados, 27 (20.7%) para pesticidas y 27 (20.7%) para organoclorados. Para obtener una lista completa y detallada de todos los parámetros que se probaron en estas tres categorías generales, consulte las Tablas 1 a 23 y al igual se provee un pequeño resumen de cada parámetro o criterio.

Las muestras de ríos fueron un objetivo principal de este estudio de perfil, ya que hay pocos datos de referencia disponibles sobre la calidad de su agua, especialmente en las actividades agrícolas extensivas de papaya, arroz y caña de azúcar en el norte; cítricos, plátanos, cacao y arroz en el oeste y sur del país. Era muy importante obtener muestras del río en varios lugares para tener una idea de las actividades que influyen en la calidad de agua de los ríos. También vale la pena mencionar que BWS abastece a la mayoría de sus usuarios de fuentes de agua superficial, por lo que la calidad del agua extraída desde el río Macal, el río Belize y el río North Stann Creek especialmente.

5.1 Descripción de parámetros

El equipo seleccionó los parámetros del estudio anterior con fines de continuidad y para establecer un valor de referencia. Los parámetros que se eligieron en primera instancia fueron solo metales traza y por lo tanto se decidió continuar monitoreando estos por su relevancia con la contaminación del agua potable. Los plaguicidas se eligieron junto con la Junta de Control de Pesticidas (PCB) en una reunión breve en la que se identificaron los parámetros en función de la cantidad de importación, y el uso agrícola por región. Por lo tanto, las siguientes secciones proporcionan una breve descripción de los parámetros tanto para trazas de metales como para pesticidas. La mayoría de la información fue extraída de la Organización Mundial de la Salud (WHO Library 2017).

5.1.1 Metales Traza

Los metales trazas son oligoelementos que normalmente están presentes en cantidades pequeñas pero medibles en las células y tejidos animales y vegetales y que son una

parte necesaria de la nutrición y la fisiología. Traza metales como cromo, cobalto, cobre, hierro, magnesio, selenio y zinc que normalmente se encuentran en niveles muy bajos en el medio ambiente. En niveles altos, estos mismos metales traça pueden ser tóxicos.

Aluminio

El aluminio se puede lixiviar selectivamente de la roca y el suelo para ingresar a cualquier fuente de agua. Se sabe que Al^{3+} existe en el agua subterránea en concentraciones que varían de 0.1 ppm a 8.0 ppm. El aluminio puede estar presente como hidróxido de aluminio, un residuo de la alimentación municipal de alumbre (sulfato de aluminio) o como aluminato de sodio por clarificación o ablandamiento de la precipitación. Se sabe que causa depósitos en los sistemas de enfriamiento y contribuye a la escala de la caldera. El aluminio puede precipitar a niveles normales de pH del agua potable y acumularse como un depósito gelatinoso blanco (WHO Library 2017).

La concentración de aluminio en aguas naturales puede variar significativamente dependiendo de varios factores fisicoquímicos y mineralógicos. Las concentraciones de aluminio disuelto en aguas con valores de pH casi neutros generalmente varían de 0.001 a 0.05 mg/l, pero aumentan a 0.5–1 mg/l en aguas más ácidas o ricas en materia orgánica. Los niveles de aluminio en el agua potable varían según los niveles encontrados en la fuente de agua y si los coagulantes de aluminio se usan durante el tratamiento del agua.

Arsénico

El arsénico se encuentra ampliamente en la corteza terrestre en estados de oxidación de -3, 0, +3 y +5, a menudo como sulfuros o arseniuros o arseniatos metálicos. En el agua, está presente principalmente como arsenato (+5), pero en condiciones anaeróbicas, es probable que esté presente como arsenito (+3). Suele estar presente en aguas naturales en concentraciones de menos de 1 a 2 mg / litro. Sin embargo, en aguas, particularmente aguas subterráneas, donde hay depósitos minerales de sulfuro y depósitos

sedimentarios derivados de rocas volcánicas, las concentraciones pueden ser significativamente elevadas (WHO Library 2017).

El arsénico se encuentra en la dieta, particularmente en pescados y mariscos, en los que se encuentra principalmente en la forma orgánica menos tóxica. Aparte de la exposición ocupacional, las vías de exposición más importantes son los alimentos y el agua potable, incluidas las bebidas elaboradas a partir del agua potable. El valor de referencia se designa como 0,01 mg / litro como provisional en vista de las incertidumbres científicas.

Bario

El bario está presente como traza en rocas ígneas y sedimentarias, y los compuestos de bario se utilizan en una variedad de aplicaciones industriales; sin embargo, el bario en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. Los alimentos son la principal fuente de bario en la población no expuesta ocupacionalmente. Sin embargo, cuando los niveles de bario en el agua son altos, el agua potable puede contribuir significativamente al consumo total. El valor de referencia o guía se designa como 0,7 mg / litro. Las concentraciones en el agua potable son generalmente inferiores a 100 mg / litro, aunque se han medido concentraciones superiores a 1 mg / litro en el agua potable derivada de las aguas subterráneas (WHO Library 2017).

Cadmio

El cadmio metálico se utiliza en la industria del acero y en plásticos. Los compuestos de cadmio se utilizan ampliamente en baterías. El cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales y la contaminación difusa es causada por la contaminación de fertilizantes y la contaminación del aire local. La contaminación en el agua potable también puede ser causada por impurezas en el zinc de las tuberías y soldaduras galvanizadas y algunos accesorios metálicos. Los alimentos son la principal fuente de exposición diaria al cadmio. El valor de referencia se designa como 0,003 mg / litro. Los niveles en el agua potable suelen ser inferiores a 1 mg / litro. La absorción de compuestos de cadmio depende de la solubilidad de los compuestos (WHO Library 2017).

Cobre

El cobre es un nutriente esencial y un contaminante del agua potable. Se utiliza para fabricar tuberías, válvulas y accesorios y está presente en aleaciones y revestimientos. A veces se agrega sulfato de cobre pentahidratado al agua superficial para el control de las algas. Las concentraciones de cobre en el agua potable varían ampliamente, siendo la principal fuente la corrosión de las tuberías interiores de cobre. Los niveles en el agua corriente o completamente descargada tienden a ser bajos, mientras que los de las muestras de agua estancada o parcialmente descargada son más variables y pueden ser sustancialmente más altos. Las concentraciones de cobre en el agua tratada a menudo se aumentan durante la distribución, especialmente en sistemas con un pH ácido o aguas con alto contenido de carbonatos con un pH alcalino. El cobre no se elimina mediante procesos de tratamiento convencionales. Sin embargo, el cobre normalmente no es un contaminante del agua cruda. El valor de referencia provisional es de 2,0 mg / litro para el cobre (WHO Library 2017).

Cromo

El cromo se distribuye ampliamente en la corteza terrestre. Puede existir en valencias de +2 a +6. El cromo puede ingresar a las aguas naturales por meteorización de rocas que contienen Cr, descarga directa de operaciones industriales, lixiviación de suelos, entre otros. En el medio acuático, el Cr puede sufrir reducción, oxidación, sorción, desorción, disolución y precipitación. La solubilidad acuosa del Cr (III) es función del pH del agua. Bajo pH neutro o básico, el Cr (III) precipitará y, a la inversa, bajo pH ácido tenderá a solubilizarse. Las formas de cromato y dicromato de Cr (VI) son extremadamente solubles en todas las condiciones de pH, pero pueden precipitar con cationes divalentes. El valor de referencia provisional es de 0,05 mg / litro para el cromo total. El valor de referencia se designa como provisional debido a las incertidumbres en la base de datos toxicológica (WHO Library 2017).

Hierro

El agua subterránea anaeróbica puede contener hierro ferroso a concentraciones de hasta varios miligramos por litro sin decoloración o turbidez en el agua cuando se bombea directamente desde un pozo. Sin embargo, al exponerse a la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a hierro férrico, dando un color marrón rojizo objetable al agua. El hierro también promueve el crecimiento de "bacterias de hierro", que derivan su energía de la oxidación del hierro ferroso a hierro férrico y en el proceso depositan una capa viscosa en la tubería. A niveles superiores a 0.3 mg / l, el hierro mancha la ropa y los accesorios de plomería. Por lo general, no hay un sabor notable a concentraciones de hierro por debajo de 0.3 mg / l, aunque se puede desarrollar turbidez y color. No se propone un valor de referencia basado en la salud para el hierro (WHO Library 2017).

Manganeso

A niveles superiores a 0.1 mg/l, el manganeso en los suministros de agua causa un sabor indeseable y mancha los artículos sanitarios y la ropa. La presencia de manganeso en el agua potable, como la del hierro, puede conducir a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Las concentraciones por debajo de 0.1 mg/l son generalmente aceptables para los consumidores. Incluso a una concentración de 0.2 mg/l, el manganeso a menudo formará un recubrimiento en las tuberías, que puede desprenderse como un precipitado negro. El valor basado en la salud de 0.4 mg/l para el manganeso es mayor que este umbral de aceptabilidad de 0.1 mg/l (WHO Library 2017).

Níquel

El níquel se utiliza principalmente en la producción de acero inoxidable y aleaciones de níquel. Los alimentos son la fuente dominante de exposición al níquel en la población no fumadora y no expuesta ocupacionalmente; el agua es generalmente un contribuyente menor al consumo oral diario total. Sin embargo, donde hay una fuerte contaminación, donde hay zonas en las que se moviliza el níquel que se encuentra naturalmente en las aguas subterráneas o donde se utilizan ciertos tipos de hervidores, o de agua que ha entrado en contacto con el níquel, el aporte de níquel del agua puede ser significativo. El

valor de referencia para el plomo en el agua potable es de 0,07 mg / litro. La concentración de níquel en el agua potable es normalmente inferior a 0,02 mg / litro (WHO Library 2017).

Plomo

El plomo se utiliza principalmente en la producción de baterías de plomo-ácido, soldaduras y aleaciones. Los compuestos de plomo orgánico también se han utilizado ampliamente como agentes antidetonantes y lubricantes en combustibles. El plomo rara vez está presente en el agua potable como resultado de su disolución a partir de fuentes naturales; más bien, su presencia proviene principalmente de los sistemas de plomería domésticos que contienen plomo en las tuberías, soldaduras, accesorios o las conexiones de servicio a los hogares. La cantidad de plomo disuelto del sistema de plomería depende de varios factores, incluidos el pH, la temperatura, la dureza del agua y el tiempo de reposo del agua. El valor de referencia para el plomo en el agua potable es de 0,01 mg / litro (WHO Library 2017).

Selenio

El selenio está presente en la corteza terrestre, a menudo en asociación con minerales que contienen azufre. El selenio es un metal traza esencial y los alimentos como los cereales, la carne y el pescado son la principal fuente de selenio en la población general. Los niveles en los alimentos también varían mucho según la zona geográfica de producción. Los niveles en el agua potable varían mucho en las distintas zonas geográficas, pero suelen ser mucho menos de 0,01 mg / litro (WHO Library 2017).

Zinc

El zinc es un oligoelemento esencial que se encuentra en prácticamente todos los alimentos y el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos. La dieta es normalmente la principal fuente de zinc. Aunque los niveles de zinc en las aguas superficiales y subterráneas normalmente no exceden de 0.01 y 0.05 mg/l, respectivamente, las concentraciones en el agua del grifo pueden ser mucho más altas

como resultado de la disolución del zinc de las tuberías. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en la salud para el zinc en el agua potable (WHO Library 2017).

5.1.2 Pesticidas

Los pesticidas son sustancias destinadas a controlar las plagas. El término pesticida incluye todos los siguientes: herbicida, insecticida nematocida, molusquicida, piscicida, avicida, raticida, bactericida, repelente de insectos, repelente de animales, antimicrobiano y fungicida. Para nuestro estudio, nos concentramos en tres bases de grupos como los siguientes:

Organoclorados

Los organoclorados son conocidos por sus características de alta persistencia y toxicidad. Estos pesticidas causan daños neurológicos, trastornos endocrinos y tienen efectos agudos y crónicos sobre la salud. De ahí que la contaminación del medio ambiente con pesticidas organoclorados afecte drásticamente al ecosistema. La mayoría de los pesticidas organoclorados han dejado de utilizarse en los últimos años, principalmente debido a sus propiedades residuales y al potencial de bioacumulación. A continuación, se presentan algunos pesticidas que se ha utilizado en algún momento:

Aldrín y Dieldrín

El aldrín (número CAS 309-00-2) y el dieldrín (número CAS 60-57-1) son pesticidas clorados que se utilizan contra las plagas que habitan el suelo, para la protección de la madera y, en el caso del dieldrín, contra los insectos del público. Importancia para la salud. Desde principios de la década de 1970, varios países han restringido o prohibido severamente el uso de ambos compuestos, particularmente en la agricultura. Los dos compuestos están estrechamente relacionados con respecto a su toxicología y modo de acción. El aldrín se convierte rápidamente en dieldrín en la mayoría de las condiciones ambientales y en el cuerpo. La dieldrina es un compuesto organoclorado altamente persistente que tiene baja movilidad en el suelo, puede perderse en la atmósfera y bioacumularse. El valor de referencia establecido según la OMS es de 0,00003 mg / litro

(0,03 mg / litro) de aldrín y dieldrín combinados. Concentraciones de aldrín y dieldrín en el agua potable normalmente inferiores a 0,01 mg / litro; raramente presente en el agua subterránea (WHO Library 2017).

DDT, DDD y DDE

El DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis (p-clorofenil) etano) se utilizó para controlar insectos en cultivos agrícolas e insectos que transmiten enfermedades como la malaria y el tifus. El DDT es un sólido cristalino blanco sin olor ni sabor. Debido al daño a la vida silvestre y al daño potencial a la salud humana, el uso de DDT fue prohibido en los Estados Unidos. El DDT todavía se usa en algunos otros países. Dos sustancias químicas similares que al DDT son el DDE (1,1-dicloro-2,2-bis (clorofenil) etileno) y el DDD (1,1-dicloro-2,2-bis (p-clorofenil) etano). La DDD también se utilizó para matar plagas, pero también se prohibió su uso. Una de sus formas se ha utilizado médicamente para tratar el cáncer de la glándula suprarrenal. DDE no tiene uso comercial.

El DDT ingresó al medio ambiente cuando se usó como insecticida y permanece en el aire por poco tiempo. La mitad del DDT en el aire desaparece en 2 días. No se disuelve fácilmente en agua y se adhiere fuertemente a las partículas del suelo y no se mueve rápidamente al agua subterránea. El DDT dura mucho tiempo en el suelo; la mitad del DDT en el suelo se descompondrá en 2 a 15 años. Parte del DDT se evaporará del suelo y el agua superficial al aire y parte se degradará por la luz solar o por microorganismos en el suelo o el agua superficial. El DDT en el suelo generalmente se descompone para formar DDE o DDD (WHO Library 2017).

Endosulfán

El endosulfán (número CAS 115-29-7) es un insecticida que se utiliza para controlar plagas en frutas, verduras y té y en cultivos no alimentarios como el tabaco y el algodón. Se utiliza en el control de la mosca tsetsé, como conservante de la madera y para el control de plagas de los huertos domésticos. La contaminación por endosulfán no parece estar muy extendida en el medio acuático, pero la sustancia química se ha encontrado

en escorrentías agrícolas y ríos en áreas industrializadas donde se fabrica o formula, así como en muestras de aguas superficiales y subterráneas recolectadas de sitios de desechos peligrosos en el EE.UU. Otra vía importante de exposición al endosulfán para la población en general es el uso de productos de tabaco. Se puede calcular un valor basado en la salud de 20 mg / litro para el endosulfán sobre la base de varios estudios toxicológicos en ratones y ratas. Sin embargo, debido a que el endosulfán se encuentra en concentraciones muy por debajo de aquellas en las que se observan efectos tóxicos, no se considera necesario derivar un valor de referencia (WHO Library 2017).

Endrina

La endrina (CAS No. 72-20-8) es un insecticida foliar de amplio espectro que actúa contra una amplia gama de plagas agrícolas. También se utiliza como raticida. Hay pequeñas cantidades de endrina en los alimentos, pero la ingesta total de alimentos parece estar disminuyendo. Los valores de referencia según la OMS son 0.6 mg / litro. Se han encontrado rastros de endrina en los suministros de agua potable de varios países (WHO Library 2017).

Clordano

El clordano (CAS No. 57-47-9) es un insecticida de amplio espectro y recientemente su uso se ha restringido cada vez más en muchos países, y ahora se utiliza principalmente para destruir termitas mediante inyección subterránea en el suelo. El clordano puede ser una fuente de contaminación de bajo nivel del agua subterránea cuando se aplica mediante inyección subterránea. El clordano técnico es una mezcla de compuestos, con predominio de las transformadas cis y del clordano. Es muy resistente a la degradación, es muy inmóvil en el suelo y es poco probable que migre a las aguas subterráneas, donde rara vez se ha encontrado. Se pierde fácilmente en la atmósfera. Aunque los niveles de clordano en los alimentos han ido disminuyendo, es muy persistente y tiene un alto potencial de bioacumulación. Los valores de referencia según la OMS son 0,2 mg / litro. Se ha detectado tanto en el agua potable como en el agua subterránea, normalmente a niveles inferiores a 0,1 mg / litro (WHO Library 2017).

Hexaclorociclohexano (HCH),

El hexaclorociclohexano (HCH), conocido formalmente como hexacloruro de benceno (BHC), es una sustancia química sintética que existe en ocho formas químicas llamadas isómeras. Los diferentes isómeros se nombran según la posición de los átomos de hidrógeno en la estructura de la sustancia química. Una de estas formas, gamma-HCH (o γ -HCH, comúnmente llamado lindano), se produce y se usa como insecticida en frutas, hortalizas y cultivos forestales, así como en animales y locales de animales. Es un sólido blanco cuyo vapor puede evaporarse en el aire. Aunque el HCH de grado técnico ya no se usa como insecticida en los Estados Unidos, se han encontrado α -, β -, γ - y δ -HCH en el suelo y el agua superficial en sitios de desechos peligrosos porque persisten en el medio ambiente. En el suelo, los sedimentos y el agua, las algas, los hongos y las bacterias descomponen el HCH en sustancias menos tóxicas, pero este proceso puede llevar mucho tiempo.

Heptacloro

El heptacloro (número CAS 76-44-8) es un insecticida de amplio espectro, cuyo uso ha sido prohibido o restringido en muchos países. En la actualidad, el uso principal de heptacloro es para el control de termitas mediante inyección subsuperficial en el suelo. El heptacloro es bastante persistente en el suelo, donde se transforma principalmente en su epóxido. El epóxido de heptacloro (CAS No. 1024-57-3) es muy resistente a una mayor degradación. El heptacloro y el epóxido de heptacloro se unen a las partículas del suelo y migran muy lentamente. Se han encontrado heptacloro y epóxido de heptacloro en el agua potable a niveles de nanogramos por litro. Se considera que la dieta representa la principal fuente de exposición al heptacloro, aunque la ingesta está disminuyendo significativamente, ya que su uso ha disminuido sustancialmente. No existe un valor de referencia porque esto ocurre en el agua potable en concentraciones muy por debajo de las que son motivo de preocupación para la salud.

Metoxicloro

El metoxicloro (CAS No. 72-43-5) es un insecticida que se utiliza en hortalizas, frutas, árboles y forrajes y animales de granja. Es poco soluble en agua y muy inmóvil en la mayoría de los cultivos agrícolas. En condiciones normales de uso, el metoxicloro no parece ser motivo de preocupación para el medio ambiente. Los metabolitos ambientales se forman preferentemente en condiciones anaeróbicas en lugar de aeróbicas e incluyen principalmente los productos de clorados y desmetilados. Existe cierto potencial de acumulación del compuesto original y sus metabolitos en los sedimentos de las aguas superficiales. Los valores de referencia según la OMS son 0,02 mg / l (20 µg / l). Detectado ocasionalmente en el agua potable, a concentraciones de hasta 300 µg / l en zonas rurales.

Toxafeno

El toxafeno (CAS No. 8001-35-2) es un insecticida organoclorado que se utiliza en el algodón y ciertos cultivos alimentarios. Además, también se utilizó para eliminar determinadas especies de peces en ambientes acuáticos. El toxafeno en sí mismo consiste en una mezcla de cientos de sustancias químicas diferentes con un componente tóxico identificado importante que es el heptacloroborano. Se puede encontrar como una sustancia cerosa amarillenta que es relativamente volátil y puede transportarse en la atmósfera. El toxafeno no es fácilmente soluble en agua y tiende a depositarse en el suelo y los sedimentos, así como en la atmósfera. Los microorganismos del suelo tienden a degradar el toxafeno muy lentamente. El toxafeno se ha demostrado que persiste en el medio ambiente durante períodos prolongados y significativos. Se calculó un valor de referencia de confiabilidad moderada de agua dulce de 0.2 µg / L para el toxafeno utilizando el método de distribución estadística y una proporción de aguda a crónica.

Organofosforados

Los organofosforados son un grupo de sustancias químicas fabricadas por el hombre que envenenan insectos y mamíferos. Los insecticidas organofosforados (como el diazinón) son un tipo de pesticida que actúa dañando una enzima del cuerpo llamada

acetilcolinesterasa. Esta enzima es fundamental para controlar las señales nerviosas en el cuerpo. La toxicidad humana y animal de los organofosforados los convierte en una preocupación para la salud social y el medio ambiente; la EPA prohibió la mayoría de los usos residenciales de organofosforados en 2001.

Clorpirifos

El clorpirifos (CAS No. 2921-88-2) es un insecticida organofosforado que se usa para controlar muchos tipos diferentes de plagas, incluidas las termitas, los mosquitos y los gusanos redondos. Pueden usarse en campos de golf y para controlar hormigas bravas y mosquitos con fines de salud pública. Cuando el clorpirifos entra en el suelo, pueden pasar de semanas a años para que se descompongan todos los clorpirifos. El clorpirifos en el suelo se puede descomponer por la luz ultravioleta y los productos químicos en el suelo. Clorpirifos puede llegar a los ríos o arroyos si la erosión mueve el suelo tratado. Uno de los productos de degradación del clorpirifos, llamado TCP, no se adhiere al suelo y puede llegar al agua subterránea. El clorpirifos o los productos químicos pueden llegar a la atmósfera y viajar largas distancias. Se han encontrado el clorpirifos en el aire interior, el polvo, las alfombras y los juguetes de los niños en los hogares donde se habían utilizado productos con clorpirifos. Los valores de referencia según la OMS son 0,03 mg / l (30 µg / l).

Cumafos

Cumafos (CAS No. 56-72-4) es un insecticida organofosforado que se usa para controlar garrapatas, piojos, ácaros y plagas de artrópodos en ganado de carne, vacas lecheras, cerdos y algunos otros animales de granja. Además, tiene un uso limitado para controlar los ácaros en las colmenas de abejas. No está registrado para usos en cultivos alimentarios, ornamentales ni para uso residencial. El cumafós puede entrar al medio ambiente por derrames de soluciones de inmersión y pulverización de animales. El cumafos es generalmente inmóvil en los suelos y puede persistir hasta un año en algunos tipos de suelos. El cumafos es altamente tóxico para las aves y los invertebrados acuáticos y moderadamente tóxico para los peces.

Diazinón

El diazinón (CAS No. 333-41-5) es un insecticida no sistémico utilizado en la agricultura para controlar insectos y plagas del suelo y del follaje en una variedad de frutas, verduras, nueces y cultivos de campo. Antes de la cancelación de todos los usos residenciales en 2004, el diazinón se usaba al aire libre en céspedes y jardines, en interiores para el control de moscas y en collares de mascotas diseñados para controlar pulgas y garrapatas. Los usos de los productos de diazinón individuales varían ampliamente. El diazinón liberado al medio ambiente es moderadamente persistente y moderadamente móvil. El diazinón se degrada en el agua como resultado de la hidrólisis, especialmente en condiciones ácidas. El principal producto de degradación ambiental del diazinón es el diazoxón, que se hidroliza rápidamente a oxipirimidina en la mayoría de las circunstancias.

Diclorvos

El diclorvos (CAS No. 62-73-7) es un insecticida organofosforado de amplio espectro que se utiliza principalmente para controlar plagas domésticas y para proteger de insectos los productos almacenados. Ya no está aprobado para su uso en algunas jurisdicciones debido a preocupaciones sobre su toxicidad aguda. Se espera que el diclorvos sea muy móvil en los suelos. Se degrada rápidamente por la actividad microbiana y la hidrólisis en el suelo y no se adsorbe a los sedimentos. La degradación en el agua se produce principalmente por hidrólisis. Hay relativamente pocos estudios sobre su presencia en las fuentes de agua. El diclorvos se puede inhalar por su uso como insecticida doméstico. Valores orientativos según OMS es de 0,02 mg / l.

Disulfotón

El disulfotón (CAS No. 298-04-4) es un insecticida organofosforado que tiene una vida media estimada de 7 días en el agua del río y de 3.5 a 290 días en el suelo, según el tipo de suelo y las condiciones climáticas. El disulfotón se adhiere al suelo y no se espera que se filtre profundamente en el suelo o en las aguas subterráneas; sin embargo, la lixiviación, la escorrentía y la absorción por parte de las plantas son procesos mediante

los cuales el disulfotón se transporta desde el suelo a otros lugares del medio ambiente. El disulfotón se procesa como líquido en gránulos portadores, estos gránulos se mezclan con fertilizante y arcilla para formar una espiga, diseñada para ser clavada en el suelo.

EPN

EPN (número CAS 2104-64-5) es un insecticida de la clase fosfonotioato y un acaricida eficaz contra las plagas de los huertos, incluido el gorgojo de la pulga de la manzana, el curculio de la ciruela, la polilla de la manzana y algunos insectos del suelo. La sustancia se descompone bajo la influencia de álcalis (hidrólisis).

Estiophos

Estiophos (tetraclorvinfos) (CAS No. 248-79-9) es un insecticida y acaricida selectivo con acción de contacto y estomacal. El tetraclorvinfos puede aplicarse por vía dérmica al ganado para controlar moscas y ácaros; se puede utilizar como larvicida oral en bovinos, porcinos, caprinos y equinos; en marcas de oreja para ganado y como aditivo alimentario para el control de moscas; en cajas de polvo de aves de corral para controlar los ácaros de las aves de corral; El tetraclorvinfos no persiste en el medio ambiente. Se degrada en el aire en 24 horas y en el suelo en algunas semanas. No existe literatura suficientemente adecuado como base de datos.

Etoprofos

El etoprofos o etoprop (número CAS 13194-48-4) es un éster organofosforado. Es un líquido de color amarillo claro a incoloro que tiene un olor característico similar al del mercaptano. Se utiliza como insecticida y nematicida y es un inhibidor de la acetilcolinesterasa. Se utiliza para controlar gusanos alambre y nematodos en patatas, caña de azúcar, batatas y tabaco. Además, se utiliza para tratar piñas, bananas y plátanos, así como plantas ornamentales cultivadas en el campo y árboles de cítricos sin producción. Debido a su acción de contacto y no fumigante, debe trabajarse en el suelo inmediatamente después de la aplicación y llevarse al nivel del suelo donde se producirá

principalmente la población de plagas en el cultivo siguiente, es decir, en la zona de las raíces.

Fensulfotión

El fensulfotión (número CAS 115-90-2) es un insecticida-nematicida organofosforado de alta toxicidad para el hombre y otros organismos terrestres y acuáticos. Se utiliza mucho en maíz, cebolla, piña, plátano, y caña de azúcar. El fensulfotión está registrado como pesticida antes de la siembra o en la aplicación al suelo. Se degrada en suelos en condiciones aeróbicas con vidas medias de 3 a 28 días y más rápidamente en agua y lomo con vidas medias de 10 días.

Fentión

El fentión (CAS No. 115-90-2) es un insecticida, avicida y acaricida organofosforado. Como la mayoría de los demás organofosforados. Debido a su toxicidad relativamente baja para los seres humanos y los mamíferos, el fentión figura como compuesto moderadamente tóxico en la clase de toxicidad de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Y la Organización Mundial de la Salud.

Malatión

El malatión (CAS No. 121-75-5) se usa comúnmente para controlar mosquitos y una variedad de insectos que atacan frutas, verduras, plantas de jardinería y arbustos. En las condiciones menos favorables (es decir, pH bajo y poco contenido orgánico), el malatión puede persistir en el agua con una vida media de meses o incluso años. Sin embargo, en la mayoría de las condiciones, la vida media parece ser de aproximadamente 7 a 14 días. Se ha detectado malatión en aguas superficiales y de consumo en concentraciones inferiores a 2 µg / l. Dado que el producto químico se encuentra en el agua potable en concentraciones mucho más bajas que el valor basado en la salud, es poco probable que la presencia de malatión en el agua potable en condiciones normales represente un peligro para la salud humana. Por esta razón, se considera innecesario derivar un valor de referencia formal para el malatión en el agua potable

Merfos

El merfos (CAS No. 150-50-5) es un compuesto organotiofosforado que se utiliza como defoliante, pero el ingrediente activo ya no se encuentra en ningún producto de pesticida registrado en los EE. UU. Por lo tanto, se espera que la exposición sea poco probable. Merphos se adsorbe fuertemente al suelo. En el suelo y el agua se oxida a fosforotritioato de S, S, S-tributilo (DEF). La información toxicológica en la literatura científica y la base de datos de toxicidad es muy limitada y se trata principalmente de toxicidad aguda, inhibición de la colinesterasa y neurotoxicidad retardada.

Mervinfos

El mevinfos (núm. CAS 7786-34-7) es un insecticida organofosforado que actúa como inhibidor de la acetilcolinesterasa para controlar insectos en una amplia gama de cultivos. Se usa más comúnmente para el control de insectos masticadores y chupadores, así como de los ácaros.

Metilo de Azinfos

Metilo de Azinfos (CAS No. 86-50-0) o Gution es un insecticida organofosforado de amplio espectro. MAz es muy estable cuando se disuelve en agua ácida, neutra o ligeramente alcalina, pero por encima de pH 11 se hidroliza rápidamente a ácido antranílico, benzamida y otras sustancias químicas. En ambientes naturales ricos en agua, los microorganismos y la luz solar hacen que MAz se descomponga más rápido, la vida media es muy variable según la condición, desde varios días hasta varios meses. En condiciones normales, la biodegradación y la evaporación son las principales vías de desaparición, después de la evaporación, el MAz tiene más exposición a la luz ultravioleta, lo que provoca la foto descomposición.

Metil Paratión

El metil paratión (número CAS 298-00-0) es un insecticida y acaricida no sistémico y se ha registrado para su uso en muchos cultivos, en particular el algodón. Prácticamente no hay movimiento a través del suelo y ni el compuesto original ni sus productos de

degradación llegarán al agua subterránea. La ruta más importante para la degradación ambiental del metil paratión es la degradación microbiana. Las vidas medias del metil paratión en el agua son del orden de semanas a meses. Las concentraciones de metil paratión en las aguas naturales de las zonas agrícolas de EE. UU. alcanzaron los 0.46 µg / l, con niveles más altos en verano. Es poco probable que la presencia de metil paratión en el agua potable en las condiciones habituales represente un peligro para la salud humana. Por esta razón, no se considera necesario establecer un valor de referencia formal para el metil paratión.

Paratión

El paratión (CAS No. 56-38-2) es un insecticida no sistémico que se utiliza en muchos países de todo el mundo. Se utiliza como fumigante y acaricida y como tratamiento de suelo y follaje antes de la cosecha en una amplia variedad de cultivos, tanto en exterior como en invernadero. El paratión liberado al medio ambiente se adsorberá fuertemente en la capa superior del suelo y no es probable que se filtre de manera significativa. El paratión desaparece de las aguas superficiales en aproximadamente una semana. La población en general no suele estar expuesta al paratión del aire o del agua porque ocurre en concentraciones muy diminutas.

Ronnel

Ronnel o Fenclorfos (CAS No. 299-84-3) es un pesticida organofosforado con propiedades promotoras del crecimiento. Se utilizó para prevenir y curar el parásito en medicina veterinaria. Biocida (tóxico para toda la vida animal en diferentes grados) por su acción como inhibidor de la colinesterasa. La información toxicológica en la literatura científica y la base de datos de toxicidad es muy limitada.

Sulfotep

Sulfotep (Ac tiodifosfórico) (CAS No. 30917-36-3) es un pesticida comúnmente utilizado en invernaderos como insecticida, acaricida y fumigante acaricida. Sin embargo, debido a que no deja residuos, es menos eficaz en estas funciones que el DDT. Sin embargo,

es tan eficaz como el insecticida paratión. El sulfotep pertenece a la clase de compuestos químicos organofosforados y tiene un efecto colinérgico, que implica la depresión de la actividad colinesterasa del sistema nervioso central y periférico de los insectos. Sulfotep es un aceite móvil que es de color amarillo pálido y huele a ajo y se usa principalmente como insecticida.

Tionazin

Tionazin (CAS No. 297-97-2) es un insecticida organofosforado que es un líquido casi incoloro cuando es puro y un líquido de color marrón claro a tostado. Se utiliza como insecticida y nematocida del suelo para proteger hortalizas, maíz y otros cultivos; Ya no se produce comercialmente en los EE. UU.

Tokuti6n

Tokuti6n (Protiofos) (CAS No. 34643-46-4) es un insecticida para el control de la cochinilla, el pulg6n lanudo y las escamas en las manzanas, la cochinilla y las escamas en las peras y la cochinilla en las uvas. El tokuti6n contiene protiof6s, que es un compuesto organofosforado y, como tal, es un inhibidor de la colinesterasa. Tambi6n contiene xileno como disolvente.

Tricloronato

Tricloronato (CAS No. 327-98-0) es un insecticida organofosforado altamente t6xico. Se utiliza contra las larvas de moscas vegetales y las plagas del suelo. Es un l6quido ambarino que es utilizado como insecticida no sist6mico. No se vende en los EE. UU. Ni en Canad6. No est6 registrado como pesticida en los EE. UU por lo cual no existen datos de su movilidad, degradaci6n ni concentraci6n en el ambiente.

Carbamatos

Los carbamatos se utilizan como aerosoles o cebos para matar insectos al afectar sus cerebros y sistemas nerviosos. Se utilizan en cultivos y en el hogar para matar cucarachas, hormigas, pulgas, grillos, pulgones, escamas, mosca blanca, chinches de

encaje y cochinillas. Algunos carbamatos controlan los mosquitos. Son compuestos relativamente inestables que se degradan en el medio ambiente en semanas o meses.

Carbofurano

El carbofurano (número CAS 1563-66-2) se utiliza en todo el mundo como pesticida para muchos cultivos. Los residuos en los cultivos tratados son generalmente muy bajos o no detectables. Las propiedades fisicoquímico del carbofurano y los pocos datos sobre su presencia indican que el agua potable de fuentes tanto subterráneas como superficiales es potencialmente la principal vía de exposición. Los valores de referencia según la OMS son 0,007 mg / l (7 µg / l). Se ha detectado en aguas superficiales, subterráneas y de consumo, generalmente a niveles de unos pocos microgramos por litro o menos; concentración más alta (30 µg / l) medida en agua subterránea.

Oxamil

Oxamil (CAS No. 23135-22-0) es un químico usado como pesticida que viene en dos formas: granulado y líquido. Oxamil es un pesticida carbamato. Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación, "el oxamil es un sólido cristalino incoloro con un punto de fusión de 100-102 ° C que cambia a una forma dismórfica con un punto de fusión de 108-110 ° C. Tiene un olor ligeramente sulfuroso. Oxamil no es corrosivo y este producto es eficaz para controlar la mayoría de las especies de nematodos, además de una gran cantidad de insectos chupadores y masticadores como pulgones y trips. El oxamil es extremadamente tóxico para los humanos.

Sustituto (Control)

Se utilizaron sustitutos en el análisis de las muestras de pesticidas para monitorear la eficiencia del análisis de muestras desde la extracción hasta la instrumentación. Los estándares sustitutos son compuestos similares en propiedades físicas y químicas a los analitos objetivo, pero que no se espera que estén presentes en el medio ambiente. Se agregan estándares sustitutos a cada muestra ambiental y de garantía de calidad / control de calidad (QA / QC) y se utilizan para monitorear los efectos de la matriz y el desempeño general del método. A continuación, se presenta una lista de estándares:

Tetracloro-m-xileno

El tetracloro-m-xileno (CAS No. 127-18-4) (tetraclorometaxileno o TCMX) es un derivado clorado de m-xileno en el que los cuatro átomos de hidrógeno aromáticos son reemplazados por cloro. TCMX se utiliza como patrón interno en el análisis de organoclorados, particularmente pesticidas organoclorados.

Decaclorobifenilo

El decaclorobifenilo (CAS No. 2051-24-3) es un bifenilo policlorado. El decaclorobifenilo, una sustancia química persistente y lipofílica, se bioacumula en los seres humanos a través de la cadena alimentaria. Se puede aplicar como estándar de calibración sustituto en la cromatografía de gases de impurezas de hidrocarburos que se encuentran en el etileno.

Propoxur

Propoxur (Baygon) (Cas No. 114-26-1) es un insecticida carbamato no sistémico con una rápida eliminación y un efecto residual prolongado que se utiliza contra plagas y pulgas del césped, la silvicultura y el hogar. También se utiliza en el control de plagas de otros animales domésticos, mosquitos Anopheles, hormigas, polillas y otras plagas agrícolas.

Fosfato de Trifenilo

El fosfato de trifenilo (CAS No. 115-86-6) se utilizó como patrón interno en la selección y cuantificación de residuos de pesticidas en verduras y frutas.

Fosfato de Tributilo

El fosfato de tributilo (CAS No. 126-73-8) es un líquido inodoro de incoloro a amarillo pálido. Se utiliza como disolvente de nitrocelulosa, acetato de celulosa y en plásticos y agentes espumantes.

5.2 Registro de Pesticidas

En 2003, se publicó una Ley de Control de Pesticidas revisada, Capítulo 216, (ver anexo 1) y uno de los programas contenía una lista de pesticidas que se clasificaron de la siguiente manera:

Segunda lista: *Registrados*

Tercera lista: *Restringidos*

Cuarta lista: *Prohibido*

La lista no es exhaustiva ya que se agregaron más y más pesticidas a lo largo de los años y algunos se eliminaron (*Tabla 1*). En 2020, la lista fue actualizada, revisada y publicada en el sitio web para un enfoque más moderno para acceder a los datos. Como se establece en la ley, existe una sanción por usar o ser atrapado con pesticidas prohibidos y es castigable por ley.

Tabla 5: Lista de Pesticidas Normadas (2000)

Organoclorados	Registrado	Restringido	Prohibido	No. de Reg.
Aldrín			x	130
Hexaclorociclohexano Alfa				
Hexaclorociclohexano Beta				
Hexaclorociclohexano Delta				
Hexaclorociclohexano Gama		x	x	134
Clordano Alfa			x	136
Clordano Gama			x	
DDD		x		98
DDE		x		98
DDT		x		98
Dieldrín			x	148
Endosulfán I			x	156
Endosulfán II			x	156
Sulfato de Endosulfán			x	156
Endrina			x	157
Endrina aldehído				
Endrina cetona				
Heptacloro			x	163
Epóxido de Heptacloro				
Metoxicloro			x	169
Toxafeno			x	185
Carbamatos				
Carbofuran	✓	x		90

Oxamyl	✓	x		119
Organofosforados				
Metilo de Azinfos			x	133
Clorpirifos	✓	x		93
Cumafos	✓	x		94
Dementon		x	x	143
Diazinón	✓	x		99
Diclorvos	✓	x		33
Disulfotón		x		239
EPN (ENT)		x		103
Etoprofos	✓	x		105
Fensulfotión			x	161
Fentión		x		195
Malatión	✓			49
Merfos				
Metil Paratión		x		121
Mervinfos			x	171
Paratión			x	173
Forato			x	176
Ronnel				
Estirophos				
Sulfotep			x	181
Tionazin			x	184
Tokutión				
Tricloronato			x	186

5.3 Código de identificación de la muestra y secuencia

A cada muestra recolectada se le dio un código de identificación relacionado con el distrito y la secuencia numérica en la que fueron recolectadas. Se dividieron además en metales traza, pesticidas organoclorados y organofosforados. Los carbamatos recibieron el mismo código y secuencia numérica que el anterior.

De manera similar, el laboratorio proporcionó su propio número de identificación de muestra. Decidimos crear el código de identificación de la muestra y secuencia numérica para poder relacionarlos fácilmente con el sitio en donde fueron recolectados. Por ejemplo, CYTM1 es una muestra específica relacionada con el Distrito del Cayo. TM significa metales traza y el número se refiere a la secuencia. De manera similar, CYOC1 se refiere al Distrito del Cayo y el OC es para pesticidas organoclorados. El número se refiere a la secuencia numérica en que se recolectó la muestra. Se utilizó una letra P para la identificación de las muestras de organofosforados y carbamatos respectivamente. Por lo tanto, CYP1 representaría al Distrito de Cayo y P1 sería la

secuencia numérica de la muestra que se recolectó esa muestra para ese análisis en particular. Por lo tanto, una muestra podría tener tres conjuntos de muestras, cada uno con su correspondiente secuencia numérica. La secuencia numérica continua incluye todas las categorías de muestras pertenecientes a BWS, RWS y aguas superficiales.

5.4 Método analítico y de preparación por el Laboratorio

Los parámetros establecidos, como mencionado anteriormente, se probarán de acuerdo con el método analítico y de preparación aprobado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) y de acuerdo con los Métodos Estándar para el Examen de Agua y Aguas Residuales, 20^a edición.

5.4.1 Metales Trazas (Oligoelementos)

El método analítico para el análisis de pesticidas será a través de un espectro de emisión óptica de plasma acoplado-inductiva (ICP-OES) y por la absorción atómica.

- **Método EPA 6010** es un método basado en el rendimiento para la determinación de oligoelementos utilizando ICP-OES. Es una guía basada en el desempeño ampliamente utilizada para el análisis de 31 oligoelementos en agua subterránea, suelo, sedimentos y desechos sólidos. El método EPA 6010 tiene estrictos requisitos de control de calidad. Los controles de calidad deben ejecutarse inmediatamente después de la calibración del instrumento, durante la ejecución y después de la ejecución para cumplir con los criterios del método y garantizar resultados válidos y confiables.
- **Método EPA 7470** es un procedimiento de absorción atómica de vapor frío aprobado para determinar la concentración de mercurio en extractos de procedimientos de movilidad, desechos acuosos y aguas subterráneas. La técnica de absorción atómica de vapor frío se basa en la absorción de radiación a 253.7 nm por vapor de mercurio. El mercurio se reduce al estado elemental y se airea de la solución en un sistema cerrado. El vapor de mercurio pasa a través de una celda colocada en la trayectoria de la luz de un espectrofotómetro de absorción

atómica. La absorbancia (altura máxima) se mide en función de la concentración de mercurio.

- **Método EPA 3010** es un método de preparación de muestras. Este procedimiento de digestión se utiliza para la preparación de muestras acuosas, extractos de EP y de procedimientos de movilidad, y desechos que contienen sólidos en suspensión para su análisis, mediante espectroscopía de absorción atómica de llama (FLAA) o espectroscopía de plasma de argón acoplado inductivamente (ICP). El procedimiento se utiliza para determinar los metales totales.

5.4.2 Pesticidas

El método analítico para analizar las pesticidas será a través de un cromatógrafo de gases por espectrometría de masas, así como cromatografía líquida de alta resolución (HPLC por sus siglas en inglés).

- **Método EPA 8081** este método se puede usar para determinar las concentraciones de pesticidas organoclorados en extractos sólidos y líquidos. Puede lograrse mediante el uso de columnas capilares tubulares abiertas de sílice fundida. Este método permite elegir entre una columna y una columna doble.
- **Método EPA 3511** es un método de preparación para extraer del agua compuestos orgánicos volátiles y semi-volátiles seleccionados. Este método fue validado para varios hidrocarburos aromáticos mono y policíclicos (MAH y PAH) y se puede aplicar a cualquier combinación de estos compuestos. Este método también se puede utilizar para extraer compuestos orgánicos volátiles (COV) seleccionados o compuestos orgánicos semi-volátiles (COV) que son ligeramente solubles o insolubles en agua a pH neutro si se demuestra que el rendimiento de extracción es satisfactorio mediante una técnica analítica adecuada.

5.5 Recolección de muestras en el campo

La recolección de muestras comenzó el 26 de enero de 2015 y finalizó el 23 de febrero de 2015 dirigida a los sistemas de BWS, los sistemas de RWS y los ríos. Se recolectó un total de 130 muestras químicas en todo el país en virtud de este estudio de perfil para obtener datos adicionales para futuros estudios comparativos y de referencia. De este total, 48 (36.9%) muestras fueron recolectadas de sistemas de agua urbanos operados y administrados por BWS. Se recolectaron muestras tanto de pozos de producción como en redes de distribución. De este total, se recolectaron 3 (2.3%) muestras de Consolidated Water Limited (ahora BWS) en San Pedro, 16 (12.3%) Sistemas de RWS y 57 (43.8%) muestras de ríos.

Las muestras recolectadas en campo fueron realizadas por los diferentes analistas de agua del Ministerio de Salud y BWS con mi asistencia y la del respectivo Inspector de Salud Pública y Especialista del Sector Agua de la Comisión de Servicios Públicos. Todas las muestras que se recolectaron se realizaron de acuerdo con las guías de recolección de campo establecidas por el Laboratorio Analítico de Pace. Además, todas las muestras recolectadas se realizaron de acuerdo con el Método Estándar para el análisis de Agua y Aguas Residuales, vigésima edición.

5.6 Preparación de la muestra en el campo

La recolección de las muestras para el análisis de metales pesados se realizó en botellas de plástico de 500 ml de volumen. Las muestras tomadas para el análisis de pesticidas se realizaron en botellas de vidrio de 1000 ml de volumen. Se añadió ácido nítrico concentrado a las muestras recolectadas para el análisis de pesticidas para preservar mejor las muestras. El Laboratorio Pace Analytical proporcionó tubos de ensayo de vidrio especiales para recolección de muestras para análisis de organoclorados. Todas las muestras transportadas se empacaron cuidadosamente en posición vertical con suficientes bolsas de hielo para mantener las muestras lo más frescas posible.





FOTO 5 Y 6 Adición de ácido nítrico a las muestras de metales traza (Foto por H Rancharan, San Ignacio, 2 de febrero 2015).



FOTO 7 Y 8: Preparación de las formas de custodia y empaquetamiento (Foto por H Rancharan, Double Run, 17 al 19 de febrero 2015).

5.7 Control de calidad

Recogimos 3 muestras duplicadas y 2 muestras de campo en blanco y se enviaron para su análisis. También llene el formulario de Cadena de Custodia y estos documentos acompañaron cada lote de muestras enviadas al laboratorio Pace Analytical. La Cadena de Custodia es un registro rastreable que proporciona un control ininterrumpido sobre las muestras desde su recolección inicial hasta la disposición final. Es un requisito para los laboratorios acreditados que manipulan muestras sujetas a directivas legales o reglamentarias. Algunos de los requisitos incluían la identificación de las muestras, el medio de la muestra, el tiempo de recolección, así como las pruebas y análisis requeridos

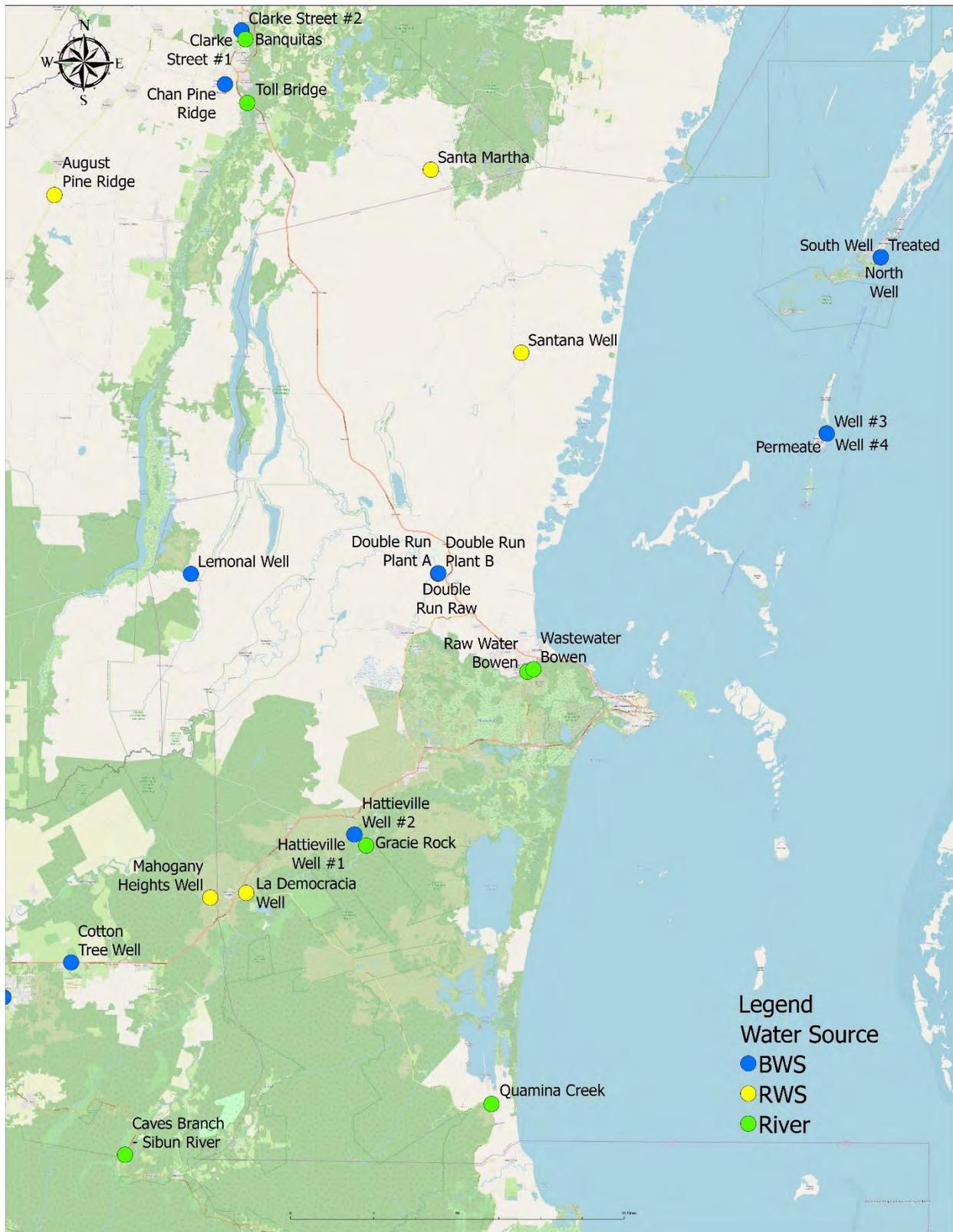
a realizar. Los formularios debían completarse. También hay una lista de verificación que utiliza el laboratorio para verificar las diferentes condiciones de recepción de la muestra. Esta lista de verificación es una herramienta importante en el análisis de la misma.

6. Resultados

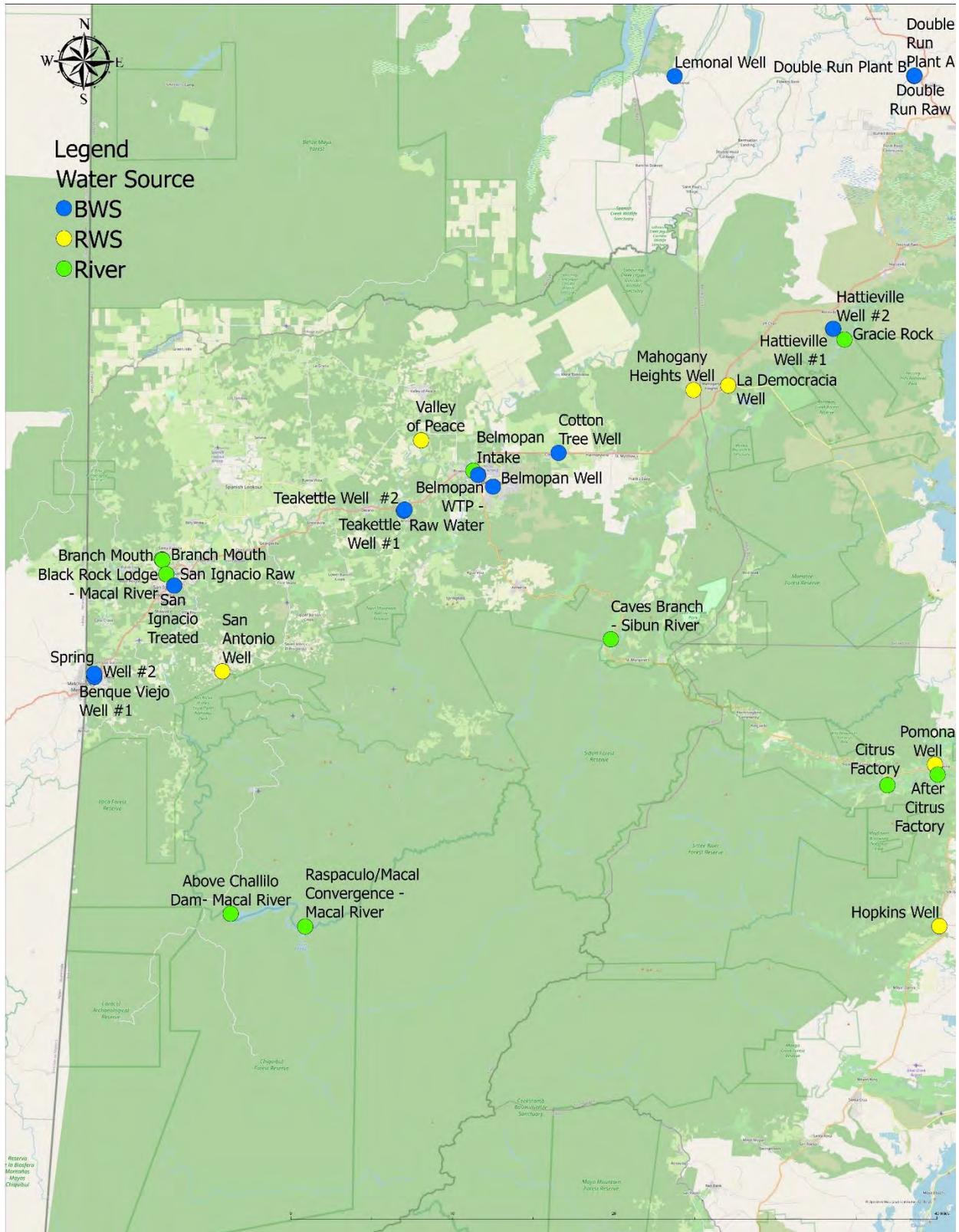
Los resultados del estudio consisten en una serie de tablas (1 al 28) en que se separan en las concentraciones de metal trazas y pesticidas para los sistemas de BWS, RWS y aguas superficiales respectivamente. De igual manera este estudio cuenta con gráficos (1 al 15) que se generaron utilizando los resultados obtenidos y la cual proyecta una visualización de los parámetros de metales traza encontrados al respecto.



Pic 9: *Sitos de muestreo de la zona norte del país*



Pic 10. Sitios de muestreo de la zona central.



Pic 11: Sitios de muestreo de la zona oeste



Pic12: Sitio de muestreo de la zona sur

Tabla 6. Resultados de los metales trazas para la zona norte de BWS.

Metales Trazas		COROZAL			ORANGE WALK		
		Pozo Calcutta	Pozo Santa Rita	Pozo San Andrés	Pozo # 1 Clarke St.	Pozo # 2 Clarke St.	Pozo Chan Pine Ridge
Identificación de Muestra	WHO GLV	CZTM 3	CZTM 4	BDTM 17	OWTM 2	OWTM 1	OWTM 3
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	3.82	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		141	251	163	257	270	184
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	ND	ND	1.54	ND	ND	ND
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		36.4	71.4	31.6	16.3	17.1	7.28
Manganeso	0.4 mg/L	ND	ND	0.04	ND	0.0125	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	5.49	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Tabla 7. Resultados de los metales trazas para las islas de BWSL.

Metales Trazas		SAN PEDRO			CAYE CAULKER		
		Pozo Norte	Pozo Sur	Agua Tratada	Pozo # 2	Pozo # 3	Agua Tratada
Identificación de Muestra	WHO GLV	SPTM 1	SPTM 2	SPTM 3	CCTM 1	CCTM 2	CCTM 3
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		329	335	ND	328	328	1.35
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	0.011	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.674	ND	ND	0.245	0.206	ND
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		1330	1400	2.24	1370	1380	4.24
Manganeso	0.4 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Tabla 8. Resultados de los metales trazas para la zona central de BWSL.

Metales Trazas		Distrito de Belice						
		Pozo Lemonal	Agua Cruda Double Run	Agua Tratada de la Planta B Double Run	Agua Tratada de la Planta A Double Run	Agua Tratada de la Planta A Double Run (Duplicada)	Pozo # 1 Hattieville	Pozo # 2 Hattieville
Identificación de Muestra	WHO GLV	BDTM 4	BDTM 2	BDTM 3	BDTM 7	BDTM 8	BDTM 9	BDTM 10
Aluminio	0.2 mg/L	0.638	0.272	0.442	0.407	0.417	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	0.383	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		125	90.2	94.4	95.3	95.3	122	165
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.448	0.261	ND	ND	ND	0.765	0.0817
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		7.14	13.4	14.0	13.8	13.9	18.2	34.6
Manganeso	0.4 mg/L	0.02	0.0128	ND	ND	ND	0.0136	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	0.0979	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Tabla 9. Resultados de los metales trazas para la zona oeste 1 de BWSL.

Metales Traza		TEAKETTLE		BELMOPAN			
		Pozo # 1 Estación de bomba	Pozo # 2 Centro Comunal	Agua Cruda de la Planta	Agua Tratada de la Planta	Pozo # 1	Pozo Cotton Tree
Identificación de Muestra	WHO GLV	CYTM 12	CYTM 13	CYTM 16	CYTM 17	CYTM 18	CYTM 19
Aluminio	0.2 mg/L	0.436	ND	0.376	0.366	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		108	110	62.9	61.2	109	130
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.683	ND	0.236	ND	ND	ND
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		9.5	10.1	11.9	10.9	9.83	1.79
Manganeso	0.4 mg/L	ND	ND	0.0109	ND	ND	0.026
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	0.422	ND	ND	ND	ND	0.307

Fuente: Edición propia.

Tabla 10. Resultados de los metales trazas para la zona oeste 2 de BWSL.

Metales Trazas		BENQUE VIEJO			SAN IGNACIO	
		Pozo # 1	Pozo # 2	Manantial de agua	Muestra Compuestas de la galería de pozos	Agua Tratada
Identificación de Muestra	WHO GLV	CYTM 4	CYTM 5	CYTM 6	CYTM 10	CYTM 11
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	0.265	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		141	179	122	42.6	50.2
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.746	0.518	ND	0.158	0.104
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		33.6	52.6	16.7	3.4	3.72
Manganeso	0.4 mg/L	ND	0.0337	ND	0.0298	0.0245
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	0.143	0.0458	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Metales Trazas		PLACENCIA	PUNTA GORDA				DANGRIGA		
		Pozo # 1	Pozo # 1 Forest Home	Pozo BDF	Pozo # 1 Cerro Hill	Pozo #2 Cerro Hill	Agua Cruda	Agua Tratada	Pozo # 1
Identificación de Muestra	WHO GLV	SCTM 5	TDTM 2	TDTM 3	TDTM 4	TDTM 5	SCTM 8	SCTM 9	SCTM 10
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		ND	58.7	70.6	88.7	93.4	2.08	2.75	116
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	0.0126	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	ND	ND	ND	0.551	ND	0.18	ND	1.21
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		ND	18.2	14.6	5.66	6.54	1.36	1.37	15.7
Manganeso	0.4 mg/L	ND	ND	ND	0.0198	ND	0.019	0.0185	0.0345
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND	0.0967	ND	ND	ND	0.114

Fuente: Edición propia.

Tabla 12. Resultados de los metales trazas para la zona norte de RWS.

Metales Trazas		COROZAL		ORANGE WALK	
		Pozo # 1 Progreso	Pozo de Libertad	Pozo de August Pine Ridge	Pozo Santa Martha (domicilio)
Identificación de Muestra	WHO GLV	CZTM 1	CZTM 5	OWTM 6	OWTM 9
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND
Calcio		152	378	282	98.4
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	ND	ND	ND	0.401
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND
Magnesio		35.6	104	34.9	19.1
Manganeso	0.4 mg/L	ND	ND	ND	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Tabla 13. Resultados de los metales trazas para la zona central de RWS.

Metales Trazas		DISTRITO DE BELIZE			
		Pozo (Santana/ Corozalito)	Pozo de Mahogany Heights	Pozo de La Democracia	Pozo La Democracia - (Duplicado)
Identificación de Muestra	WHO GLV	BDTM 1	BDTM 12	BDTM 13	BDTM 14
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	0.359	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND
Calcio		129	63.8	196	194
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.124	0.0946	0.0559	0.0645
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND
Magnesio		13.8	2.38	33.4	32.8
Manganeso	0.4 mg/L	0.0101	0.025	ND	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	0.0365	0.0832

Fuente: Edición propia.

Tabla 14. Resultados de los metales trazas para la zona sur de RWS.

Metales Trazas		STANN CREEK		TOLEDO		
		Pozo de Pomona	Pozo de Hopkins	Pozo de Bella Vista	Pozo de Big Falls	Pozo de San Pedro Columbia
Identificación de Muestra	WHO GLV	SCTM 2	SCTM 4	SCTM 6	TDTM 6	TDTM 1
Aluminio	0.2 mg/L	ND	0.256	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	0.215	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		23.9	65.4	8.14	64.8	71.6
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	ND	0.0785	ND	ND	ND
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		6.73	9.71	4.43	31.9	10.3
Manganeso	0.4 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	0.0368

Fuente: Edición propia.

Tabla15. Resultados de los metales trazas en ríos para la zona norte del país

Metales Totales		COROZAL	ORANGE WALK			
		Rio Hondo - Chetumal Bridge	Rio Hondo - Blue Creek	Rio Hondo - La Union	Rio Hondo - La Union (Duplicado)	Rio Nuevo - Banquitas
Identificación de Muestra	WHO GLV	CZTM 2	OWTM 4	OWTM 5	OWTM 5D	OWTM 7
Aluminio	0.2 mg/L	0.371	1.34	1.47	1.47	0.327
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		195	40.6	51.8	51.4	124
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.0888	0.44	0.52	0.497	0.074
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		40.9	8.11	10.1	10.1	16.2
Manganeso	0.4 mg/L	ND	0.0114	0.0159	0.0154	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Fuente: Edición propia.

Tabla 16. Resultados de los metales trazos en ríos para la zona central del país

		Distrito de Belize				
Metales Trazas		Rio Sibun por el puente	Rio Sibun - Gracie Rock	Rio Belize – Toma de Bowen & Bowen	Rio Belize - Bowen & Bowen punto de descarga	Arroyo Quamina - Gales Point
Identificación de Muestra	WHO GLV	SCTM 11	BDTM 11	BDTM 5	BDTM 6	BDTM 15
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	0.311	0.489	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		6.6	39.5	92.0	90.1	14.8
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	ND	0.189	0.278	0.418	0.146
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		2.57	7.45	15.1	14.8	7.71
Manganeso	0.4 mg/L	ND	0.0114	0.0151	0.0168	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Tabla 17. Resultados de los metales trazas en ríos para la zona oeste 1 del país

		CAYO			BELMOPAN			
Metales Trazas		Rio Macal- Area de Raspaculo antes de la presa Chalillo	Rio Macal - por la presa Chalillo	Rio Macal - Branch Mouth	Rio Macal - Black Rock Lodge despues de la presa	Rio Mopan - Branch Mouth	Toma del Rio Belize Valley Of Peace	Rio Belize – Puente de Roaring Creek
Identificación de Muestra	WHO GLV	CYTM 1	CYTM 2	CYTM 8	CYTM 9	CYTM 7	CYTM 14	CYTM 15
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	0.349	0.381	ND	0.362	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcio		12.4	11.6	23.1	10.1	65.2	60.5	64.9
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.179	0.0793	0.427	0.483	0.0865	0.229	0.0855
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesio		2.59	2.61	2.82	2.0	14.6	11.1	7.46
Manganeso	0.4 mg/L	0.0169	0.012	0.0207	0.0236	ND	0.0112	ND
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabla 18. Resultados de metales traza en ríos para la zona sur del país				
		STANN CREEK		
Metales Trazas		Rio North Stann Creek - Alta Vista	Rio North Stann Creek - Pomona	Rio Swasey – por el puente
Identificación de Muestra	WHO GLV	SCTM 1	SCTM 3	SCTM 7
Aluminio	0.2 mg/L	ND	ND	ND
Arsénico	0.01 mg/L	ND	ND	ND
Bario	0.7 mg/L	ND	ND	ND
Cadmio	0.003 mg/L	ND	ND	ND
Calcio		1.65	1.96	3.99
Cromo	0.05 mg/L	ND	ND	ND
Cobre	2.0 mg/L	ND	ND	ND
Hierro	0.3 mg/L	0.0702	0.0952	0.141
Plomo	0.01 mg/L	ND	ND	ND
Magnesio		1.17	1.26	1.78
Manganeso	0.4 mg/L	0.0106	0.0198	0.0162
Mercurio	0.006 mg/L	ND	ND	ND
Níquel	0.07 mg/L	ND	ND	ND
Selenio	0.04 mg/L	ND	ND	ND
Zinc	3.0 mg/L	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Tabla 19. Resultados de los parámetros organoclorados en ríos para la zona norte del país

Parámetros Organoclorados	Rio Hondo Puente Chetumal	Rio Hondo - Blue Creek	Rio Hondo - La Unión	Rio Nuevo - Banquitas	Rio Nuevo - Toll Bridge
Identificación de Muestra	CZOC 1	OWOC 1	OWOC 2	OWOC 3	OWOC 4
Aldrin	ND	ND	ND	ND	ND
Alpha - BHC	ND	ND	ND	ND	ND
Beta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND
Delta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - BHC (Lindane)	ND	ND	ND	ND	ND
Alpha - Chlordane	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - Chlordane	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDD	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDE	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDT	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan I	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan II	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan Sulfate	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Aldehyde	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Ketone	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor Epoxide	ND	ND	ND	ND	ND
Methoxychlor	ND	ND	ND	ND	ND
Toxaphene	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates					
Tetrachloro-m- Xylene (S) %	68	64	65	74	68
Tetrachloro-m- Xylene (S) %	63	75	61	83	64
Decachlorobiphenyl (S) %	23	20	21	38	30
Decachlorobiphenyl (S) %	24	18	22	36	32
HPLC Carbamatos					
Carbofuran	ND	ND	ND	ND	ND
Oxamyl	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates					
Propoxur (S) %	104	103	100	99	107

Fuente: Edición propia.

Tabla 20. Resultados de los parámetros organofosforados CGS en ríos para la zona norte del país

Parámetros Organofosforados, CGS	Río Hondo - Puente Chetumal	Río Hondo - Blue Creek	Río Hondo - La Unión	Río Nuevo - Banquitas	Río Nuevo - Toll Bridge
Identificación de Muestra	CZP 1	OWP 1	OWP 2	OWP 3	OWP 4
Azinphos, Methyl (Guthion)	ND	ND	ND	ND	ND
Bolstar	ND	ND	ND	ND	ND
Chlorpyrifos	ND	ND	ND	ND	ND
Coumaphos	ND	ND	ND	ND	ND
Total Demeton	ND	ND	ND	ND	ND
Diazinon	ND	ND	ND	ND	ND
Dichlorvos	ND	ND	ND	ND	ND
Disulfoton	ND	ND	ND	ND	ND
EPN (ENT)	ND	ND	ND	ND	ND
Ethoprop	ND	ND	ND	ND	ND
Famphur	ND	ND	ND	ND	ND
Fensulfothion	0.0012	0.001	ND	ND	ND
Fenthion	ND	ND	ND	ND	ND
Malathion	ND	ND	ND	ND	ND
Merphos Total	ND	ND	ND	ND	ND
Methyl Parathion	ND	ND	ND	ND	ND
Mevinphos	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion (Ethyl Parathion)	ND	ND	ND	ND	ND
Phorate	ND	ND	ND	ND	ND
Ronnel	ND	ND	ND	ND	ND
Stirophos (Tetrachlorvinphos)	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep (Thiodiphosphoric Ac)	ND	ND	ND	ND	ND
Thionazin	ND	ND	ND	ND	ND
Tokuthion (Prothiofos)	ND	ND	ND	ND	ND
Trichloronate	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Edición propia.

Tabla 21. Resultados de los parámetros organoclorados para las Planta Potabilizadoras Principales

Parámetros Organoclorados	Agua Cruda Double Run	Planta A Double Run	Planta B Double Run	Agua Cruda de la Plant de Belmopan	Agua Tratada de la Planta de Belmopan	Agua Cruda de la Planta de Dangriga	Agua Tratada de la Planta de Dangriga
Identificación de Muestra	BDOC 1	BDOC 2	BDOC 5	CYOC 9	CYOC 6	SCOC 4	SCOC 5
Aldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Alpha - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Beta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Delta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - BHC (Lindane)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Alpha - Clordan	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - Chlordane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan Sulfate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Aldehyde	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Ketone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor Epoxide	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Methoxychlor	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Toxaphene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Tetrachloro-m-Xylene (S) %	92	95	90	62	80	68	81
Tetrachloro-m-Xylene (S) %	102	111	79	70	71	70	79
Decachlorobiphenyl (S) %	57	61	31	36	38	56	72
Decachlorobiphenyl (S) %	64	78	28	37	39	61	77
HPLC Carbamates							
Carbofuran	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Oxamyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Propoxur (S) %	106	105	107	102	101	106	104

Fuente: Edición propia.

Tabla 22. Resultados de los parámetros organofosforados para las Plantas Potabilizadoras Principales

Parámetros Organofosforados, CGS	Agua Cruda Double Run	Planta A Double Run	Planta B Double Run	Agua Tratada de la Planta de Belmopan	Agua Cruda de la Planta de Belmopan	Agua Cruda de la Planta de Dangriga	Agua Tratada de la Planta de Dangriga
Identificación de Muestra	BDP 1	BDP 2	BDP 5	CYP 8	CYP 9	SCP 4	SCP 5
Azinphos, Methyl (Guthion)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bolstar	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chlorpyrifos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coumaphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total Demeton	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diazinon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dichlorvos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Disulfoton	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EPN (ENT)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ethoprop	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Famphur	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fensulfothion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenthion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Malathion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total Merphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Methyl Parathion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mevinphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion (Ethyl Parathion)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phorate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ronnel	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Stirophos (Tetrachlorvinphos)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep (Thiodiphosphoric Ac)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Thionazin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tokuthion (Prothiofos)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trichloronate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Triphenylphosphate (S)	92	80	70	66	64	70	77

Fuente: Edición propia.

Table 23. Resultados de los parámetros organoclorados en ríos para la zona oeste 2 del país

Parámetros Organoclorados	Rio Macal Raspaculo Area	Rio Macal Presa Chalillo	Rio Macal Branch	Rio Macal Black Rock	Rio Mopan Branch Mouth	Toma de Rio Belize Valley Peace	Rio Belice Puente Roaring Creek
Identificación de Muestra	CYOC 1	CYOC 2	CYOC 8	CYOC 3	CYOC 7	CYOC 4	CYOC 5
Aldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Alpha - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Beta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Delta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - BHC (Lindane)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Alpha - Chlordane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - Chlordane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan Sulfate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Aldehyde	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Ketone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor Epoxide	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Methoxychlor	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Toxaphene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Tetrachloro-m-Xylene (S) %	75	68	68	48	65	65	67
Tetrachloro-m-Xylene (S) %	66	85	61	53	58	59	60
Decachlorobiphenyl (S) %	33	33	29	19	27	24	35
Decachlorobiphenyl (S) %	34	35	29	19	27	24	34
HPLC Carbamates							
Carbofuran	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Oxamyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Propoxur (S) %	107	100	103	99	102	110	102

Fuente: Edición propia.

Tabla 24. Resultados de los parámetros organofosforados en ríos para la zona del oeste 2 del país

Parámetros Organofosforados, CGS	Rio Macal Area Raspaculo	Rio Macal Presa Chalillo	Rio Macal Branch	Rio Macal Black Rock	Rio Mopan Branch	Toma de Rio Belize Valley Peace	Rio Belice Puente Roaring Creek
Identificación de Muestra	CYP 1	CYP2	CYP 5	CYP 3	CYP 4	BZP 8	CYP 7
Azinphos, Methyl (Guthion)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bolstar	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chlorpyrifos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coumaphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total Demeton	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diazinon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dichlorvos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Disulfoton	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EPN (ENT)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ethoprop	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Famphur	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fensulfothion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenthion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Malathion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total Merphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Methyl Parathion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mevinphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion (Ethyl Parathion)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phorate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ronnel	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Stirophos (Tetrachlorvinphos)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep (Thiodiphosphoric Ac)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Thionazin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tokuthion (Prothiofos)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trichloronate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Triphenylphosphate (S)	80	82	63	75	65	75	65

Fuente: Edición propia.

Tabla 25. Resultados de los parámetros organoclorados en ríos para la zona sur y central del país

Parámetros Organoclorados	Pomona Orchard	Puente Swasey	Puente del Rio Sibun	Rio Sibun Gracie Rock	Rio Belize Bowen	Rio Belize Bowen Desague	Arroyo Quamina
Identificación de Muestra	SCOC 2	SCOC 3	SCOC 6	BDOC 6	BDOC 3	BDOC 4	CYOC 10
Aldrin	ND	ND	ND	ND	ND	Aldrin	ND
Alpha - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Beta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Delta - BHC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - BHC (Lindane)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Alpha - Chlordane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gamma - Chlordane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4' - DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endosulfan Sulfate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Aldehyde	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin Ketone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptachlor Epoxide	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Methoxychlor	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Toxaphene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Tetrachloro-m-Xylene (S) %	68	80	83	85	88	91	72
Tetrachloro-m-Xylene (S) %	67	79	86	76	85	87	82
Decachlorobiphenyl (S) %	49	44	59	43	65	61	44
Decachlorobiphenyl (S) %	48	44	57	37	67	59	49
HPLC Carbamates							
Carbofuran	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Oxamyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Propoxur (S) %	103	105	106	107	101	103	108

Fuente: Edición propia.

Tabla 26. Resultados de los parámetros organofosforados en ríos para la zona del sur y central

Parámetros Organofosforados, CGS	Pomona Orchard	Puente Swasey	Puente del Rio Sibun	Rio Sibun Gracie Rock	Rio Belize Bowen Toma	Rio Belize Bowen Descarga	Arroyo Quamina
Identificación de Muestra	SCP 2	SCP 3	SCP 6	BZP 6	BDP 3	BDP 4	BDP 7
Azinphos, Methyl (Guthion)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bolstar	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chlorpyrifos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coumaphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total Demeton	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diazinon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dichlorvos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Disulfoton	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EPN (ENT)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ethoprop	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Famphur	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fensulfothion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenthion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Malathion	ND	ND	ND	ND	ND	0.0012	ND
Total Merphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Methyl Parathion	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mevinphos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion (Ethyl Parathion)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phorate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ronnel	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Stirophos (Tetrachlorvinphos)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep (Thiodiphosphoric Ac)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Thionazin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tokuthion (Prothiofos)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trichloronate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Surrogates							
Triphenylphosphate (S)	73	84	86	53	81	82	74

Fuente: Edición propia.

Tabla 27. Resultados de los parámetros de campo para la zona norte de RWS

Identificación de Muestra/Parámetros	COROZAL		ORANGE WALK		BELIZE			
	Pozo de Progreso	Pozo de Libertad	Pozo de August Pine Ridge	Pozo de Santa Martha (domicilio)	Pozo de Santana (Santana/ Corozalito)	Pozo de Mahogany Heights	Pozo de La Democracia	Pozo de La Democracia (Duplicado)
Fecha	26/1/2015	26/1/2015	27/1/2015	27/1/2015	17/2/2015	23/2/2015	23/2/2015	23/2/2015
Tiempo		4:00	1:10	4:35	8:55	10:15	10:45	10:45
Temperatura	23.9	27.2	26	25.1	26.2	27.2	16:48	16:48
PH	6.99	7.03	6.99	7.47	7.1	7.69	7.33	7.33
Conductividad	1823	2290	2970	657	1145	336	1032	1032
Solidos Totales Disueltos	919	1171	1485	329	572	168.2	516	516
Salinidad			1.541	0.319	0.565	0.159	0.508	0.508

Tabla 28: Resultados de los parámetros de campo para la zona sur de RWS

Identificación de Muestra/Parámetros	STANN CREEK		TOLEDO		
	Pozo de Pomona	Pozo de Hopkins	Pozo de Bella Vista	Pozo de Big Falls	Pozo de San Pedro Columbia
Fecha	9/2/2015	9/2/2015	9/2/2015	10/2/2015	9/2/2015
Tiempo	11:02	1:35	3:31	11:45	5:22
Temperatura	25.7	27.9	27.9	26.2	27.3
PH	5.96	7.39	6.18	7.34	6.57
Conductividad	204	664	192.4	666	666
Solidos Totales Disueltos	102.2	332	96.1	333	333
Salinidad	0.096	0.321	0.09	0.323	0.322

Tabla 29. Parámetros de campo para los pozos de BWS

Identificación de Muestra/ Parámetros	COROZAL		ORANGE WALK			BENQUE VIEJO			SAN IGNACIO	
	Pozo de Calcutta	Pozo de Santa Rita	Pozo # 1 de Clarke St.	Pozo # 2de Clarke St.	Pozo de Chan Pine Ridge	Pozo #1 Benque Viejo	Pozo # 2 Benque Viejo	Manantial de Benque Viejo	Agua Cruda	Agua Tratada
Fecha	26/1/2015	26/1/2015	26/1/2015	26/1/2015	26/1/2015	2/2/2015	2/2/2015	2/2/2015	3/2/2015	3/2/2015
Tiempo		2:40	5:00		5:25	5:49	5:46	6:17	10:55	10:56
Temperatura	26.8	27.1	26.6	26.1	26.8	7.34	7.45	7.17	7.51	7.64
PH	6.85	7.25	7.02	7.16	6.89	26.8	27.4	21.3	24.7	24.8
Conductividad	1153	1890	1459	1515	981	993	1262	785	267	315
Solidos Totales Disueltos	570	955	729	758	482	497	632	391	133.6	157.4
Salinidad						0.488	0.627	0.383	0.126	0.149

Tabla 30. Resultados de los parámetros de campo para la zona sur de BWS

	PLACENCIA	PUNTA GORDA				DANGRIGA		
Identificación de Muestra/ Parámetros	Pozo de Placencia	Pozo de Forest Home	Pozo de Punta Gorda BDF	Pozo # 1 de Cierro Hill	Pozo # 2 de Cierro Hill	Agua Cruda de la Planta de Dangriga	Agua Tratada de la Planta de Dangriga	Pozo de Dangriga
Fecha	9/2/2015	9/2/2015	9/2/2015	9/2/2015	9/2/2015	10/2/2015	10/2/2015	10/2/2015
Tiempo	2:56	6:15	6:32	6:49	6:52	1:50	1:53	2:00
Temperatura	28.1	26.1	26.5	26	25.8	26.6	26.1	26.8
PH	6.34	7.01	7.06	6.87	6.82	7.05	7.09	7.29
Conductividad	37	545	521	471	484	54.6	60.9	13165
Solidos Totales Disueltos	18.83	273	260	235	241	27.2	30.4	659
Salinidad	0.016	0.262	0.25	0.225	0.232	0.024	0.027	0.655

Tabla 31. Parámetros de campo para la zona oeste 1 de BWS

	TEAKETTLE		BELMOPAN			
Identificación de Muestra/ Parámetros	Pozo # 1 de Teakettle por estación de bomba	Pozo # 2 de Teakettle por centro comunal	Agua Cruda de la Planta de Belmopan	Agua Tratada de la planta de Belmopan	Pozo de Belmopan	Pozo de Cotton Tree
Fecha	3/2/2015	3/2/2015	3/2/2015	3/2/2015	3/2/2015	3/2/2015
Tiempo	12:04	12:18	2:18	2:20	2:53	3:50
Temperatura	7.06	7.2	8.32	8.29	7.43	7.05
PH	26.5	27.2	25.5	25.4	27	27.8
Conductividad	608	609	411	406	621	678
Solidos Totales Disueltos	302	305	205	203	310	339
Salinidad	0.291	0.294	0.196	0.194	0.299	0.329

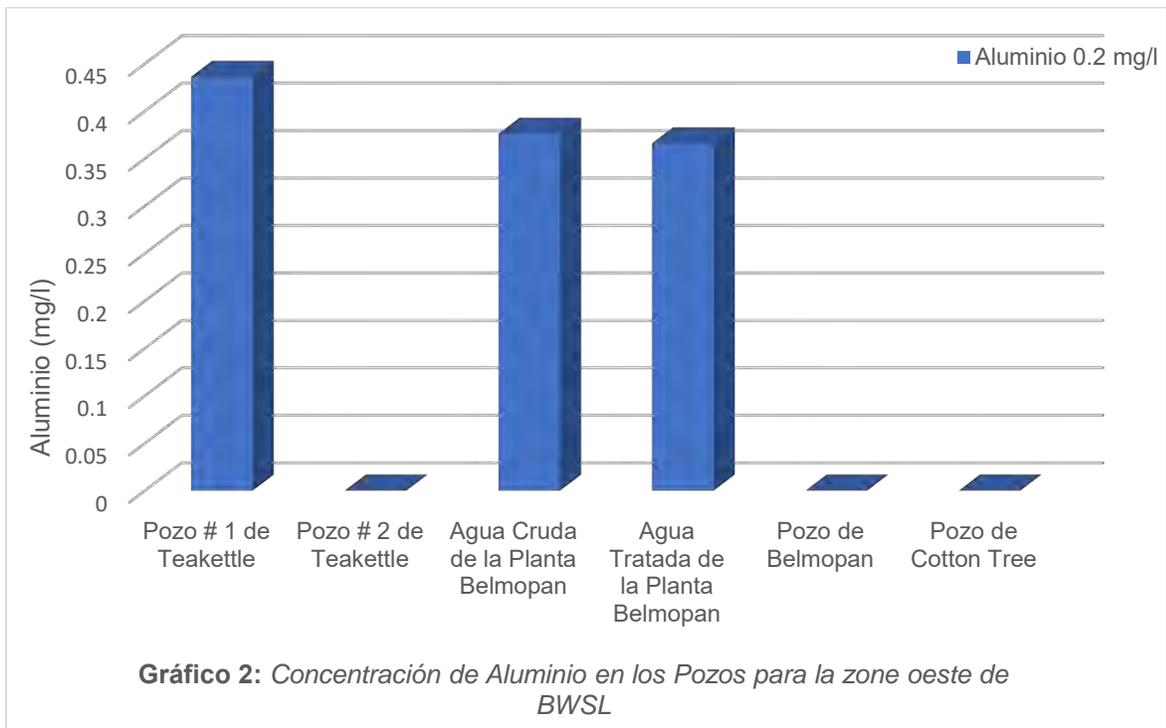
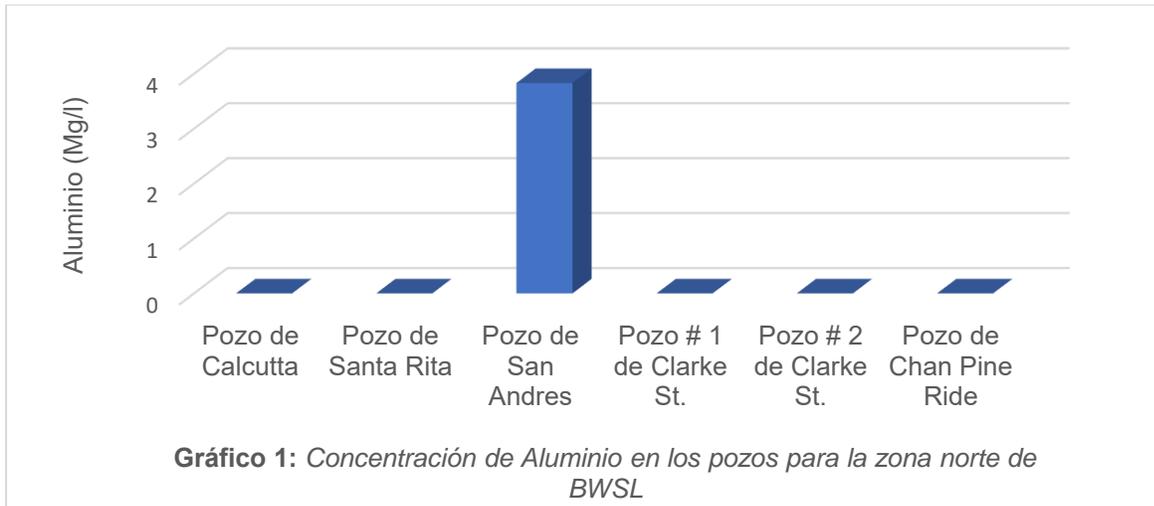
Tabla 32. Parámetros de campo para las islas de BWS

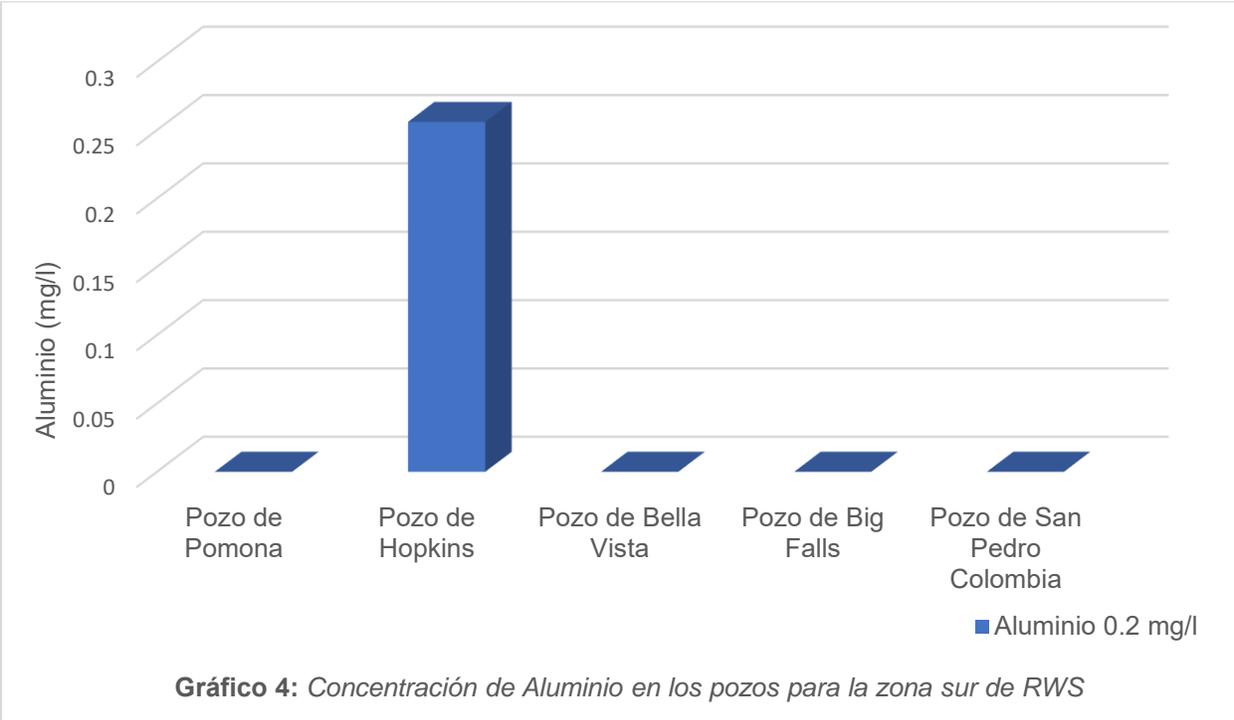
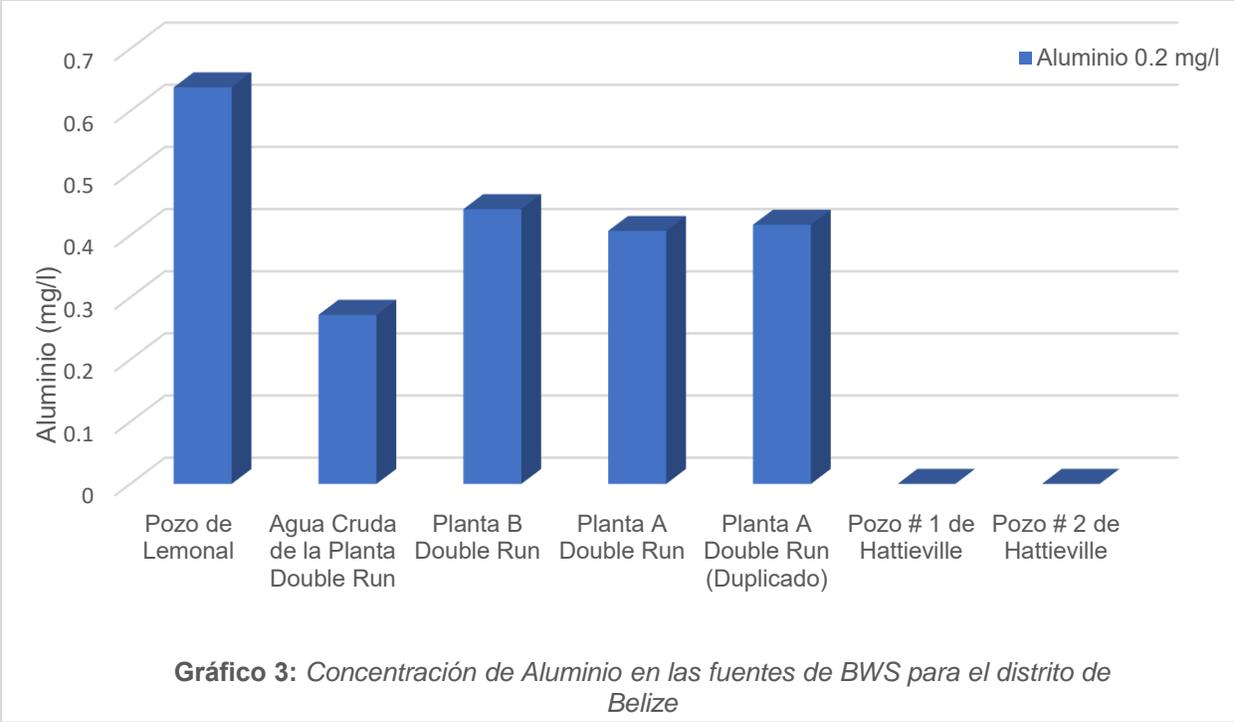
	SAN PEDRO			CAYE CAULKER		
Identificación de Muestra/ Parámetros	Pozo norte de San Pedro	Pozo sur de San Pedro	Agua Tratada San Pedro	Pozo # 1 Caye Caulker	Pozo # 2 Caye Caulker	Agua Tratada Caye Caulker
Fecha	16/2/2015	9/2/2015	9/2/2015	9/2/2015	9/2/2015	9/2/2015
Tiempo	9:40	9:45	9:52	12:30	12:40	1:00
Temperatura	27.4	27.3	28.1	28.1	27.9	28.8
PH	7.49	7.37	6.9	7.21	7.33	7.22
Conductividad	55400	56800	715	56000	55200	970
Solidos Totales Disueltos	27700	28400	358	27900	27600	487
Salinidad	36.6	37.8	0.347	37	26.7	0.476

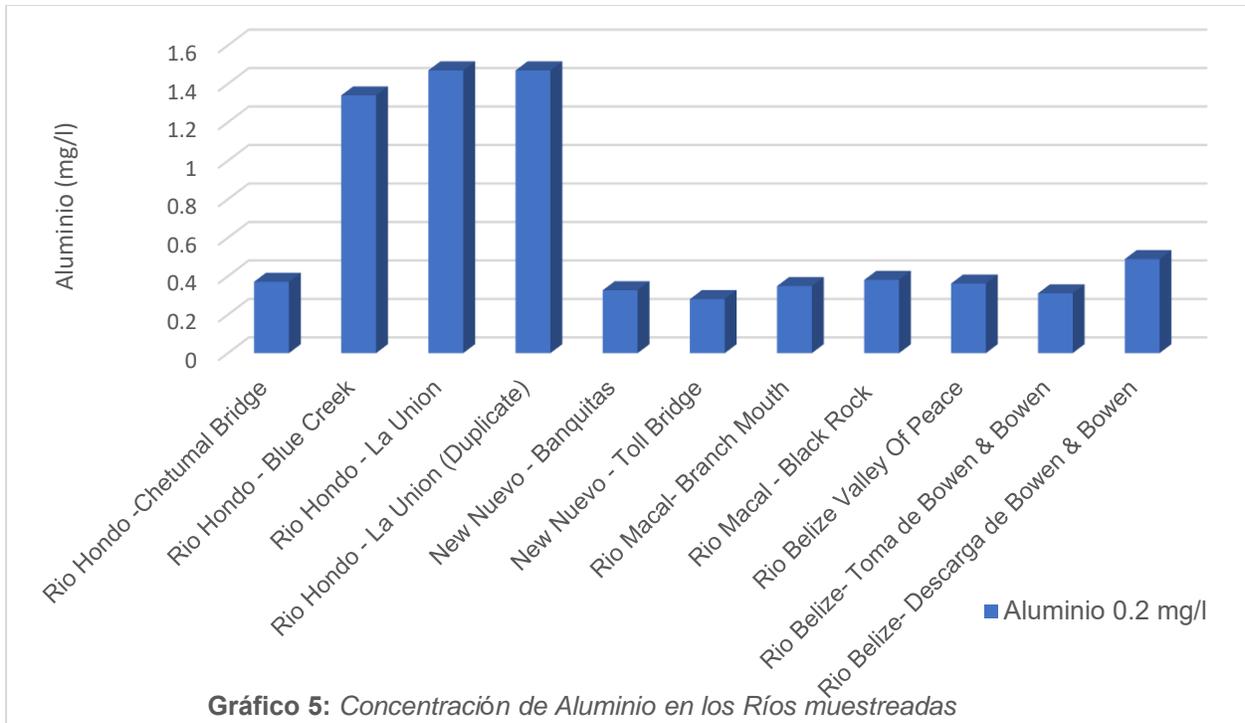
Tabla 33: Parámetros de campo para la zona central de BWSL

Identificación de Muestra/ Parámetros Fecha	BELIZE DISTRICT						
	Pozo de Lemonal	Agua Cruda Double Run	Planta A Double Run	Planta B Double Run	Planta A Double Run (Duplicado)	Pozo # 1 de Hattievilke	Pozo # 2 de Hattievilke
Fecha	17/2/2015	17/2/2015	17/2/2015	23/2/2015	23/2/2015	23/2/2015	23/2/2015
Tiempo	1:10	10:21	10:34	7:38	7:38	9:39	9:02
Temperatura	28.2	25.5	25.1	24.7	24.7	28.5	25.9
PH	6.92	7.78	7.43	7.38	7.38	7.07	7.07
Conductividad	718	592	615	613	613	889	1399
Solidos Totales Disueltos	359	296	307	306	306	444	698
Salinidad	0.348	0.286	0.296	0.296	0.296	0.435	0.696

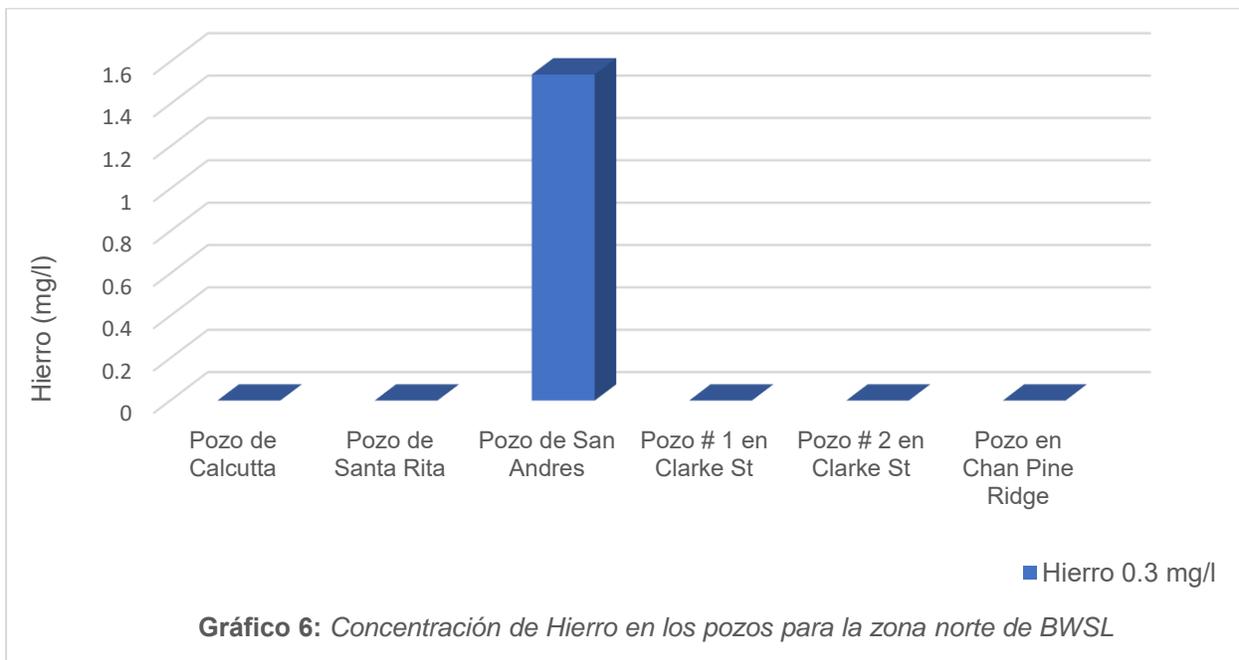
Análisis de los resultados de Aluminio en los sistemas de BWS y RWS

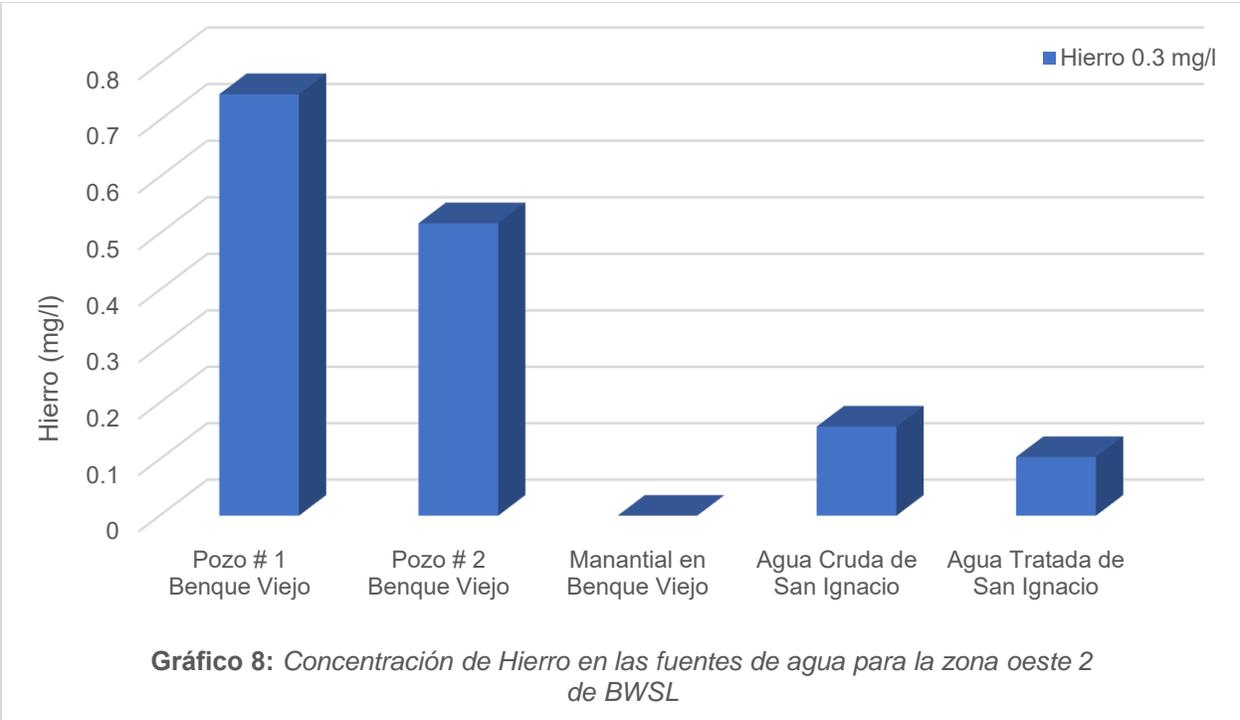
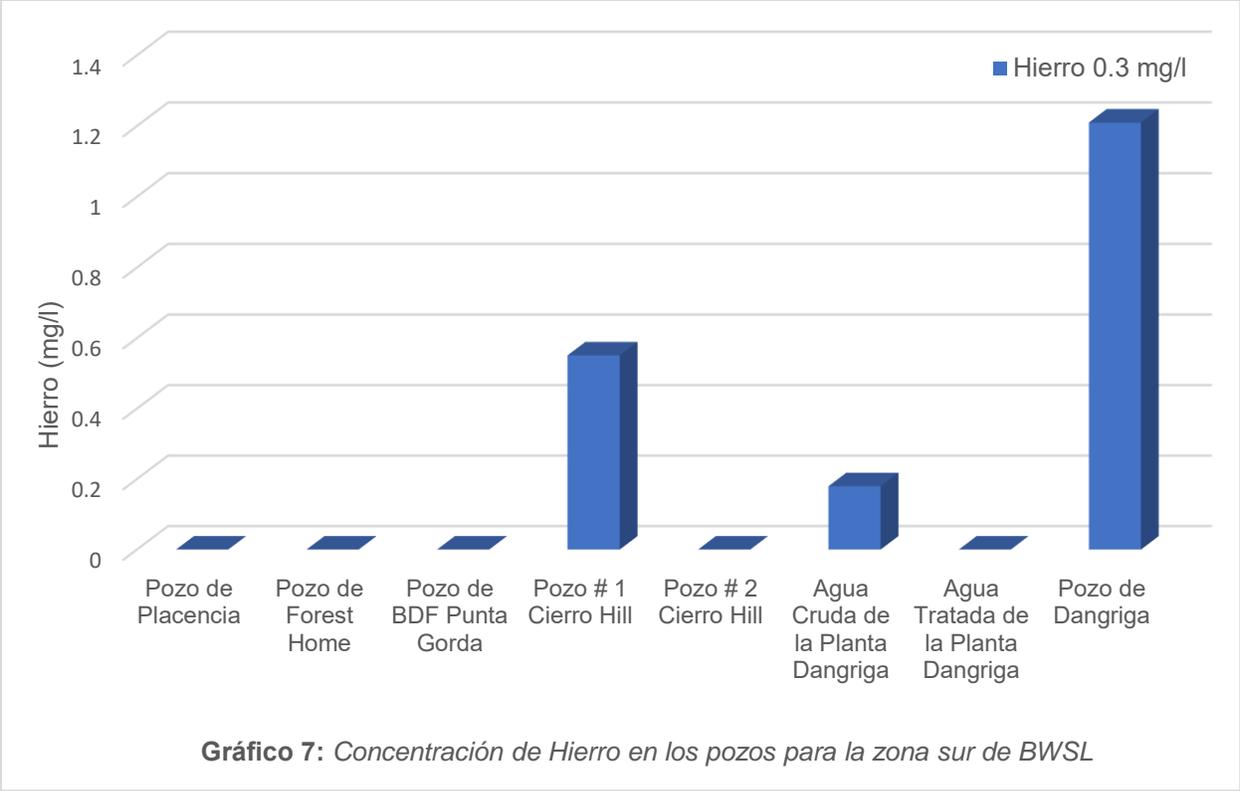


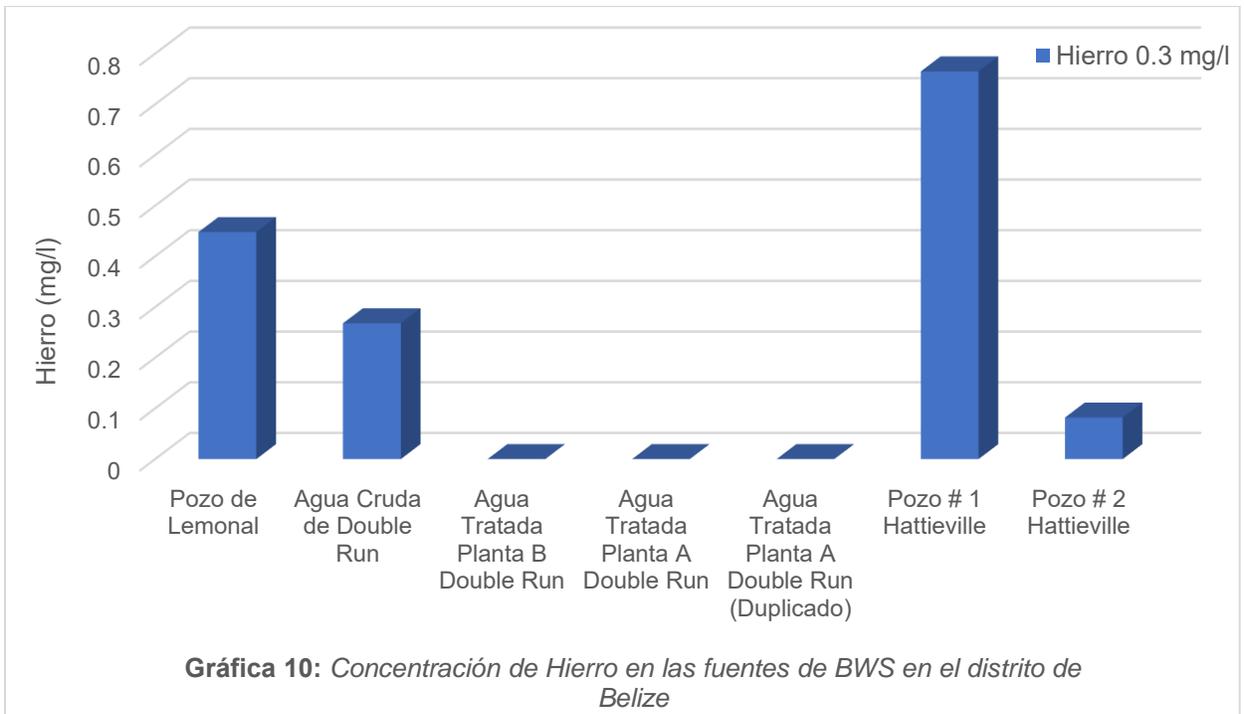
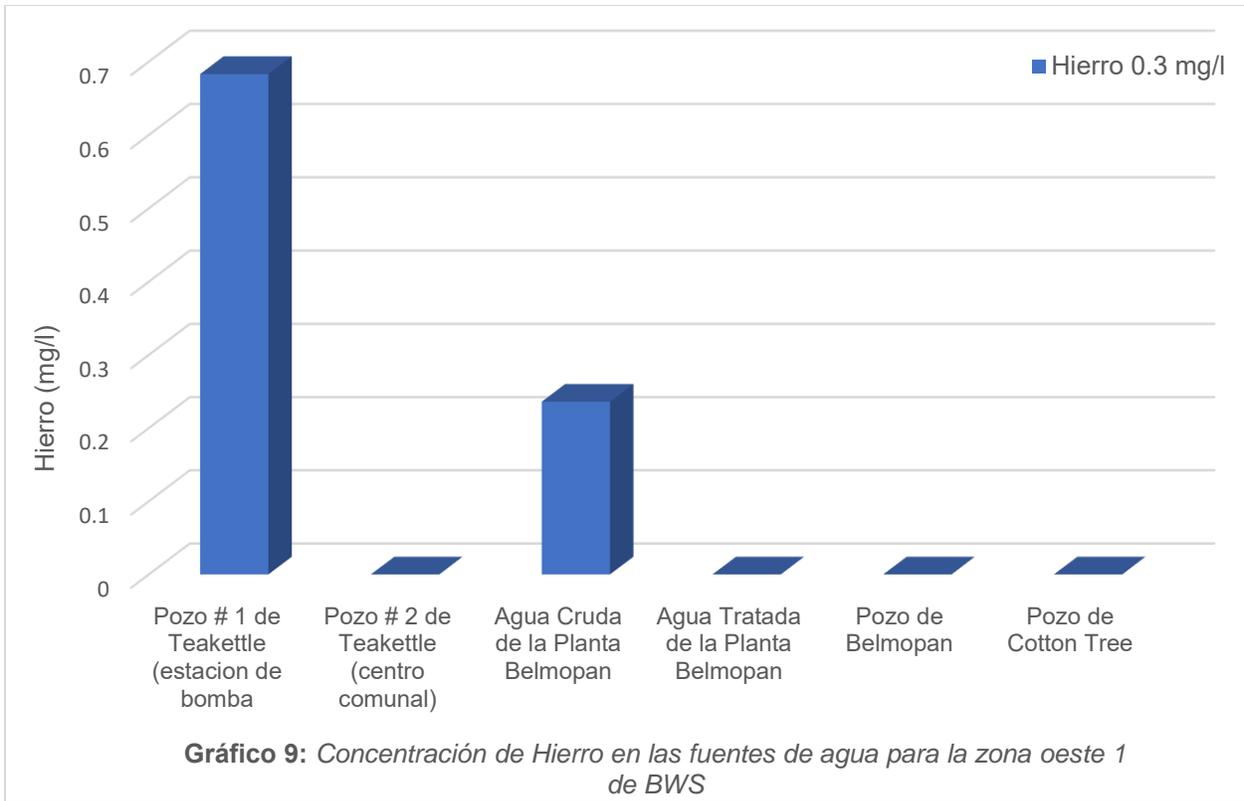


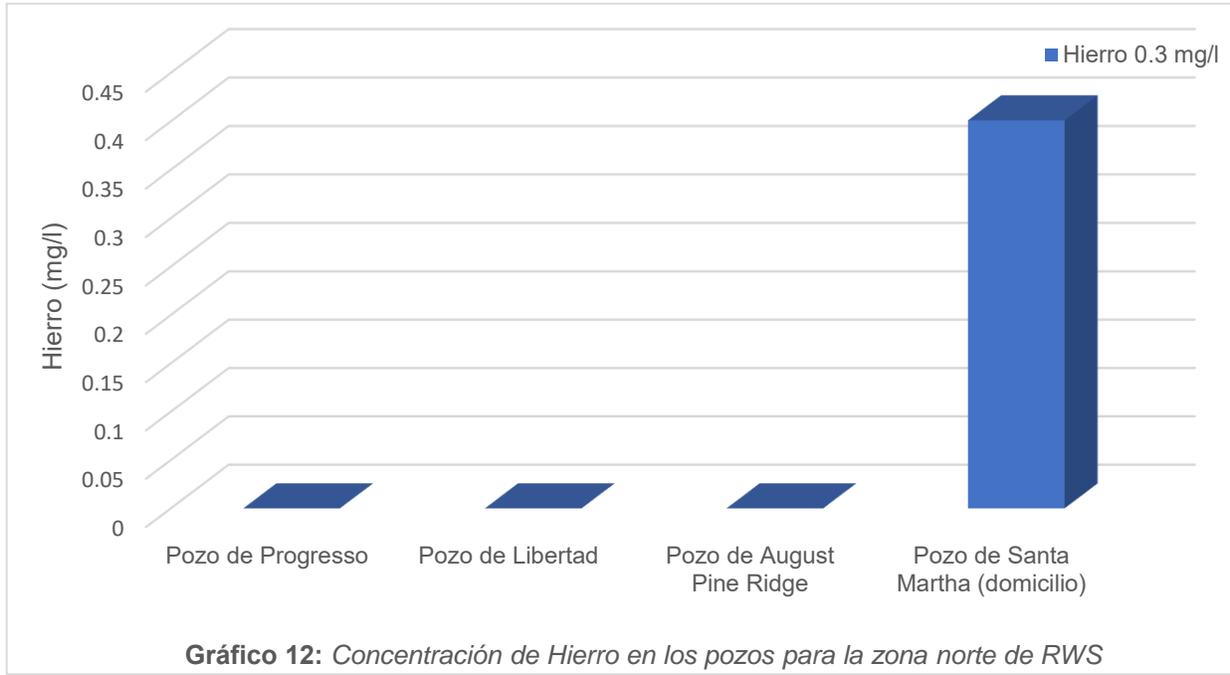
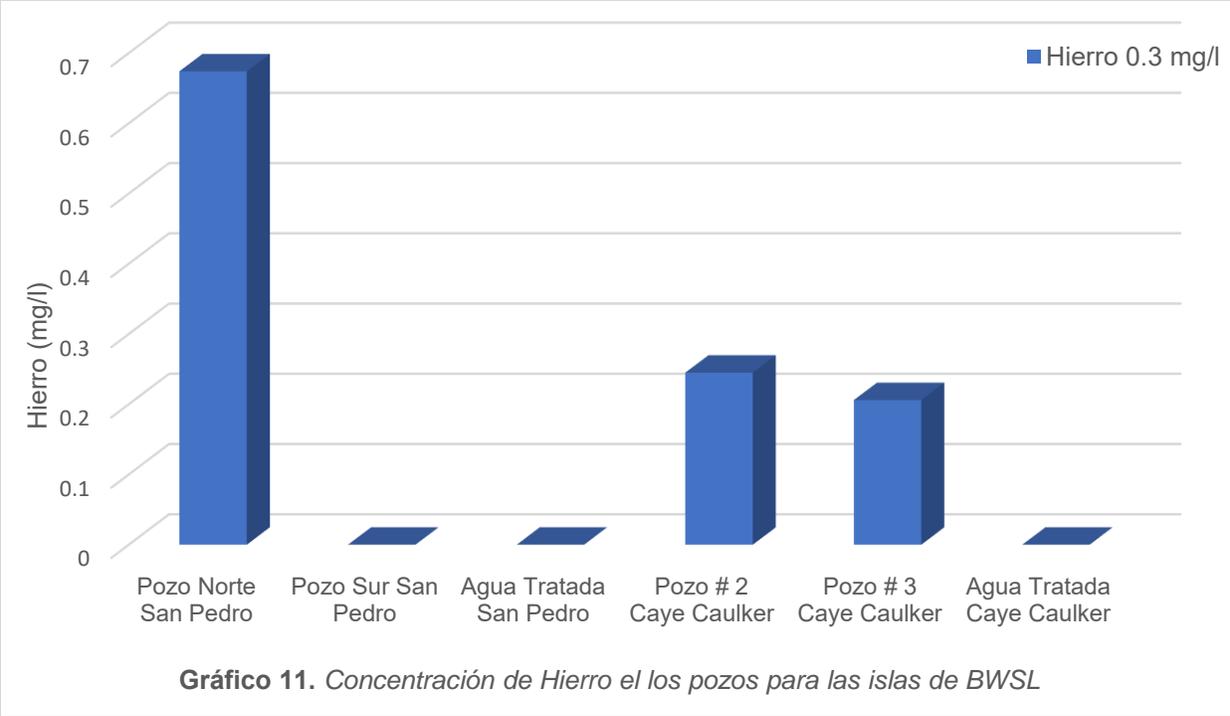


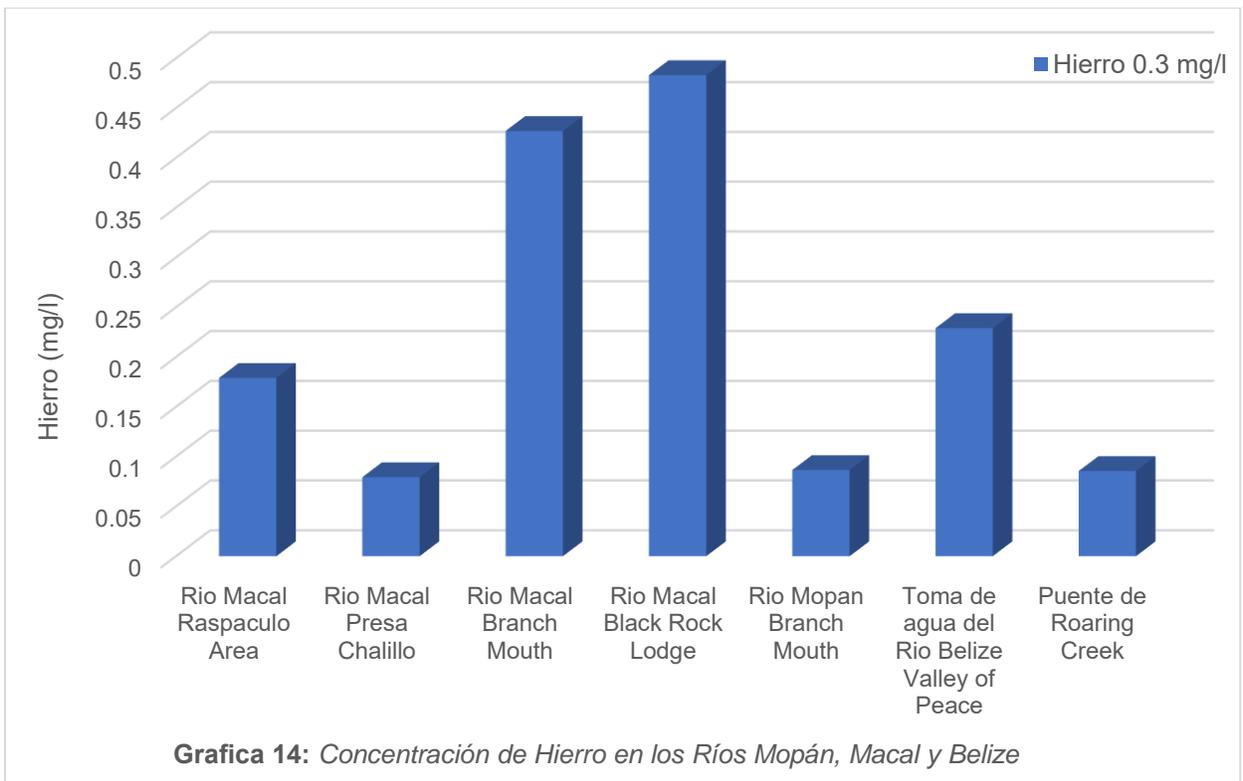
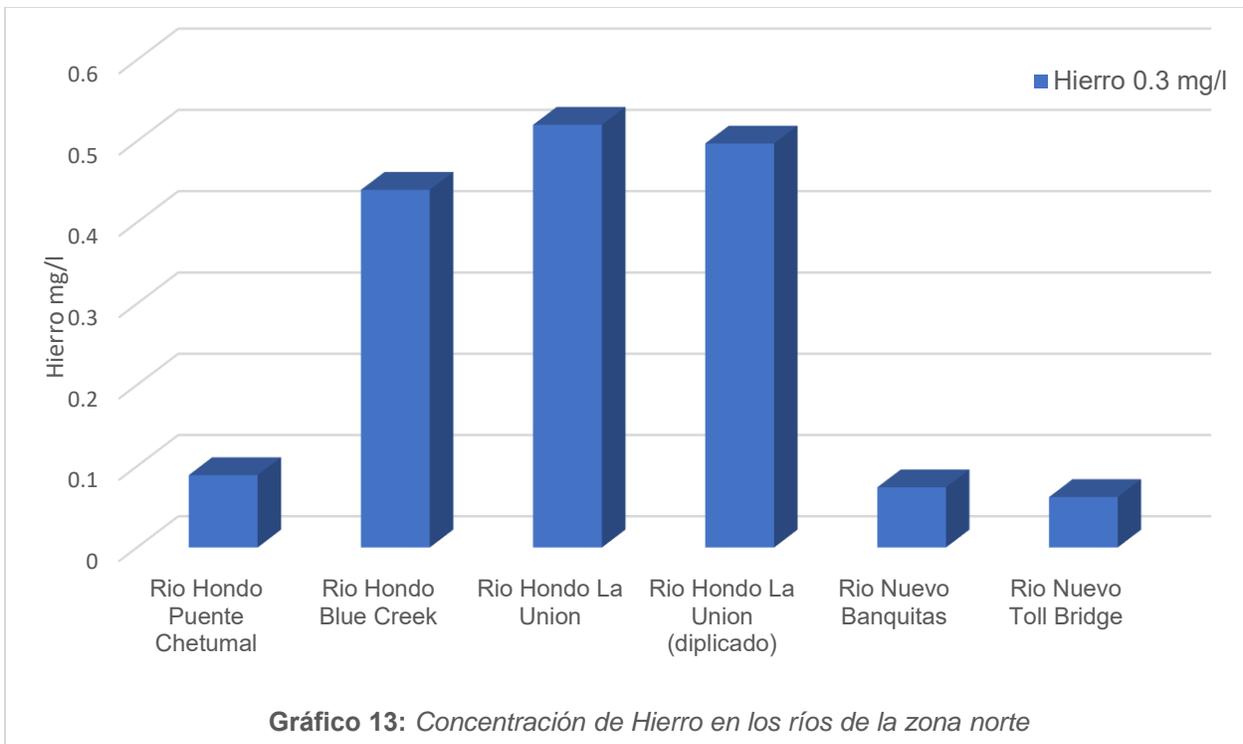
Análisis de los resultados de hierro en los sistemas de BWS, RWS y ríos

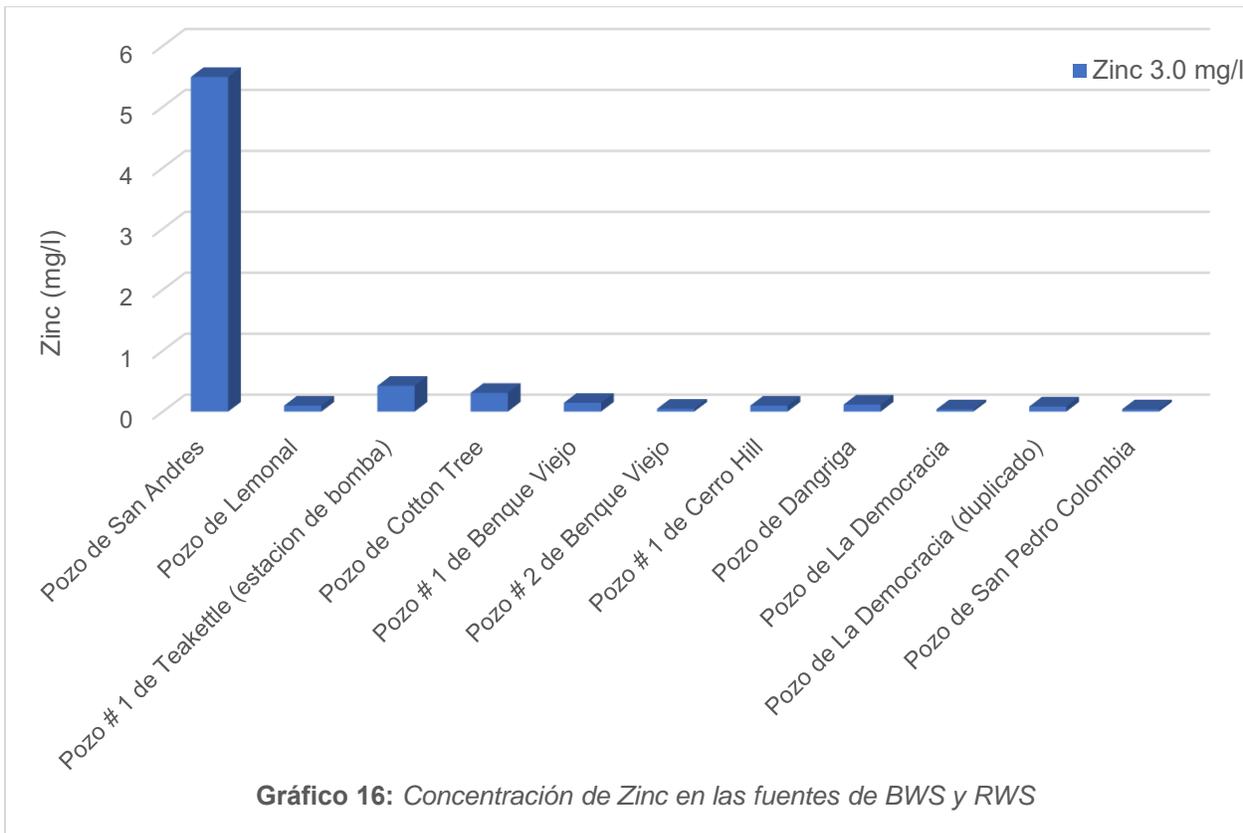
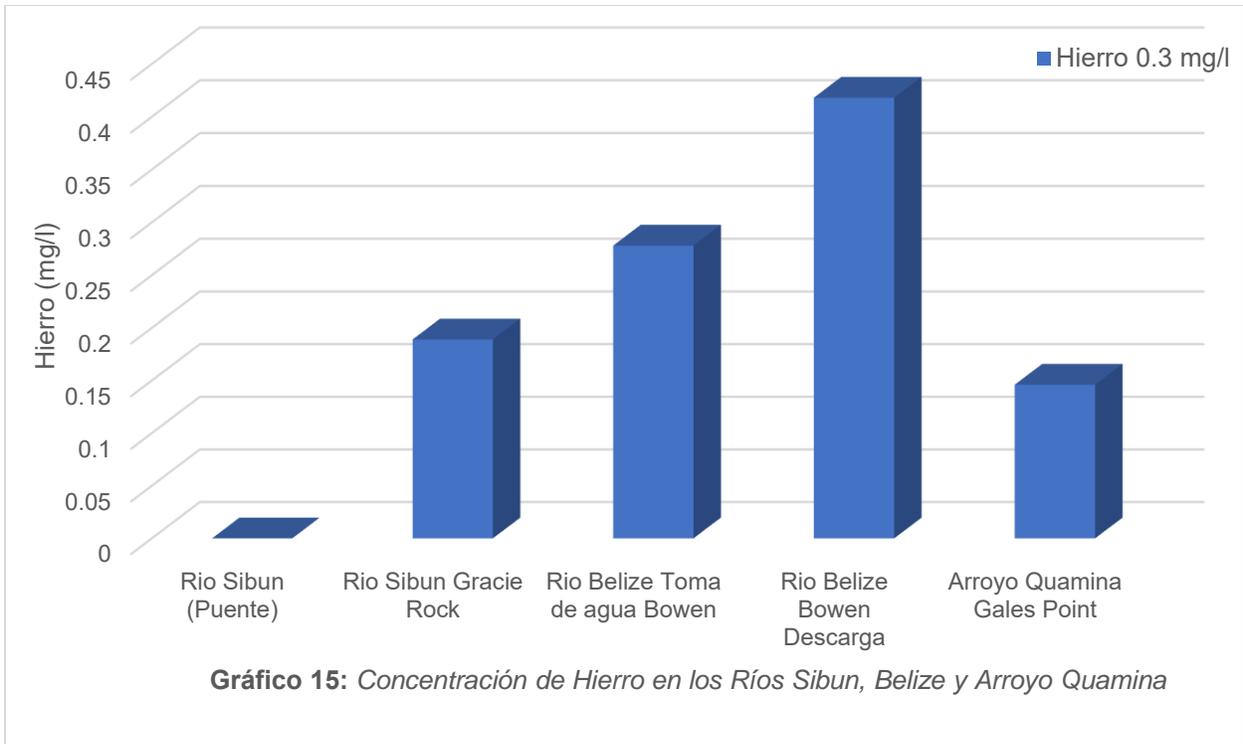












7. Discusión

7.1 Interpretación de resultados de interés: Metales Traza

- Los gráficos anteriores muestran niveles elevados de aluminio para varios sitios muestreadas incluyendo pozos y aguas superficiales tales como los pozos. El pozo de San Andrés (*Grafico 1*), el pozo número uno de Teakettle y el agua tratada de la Planta de Belmopan (*Grafico 2*), pozo número uno de Lemonal y el agua tratada de planta Double Run (*Grafico 3*), el pozo de Hopkins (*Grafico 4*) y varios sitios localizadas en los Rio Hondo, Rio Nuevo, Rio Macal y Rio Belize (*Grafico 5*) mostraron niveles elevados de acuerdo a la estándar de 0.2 mg/l de acuerdo a la OMS. Se pueden derivar posibles causas de los niveles elevados tal como el uso constante de los pozos, por lo tanto, había algunos residuos presentes. De igual manera, en los pozos y ríos la concentración de aluminio puede variar significativamente dependiendo de varios factores fisicoquímicos y mineralógicos. Las concentraciones de aluminio disuelto en aguas con valores de pH casi neutros generalmente varían de 0.001 a 0.05 mg/l, pero aumentan a 0.5–1 mg/l en aguas más ácidas o ricas en materia orgánica. También se puede lixiviar selectivamente de la roca y el suelo para ingresar a cualquier fuente de agua. El aluminio puede estar presente como hidróxido de aluminio, un residuo de la potabilización del agua ya que en las plantas de Belmopan y Double Run se encontraron niveles de arriba de 0.2 mg/l,
- Hubo varios niveles elevados de hierro (> 0.3 mg/l) en las diferentes estaciones de muestras. La mayoría de los resultados se encontraban en los pozos de BWS (*Gráficos 6 al 11*) y uno en un sistema de RWS (*Grafico 12*). También hubo resultados en los puntos de muestreo de Rio Honda en la parte de Blue Creek y La Unión (*Grafico 13*). Las posibles causas incluyen la ocurrencia natural en el medio ambiente. El agua subterránea anaeróbica puede contener hierro ferroso a concentraciones de hasta varios miligramos por litro sin decoloración o turbidez en el agua cuando se bombea directamente desde un pozo. Sin embargo, al

exponerse a la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a hierro férrico, dando un color marrón rojizo objetable al agua. El hierro también promueve el crecimiento de "bacterias de hierro", que derivan su energía de la oxidación del hierro ferroso a hierro férrico y en el proceso depositan una capa viscosa en la tubería. En ambos casos, este tipo de hierro se puede tratar con inhibidores tal como en los casos de San Ignacio, Lemonal, Hattievillie y Teakettle (*Grafico 8, 9 y 10 respectivamente*).

- Los resultados también demostraron un nivel elevado de zinc (5.49 mg/l) para el pozo de San Andrés (*Grafico 16*). Al igual se pueden derivar posibles causas de los niveles elevados del pozo ya que no estaba en uso constante y, por lo tanto, demostraba niveles elevados. El nivel máximo de zinc en las muestras de agua según la OMS es de 3 mg/l. En general, el zinc es un metal traza esencial que se encuentra en prácticamente todos los alimentos y el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos. La dieta es normalmente la principal fuente de zinc. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en la salud para el zinc en el agua potable. Este pozo, también registro concentraciones elevadas de Aluminio y Hierro (*Grafico 1, 6 y 16*) respectivamente.

7.2 Interpretación de resultados de interés - Pesticidas

- La mayoría de las muestras enviadas para el análisis respectiva salieron sin rastros específicos de pesticidas en nuestras fuentes de agua. Eso nos indica dos cosas: no existen rastros de ningún pesticida en el ambiente acuático superficial o subterráneo o están por debajo de las normas de detección. Al igual uno puede especular que los medios analizados no son los más adecuados.

Pesticidas Organofosforados

- Se obtuvo rastros menores de Fensulfation en el Rio Hondo, específicamente en el puente Chetumal (*Tabla 19*) con una concentración de 0.0012 µg/l y el Blue Creek (*Tabla 19*) del mismo rio con una concentración de 0.001 µg/l. Estos fueron los únicos organofosforados que se encuentro en las muestras analizadas. El

Fensulfotion (CAS 115-90-2) es un insecticida y nematicida que es altamente tóxico y está clasificada como una sustancia extremadamente peligrosa. Su uso en el país es de insecticida para las siembras de maíz, cebolla, piña, plátanos, caña de azúcar y guisantes.

- También se encontró malatión en el Río Belize a una concentración de 0.0012 µg/l (Tabla 21). El malatión (CAS No. 121-75-5) se usa comúnmente para controlar mosquitos y una variedad de insectos que atacan frutas, verduras, plantas y arbustos. También se puede encontrar en otros productos pesticidas utilizados en interiores, en mascotas para controlar las garrapatas e insectos y para controlar los piojos de la cabeza y el cuerpo humano.
- Tanto para Fensulfotion como para Malation no hay un valor de referencia de la OMS porque ocurre en el agua potable en concentraciones muy por debajo de las que preocupan a la salud.

Pesticidas organoclorados

- No se detectaron trazos de ningún pesticida organoclorados en el estudio de investigación. Esto incluye los diferentes tipos de pesticidas que abarcan esta categoría y la cual se utiliza en los cultivos a cierto punto.
- En general los pesticidas son malas noticias, pero los pesticidas organoclorados son pesticidas súper duraderos, lo que los convierte en una muy mala noticia. También conocidos como contaminantes orgánicos persistentes (*POPS*), los organoclorados tienen enlaces extremadamente fuertes entre sus componentes de cloro y carbono y se sienten atraídos por las grasas. También son altamente insolubles en agua, lo que significa que no se disuelven, y cuando llueve, pueden extenderse ampliamente a través de la escorrentía. El problema con esta fuerza es que una vez que se usan pesticidas organoclorados, permanecen por mucho tiempo, no solo en el suministro de agua y en el suelo, sino también en los cuerpos humanos y animales.

- Cuando se usan, los pesticidas organoclorados pueden filtrarse al medio ambiente a través de la aplicación directa, eliminación de desechos contaminados, emisiones del incinerador o escorrentía. Si se encuentra cerca de un área donde se aplicó recientemente un pesticida organoclorado, puede inhalar los químicos. También puede ingerirlos al comer alimentos contaminados, como pescado, productos lácteos y otros alimentos con mayor contenido de grasa.
- Dado que los pesticidas organoclorados no se descomponen fácilmente en el tejido graso, pueden acumularse en animales y humanos e incluso transmitirse de esta manera. Por ejemplo, los estudios muestran que cuando un humano, un pájaro u otro pez come un pez que está contaminado con un pesticida organoclorado, ese pesticida pasa al comederó.

Pesticidas carbamatos

- No se detectaron trazos de ningún pesticida carbamatos en el estudio de investigación. Esto incluye los diferentes tipos de pesticidas que abarcan esta categoría. Los carbamatos son una clase de insecticidas estructural y mecánicamente similar a los insecticidas organofosforados (OP). Los carbamatos son N-metilcarbamatos derivados de un ácido carbámico y provocan la carbamilación de la acetilcolinesterasa en las sinapsis neuronales y las uniones neuromusculares.

8. Conclusiones

En general, el estudio que realizamos en todo el país produjo muy pocos resultados en términos de lo que estábamos esperando y las concentraciones en las que se encontraron. Hubo algunos sitios que produjeron concentraciones elevadas a lo normal para algunos metales traza. Debido a esto, no hubo necesidad de diseñar ningún programa de protección ambiental para mitigar los impactos negativos. Sin embargo, si hubiera inquietudes, el mismo equipo habría desarrollado las respectivas medidas de mitigación.

Este estudio es una herramienta importante que se puede utilizar para determinar los datos de referencia de ciertos pesticidas y metales traza en nuestras aguas subterráneas y ríos. Debemos realizar este tipo de estudios de manera regular para desarrollar aún más los datos y monitorear los residuos en el medio ambiente. Estudios como estos pueden realizarse en conjunto con los respectivos ministerios gubernamentales para producir una perspectiva integral de las concentraciones de pesticidas y metales en el agua subterránea y el medio ambiente fluvial.

Con base en los sitios muestreados y la distribución espacial, podemos deducir que es necesario hacer más para obtener resultados indicativos, tales como preseleccionar el tipo de pesticida con respecto a las prácticas agrícolas, buscar un rango de muestra más pequeño que dé resultados y tomar muestras de sedimentos. Estos cambios se reflejan mejor en la sección de recomendaciones. Otro factor será obtener muestras representativas en el campo, así como muestreo temporal para tener mejor representación de datos. Esto es importante considerando el tipo de pesticida y su duración en el medio ambiente una vez aplicado.

De manera similar, la planificación y ejecución del proyecto se basó en la experiencia acumulada a lo largo de los años y los principios adquiridos en el plan de estudios de ingeniería ambiental. Se aplicaron los principios básicos de la misma e incluyeron la necesidad de identificar, controlar y mitigar los posibles impactos relacionados con la

contaminación por pesticidas y metales trazas. Al igual, resolver los problemas ambientales asociados con este último era algo que nunca se había hecho de manera integral. Por lo tanto, se requerían importantes conocimientos y aptitud en las habilidades del medio ambiental que incluye conocimiento en limnología básica y saneamiento de fuentes a los ríos y arroyos de aguas subterráneas.

El monitoreo de la calidad del agua es importante para la protección del medio ambiente, el manejo de las fuentes de agua y la identificación de eventos de contaminación que afectan a los consumidores y la población en general. El monitoreo consistió en realizar observaciones y tomar medidas que se analizan y reportan para brindar información y conocimiento sobre las aguas subterráneas y los ríos.

Por este motivo se está preparando otro estudio de este para darle más forma científica que podrá servir como un base de datos confiable. Al igual, los conocimientos adquiridos durante las investigaciones previas al igual, la preparación de este documento, servirán como experiencia profesional integral para poder elaborar más estudios al futuro que requieran de los conocimientos de la ingeniería ambiental para poder desarrollar medidas de mitigación.

9. Recomendaciones

Las recomendaciones de este estudio se basan en los resultados y las observaciones realizadas durante este estudio de investigación. Hubo muy pocos datos generados por el estudio que, aunque así lo parecía, existe la posibilidad de que la calidad del agua esté libre de contaminación con respecto a pesticidas y metales trazas. Sin embargo, hubo muchas limitaciones para este estudio, que, en alguna parte, jugaron un papel importante en los resultados. No obstante, preparé una lista de recomendaciones que se pueden utilizar para mejorar los resultados generales y el informe. Estos incluyen los siguientes:

- Asegurarse de que se repitan estudios similares de perfiles de calidad del agua potable cada 3 años y, si se encuentra que algún parámetro no cumple, como se establece en las guías de la OMS para el agua potable, el análisis de esos parámetros debe realizarse anualmente.
- Para el tercer estudio del perfil de la calidad del agua potable en 2021, se debe buscar una colaboración más estrecha con el Pesticide Control Board (PCB)(Junta de Control de Pesticidas) y otras interesados para que puedan dar su opinión técnica sobre los pesticidas que necesitamos monitorear específicamente. Más a menudo, estos incluirían aquellos que están prohibidos o se usan con frecuencia.
- Publicar el estudio para que los datos estén disponibles para el público en general y los académicos interesados en utilizar los datos para su fin. Hay una gran cantidad de datos no publicados hechos internos y externos que se llevan a cabo por diversas razones.
- Se deben considerar las pruebas de pesticidas para las fuentes de agua subterránea más extensas, especialmente donde prevalecen las actividades agrícolas. También se deben considerar los pozos privados no registrados, especialmente los que son fuente de establecimientos de agua embotellada.

- Observe el entorno en el que se liberan pesticidas al medio ambiente. Los pesticidas se descomponen en el medio ambiente para formar otros compuestos y encontrarlos en el agua puede ser un gran desafío.
- Considerar el uso de técnicas de isótopos estables para observar las fuentes de contaminación del agua asociadas con las actividades agrícolas. Esta técnica ha existido últimamente y no se usa regularmente en Belize. Este tipo de técnica se puede explorar de manera más adecuada para determinar la contaminación del agua y mejorar los resultados generales.
- Es necesario desarrollar la capacidad de laboratorio dentro del país para analizar metales, pesticidas y otros parámetros que normalmente no se monitorean para que estudios de investigación como este se puedan realizar con mayor frecuencia.
- Realizar el estudio después de la temporada de lluvias para comparar la variación estacional de los resultados. Esta prueba temporal abarcaría las dos temporadas vividas en Belize.
- Ampliar el medio de prueba para incluir sedimentos de ríos, ya que con frecuencia estos contienen metales traza que se han acumulado con el tiempo. Este medio corroboraría cualquier dato obtenido en el espectro del agua.

Estas recomendaciones se incorporan al estudio de investigación que se está planeando realizar en unos meses y se producirá un reporte al respecto que demostrará el estado de la calidad de agua y por extensión la calidad de vida.

Literatura citada.

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry: Toxicological Profile for Arsenic, TP/92-02 Atlanta Georgia, GA: ATSDR 1992a. www.atsdr.cdc.gov/

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry: Toxicological Profile for Barium, TP/91-03 Atlanta Georgia, GA: ATSDR 1992b. www.atsdr.cdc.gov/

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry: Toxicological Profile for Cadmium, TP/92-06 Atlanta Georgia, GA: ATSDR 1993b. www.atsdr.cdc.gov/

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry: Toxicological Profile for Mercury, TP/93-04 Atlanta Georgia, GA: ATSDR 1994d. www.atsdr.cdc.gov/

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2019. Toxicological profile for DDT, DDE, DDD (Draft for Public Comment). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. www.atsdr.cdc.gov/

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2019. Toxicological profile for Endrin (Draft for Public Comment). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. www.atsdr.cdc.gov/

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (CDC) webpage: www.atsdr.cdc.gov/ Toxicology Profiles.

Alegria, H., Bidleman, T. and Shaw, T, 2001: Organochlorine Pesticides in Ambient Air of Belize, Central America. Environmental Science & Technology; American Chemical Society.

Alpuche, J. 2014: A National Adaptation Strategy to Address Climate Change in the Agriculture Sector in Belize. Report was prepared for the Caribbean Community Climate Change Centre (CCCC) and the Government of Belize under the European Union Global Climate Change Alliance (EU-GCCA) Caribbean Support Project.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation 1995: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition, ISBN: 9780875532875

Arif Tasleem, J et al 2015: Heavy Metals and Human Health: Mechanistic Insight into Toxicity and Counter Defense System of Antioxidants. Int J Mol Sci. 2015 Dec; 16(12): 29592–29630. Published online 2015 Dec 10. doi: PMID: PMC4691126

Astmann, B. A., 2020: "A Modeling Approach to Understanding Glyphosate Transport in the Belize River Watershed" . Theses and Dissertations--Civil Engineering. 101. https://uknowledge.uky.edu/ce_etds/101

Barbara, A.A. 2020: A modeling approach to understanding glyphosate transport in the Belize River Watershed. Theses and Dissertations--Civil Engineering. 101.
https://uknowledge.uky.edu/ce_etds/101

BCRC-Caribbean, 2015. National Chemical Profile for Chemicals Management in Belize. Funded by United Nations Environment Programme (UNEP) represented by the Secretariat of the Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade (SRC).

Boles, E. and R. Boles. 2010. Atlas of the Mopan / Macal /Belize River Watershed. Friends of Conservation and Development. BRC press, Benque Viejo del Carmen, Belize.

Bonmatin, J.M. et al, 2019: A survey and risk assessment of neonicotinoids in water, soil and sediments of Belize. This paper has been recommended for acceptance by Prof. Dr. Klaus Kümmerer. Crown Copyright © 2019 Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

CPR, California Pesticide Reform, 2021: “ Pesticide and Human Health”, Pesticide Reform, <https://www.pesticidereform.org/pesticides-human-health> accessed 10 June 2021

Canter, L.W. 1993. The Role of Environmental Monitoring in Responsible Environmental Management, 1993.

Corbit, D.S. 1998: Standard Handbook of Environmental Engineering, Second Edition, McGraw Hill

Cranwell, M. 1998: A pilot study, assessing and comparing pesticide management and safety practices among certified and uncertified farmers in four Villages within the Cayo District, Belize BZ1.1; BZ-PES/C/003.

Davis, M. and Cornwell, David A.1998: *Introduction to Environmental Engineering*. McGraw Hill 3rd Edition.

Department of the Environment (DOE) 1995: Environmental Water Quality Program, Water Quality Monitoring Protocol, Department of the Environment, June 1995

Department of the Environment (DOE), 2008: National Plan of Action for the Control of Land-Based Sources of Marine Pollution in Belize. Ministry of Natural Resources and the Environment August 2008.

Department of the Environment (DOE), Ministry of Forestry, Fisheries and Sustainable Development 2014: Annual Report, Fiscal Period 2013/2014

Evers, D. 2021 Belize Minimata Initial Assessment (MIA-Belize). Prepared by the Basel Convention Regional Centre for Training and Technology Transfer for the Caribbean

(BCRC-Caribbean) under the GEF Project (GEFID 9991). United Nations Environment Programme, BCRC-Caribbean. Executed by The Department of the Environment (DOE), Ministry of Sustainable Development, Climate

Fernandez Mario, 2001: Diagnostic situation on the use of DDT and the control and prevention of Malaria in Belize, MOH, PAHO, UNEP, WHO.

Ferro Mansilla C. 2017: Impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas en siete modelos socio-productivos hortícolas del Cinturón Verde de Mendoza. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Mendoza, Argentina.

Fishel, F. 2003: The Fate of Pesticides in the Environment, and Groundwater Protection, Extension Agrichemical Fact Sheet Number 8, Department of Agronomy, Pennsylvania State University.

Gibbs, R and Guerra, C. 1997: Metals of the bottom muds in Belize City Harbor. Center for Colloidal Science, College of Marine Studies, University of Delaware, Newark, Delaware 19716, USA. Department of Environment, Ministry of Tourism and The Environment, Belmopan, Belize.

Government of Belize (GOB), 2011: Drinking Water Quality Regulations, 2011, Statutory Instrument NO. OF 2011, Arrangement of Regulations (Draft).

Grument, N, Hughen, K. 2006: Biomonitor of Environmental Stress: Coral Trace Metal Analysis. American Geophysical Union, Fall Meeting 2006, abstract id. PP23D-1802. Woods Hole Oceanographic Institution, Marine Chemistry and Geochemistry Department 360 Woods Hole Rd., Woods Hole, MA 02543

Barefoot Rental Services 2000: <https://barefootservicesbelize.com/flora-fauna-belize/>, accessed 15 May 2001.

Letterman, Raymond D. 1999: Water Quality and Treatment, A Handbook of Community Water Supplies. 5th Edition McGraw Hill American Water Works Association. ISBN 0-07-001659-3

Kristine, K. 2011. Preliminary Study of Pesticide Drift into the Maya Mountain Protected Areas of Belize. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology volume 86, pages56–59 (2011)

Kolluro, R.V. et al 1996; Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental, Health and Safety Professional. McGraw Hill, Inc

MBRS 2007: Rapid Assessment of Anthropogenic Impacts on Select Transboundary Watersheds of the Mesoamerican Barrier Reef Systems (MBRS) Region. A Collaborative Effort between the Mesoamerican Barrier Reef Systems (MBRS) Project of Belize, the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and Tufts University.

MCCAP 2014: Environmental Management Framework for Marine Conservation and Climate Adaptation Project. Prepared for the Marine Conservation and Climate Change Adaptation Project (MCCAP).

Metzgen Ydahlia 2014: BELIZE: National Integrated Water Resources Authority (NIWRA) Consultancy Report Submitted to the Ministry of Natural Resources, Government of Belize and UNDP 10 May 2014.

Muhammad, S. et al 2020: Pesticides in Drinking Water—A Review. Received Dec 3; Accepted 2021 Jan 5.

Nathanson, J.A. *Basic Environmental Technology: Water Supply, Waste Management, and Pollution Control*. 2nd Edition Prentice Hall, Inc.

Ongley, E 1996: Control of Water Pollution from Agriculture, FAO, GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters Burlington, Canada. ISBN 92-5-103875-9

Olson, D., E. Dinerstein, P. Canevari, I. Davidson, G. Castro, V. Morisset, R. Abell and E. Toldeo (eds.). 1998. Freshwater Biodiversity of Latin America and the Caribbean: A Conservation Assessment. Biodiversity Support Program, Washington D. C.

Pepper, C.B., Rainwater, T. R. et al 2004: Organochlorine pesticides in chorioallantoic membranes of morelet's crocodile eggs from Belize. *Journal of Wildlife Diseases*, Research Article, 2004. Volume 40, Issue 3. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-40.3.493>

Pesticide Control Board 2016: A Strategic plan for the Pesticides Control Board 2017-2021. IICA Office in Belize, October 2016.

Rainwater Thomas R. et al 2006: Metals and organochlorine pesticides in caudal scutes of crocodiles from Belize and Costa Rica. *Science of the Total Environment* 373 (2007) 146–156

Reeder, Philip & Shapiro, Lauren. (2003). Lead Contamination of Soils in Belize City, Belize, Central America. *Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering*. 38. 2785-805. 10.1081/ESE-120025831.

Somerville, M. & Liebens, J. 2011: DDTs in Soils Affected by Mosquito Fumigation in Belize. Department of Environmental Studies, University of West Florida. Publish unknown.

Thundiyil, J. G., Stober, J. 2008: Acute pesticide poisoning: A proposed classification tool. Bulletin of the World Health Organization 2008; 86:205–209

UNCSD, 2012: Belize National Sustainable Development Report; Ministry of Forestry, Fisheries, and Sustainable Development, Belize, United Nations Department of Social and Economic Affairs (UNDESA), United Nations Development Program (UNDP). INSTITUTIONAL DEVELOPMENT CONSULTANTS – www.idcbz.net.

UNESCO 2019. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. Obtention de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

US Environmental Protection Agency 2020, National Secondary Drinking Water Regulations, Federal Registrar, 44 1979:42198-42199

US Environmental Protection Agency 2020, Water Quality Standards: Regulations and Resources, Title 40 CFR Part 131

US SDWA 1964, Safe Drinking Water Act of 1974, Public Law 93-523, December 16, 1974

WHO Library 2017: Guidelines for Drinking Water Quality, 4th Edition, Incorporating the First Addendum, World Health Organization, ISBN 978-92—4-154995-0

Wada Osamu 2004: What are Trace Elements. Their deficiency and excess states JMAJ 47(8): 351–358.

Wesseling, C., et al. 2004: Acute pesticide poisoning and pesticide registration in Central America. Central American Institute for Studies on Toxic Substances (IRET), Universidad Nacional (IRET-UNA), PO Box 86, 3000-Heredia, Costa Rica. Pan-American Health Organization (PAHO), Managua, Nicaragua

Willis, G.H., McDowel L. L., 1982: Pesticides in Agriculture Runoff and their effects on downstream water quality. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol 1. Pergamon Press Limited, 1983 SETAC.

ANNEXO I

Ley de Control de Pesticidas Capítulo 216

La Ley de Control de Pesticidas fue aprobada en la Asamblea Nacional de Belice en 1985 para establecer el control de la fabricación, importación, venta, almacenamiento y uso de Pesticidas y asuntos relacionados. La ley entró en vigor el 31 de diciembre de 1988.

La Ley de Control de Pesticidas, Capítulo 216 fue revisada y publicada en 2003 mostrando las leyes sustantivas a mayo de 2003. Esta versión revisada surgió debido a las diferentes regulaciones que se promulgaron para fortalecer la Ley y para asegurar que todos los sectores que dependen de esta Ley ser regulado y monitoreado. Las siguientes regulaciones fueron promulgadas como parte del Capítulo 216:

- INSTRUMENTO ESTATUTARIO No. 8 de 1989. Reglamento dictado por el Ministro de Agricultura en ejercicio de las facultades que le confiere el Artículo 15 de la Ley de Control de Pesticidas de 1985 (No. 32 de 1985), según enmendado por la Ley No. 18 de 1988, y todas las demás facultades que le corresponden (Boletín 14 de enero de 1989). Este Reglamento puede citarse como el REGLAMENTO DE PESTICIDAS REGISTRADOS Y RESTRINGIDOS (FABRICACIÓN, IMPORTACIÓN Y VENTA), 1988.
- INSTRUMENTO ESTATUTARIO No. 30 de 1996. Reglamento elaborado por el Ministro de Agricultura en ejercicio de las facultades que le confiere el artículo 15 de la Ley de Control de Pesticidas, el Capítulo 216 de las Leyes de Belice, y todas las demás facultades que le permitan 9 de marzo de 1996). Este Reglamento puede citarse como el REGLAMENTO DE PESTICIDAS REGISTRADOS Y RESTITUIDOS (FABRICACIÓN, IMPORTACIÓN Y VENTA) (REVISIÓN), 1996.
- INSTRUMENTO ESTATUTARIO No. 71 de 1998. Reglamento elaborado por el Ministro de Agricultura y Pesca en ejercicio de las facultades que le confiere el artículo 15 de la Ley de Control de Pesticidas, el Capítulo 216 de las Leyes de Belice, y todas las demás facultades que le permitan (Publicado el 4 de julio de 1998). Este Reglamento puede citarse como el REGLAMENTO DE CONTROL (VENTA Y CONFISCACIÓN) DE PESTICIDAS, 1998.
- INSTRUMENTO ESTATUTARIO No. 77 de 1995. Reglamento elaborado por el Ministro de Agricultura en ejercicio de las facultades que le confiere el artículo 15 de la Ley de Control de Pesticidas, el Capítulo 216 de las Leyes de Belice, y todas las demás facultades que le otorgan (Gazetted 8 de julio de 1995). Este Reglamento puede citarse como el REGLAMENTO DE PESTICIDAS REGISTRADOS Y RESTITUIDOS (REGISTRO), 1995.
- INSTRUMENTO ESTATUTARIO No. 112 de 1996. Reglamento elaborado por el Ministerio de Agricultura y Pesca en ejercicio de las facultades que le confiere el artículo 15 de la Ley de Control de Pesticidas, el Capítulo 216 de las Leyes de Belice, y todas las demás facultades que le permitan (Publicado el 17 de agosto

de 1996). Este Reglamento puede citarse como título abreviado. REGLAMENTOS DE PESTICIDAS RESTRINGIDOS (USUARIO CERTIFICADO), 1996.

- REGLAMENTOS DE INSTRUMENTOS ESTATUTARIOS emitidos por el Ministro de Agricultura, Pesca y Cooperativas en ejercicio de las facultades que le confiere la sección 15 de la Ley de Control de Pesticidas, el Capítulo 216 de las Leyes de Belice y todas las demás facultades que le permitan, y previa consulta con la Junta de Control de Pesticidas (Gazetted 2003.) Estos Reglamentos pueden citarse como los REGLAMENTOS (REGISTRO) (REVISIÓN) DE PESTICIDAS REGISTRADOS Y RESTRINGIDOS, 2003, y se leerán e interpretarán como uno con los Reglamentos (Registro) de Pesticidas Registrados y Restringidos, 1995, que en lo sucesivo se denominarán los Reglamentos principales.

ANNEXO II

Metodología para muestras de trazas de metales y pesticidas

La metodología presentada es un resumen de los requisitos que otorga al laboratorio escogido para llevar a cabo el análisis de las muestras de manera a los estándares requeridos.

Metales Trazas (Oligoelementos)

El método analítico para el análisis de pesticidas será a través de un espectro de emisión óptica de plasma acoplado-inductiva (ICP-OES) y por la absorción atómica.

Método EPA 6010 consiste en la espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) es una técnica espectrométrica utilizada para la determinación de oligoelementos en soluciones acuosas. En ICP-OES, la solución de muestra se aspira (es decir, se nebuliza) continuamente en una descarga de plasma de argón acoplada inductivamente, donde los analitos de interés se convierten en átomos en fase gaseosa en estado excitado o iones. A medida que los átomos o iones en estado excitado regresan a su estado fundamental, emiten energía en la forma de luz en longitudes de onda que son características de cada elemento específico. La intensidad de la energía emitida en la longitud de onda elegida es proporcional a la cantidad (concentración) de ese elemento en la muestra analizada. Por lo tanto, al determinar qué longitudes de onda son emitidas por una muestra y sus respectivas intensidades, la composición elemental de la muestra dada relativa a un patrón de referencia se puede cuantificar. Para obtener resultados precisos, análisis directo de ICP-OES debe realizarse solo en matrices acuosas relativamente limpias (por ejemplo, agua subterránea prefiltrada muestras). Otras muestras acuosas y / o sólidas más complejas necesitan digestión ácida antes de análisis; el analista debe asegurarse de que se elija un método de digestión de la muestra que sea apropiado para cada analito y el uso previsto de los datos.

Método EPA 7470 es un procedimiento de absorción atómica de vapor frío aprobado para determinar la concentración de mercurio en extractos de procedimientos de

movilidad, desechos acuosos y aguas subterráneas. La técnica de absorción atómica de vapor frío se basa en la absorción de radiación a 253.7 nm por vapor de mercurio. El mercurio se reduce al estado elemental y se airea de la solución en un sistema cerrado. El vapor de mercurio pasa a través de una celda colocada en la trayectoria de la luz de un espectrofotómetro de absorción atómica. La absorbancia (altura máxima) se mide en función de la concentración de mercurio.

- Método EPA 3010 es un método de preparación de muestras. Este procedimiento de digestión se utiliza para la preparación de muestras acuosas, extractos de EP y de procedimientos de movilidad, y desechos que contienen sólidos en suspensión para su análisis, mediante espectroscopía de absorción atómica de llama (FLAA) o espectroscopía de plasma de argón acoplado inductivamente (ICP). El procedimiento se utiliza para determinar los metales totales.

Este procedimiento de digestión se utiliza para la preparación de acuosas muestras, extractos de EP y de procedimientos de movilidad, y desechos que contienen sólidos para análisis, por espectroscopia de absorción atómica de llama (FLAA) o espectroscopia de plasma de argón acoplado inductivamente (ICP). El procedimiento se utiliza para determinar los metales totales.

Digestión acida de muestras y extractos acuosos para metales totales para análisis por espectroscopia FLAA o ICP. Una mezcla de ácido nítrico y el material a analizar se calienta a reflujo en un vaso de precipitados Griffin tapado. Este paso se repite con porciones adicionales de ácido nítrico hasta que el digestato sea de color claro o hasta que su color se haya estabilizado. Una vez que el digestato se ha llevado a un volumen bajo, se calienta a reflujo con ácido clorhídrico y se lleva a volumen. Si la muestra llegara a secarse, debe desecharse y volver a prepararse.

Alcance:

Este procedimiento de digestión se utiliza para la preparación de muestras acuosas, extractos de EP y de procedimientos de movilidad, y desechos que contienen sólidos en

suspensión para su análisis, mediante espectroscopía de absorción atómica de llama (FLAA) o espectroscopía de plasma de argón acoplado inductivamente (ICP). El procedimiento se utiliza para determinar los metales totales.

Las muestras preparadas por el Método 3010 pueden ser analizadas por FLAA o ICP para la siguiente:

Tabla 1. Lista de Metales

Aluminio	Manganeso
Arsénico*	Molibdeno
Bario	Níquel
Berilio	Potasio
Cadmio	Plomo
Calcio	Selenio*
Cromo	Sodio
Cobalto	Talio
Cobre	Vanadio
Hierro	Zinc
Magnesio	

Fuente: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/6010d.pdf>

Pesticidas

Organoclorados/Organofosforados/Carbamatos

Este método puede usarse para determinar las concentraciones de varios pesticidas organoclorados en extractos de matrices sólidas y líquidas, utilizando columnas capilares de sílice fundida, tubulares abiertos con detectores de captura de electrones (ECD) o conductividad electrolítica detectores (ELCD). Los siguientes compuestos RCRA han

sido determinados por este método utilizando un sistema de análisis de una o dos columnas.

1. Fuentes y significado

Los plaguicidas organoclorados se encuentran comúnmente en aguas que han sido afectadas por vertidos agrícolas. Algunos de los compuestos enumerados son productos de degradación de otros plaguicidas detectados por este método. Varios de los plaguicidas son bioacumulativos y relativamente estables, además de tóxicos o cancerígenos; por lo tanto, requieren una estrecha vigilancia.

2. Selección del método

Los métodos 6630B y C consisten en procedimientos de cromatografía de gases (GC) que siguen a la extracción líquido-líquido de muestras de agua. Son métodos relativamente sensibles que pueden usarse para detectar numerosos pesticidas. Las diferencias entre los métodos son mínimas después de la extracción. El método 6630D es un método de cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS) que puede detectar todos los compuestos objetivo, pero en concentraciones mucho más altas. El uso de trazas de iones extraídos o el monitoreo selectivo de iones (SIM) programado en el tiempo puede reducir el nivel de concentración necesario para la detección.^{1,2} Todos estos métodos también son útiles para la determinación de bifenilos policlorados (fuente:

<https://www.standardmethods.org/action/doSearch?AllField=pesticide&ConceptID=&pageSize=20&startPage=0>).

Método EPA 3511 es un procedimiento para extraer volátiles y semivolátiles seleccionados compuestos orgánicos del agua. El enfoque de microescala minimiza el tamaño de la muestra y el solvente usado, reduciendo así los costos de suministro, los riesgos para la salud y seguridad y los residuos generados.

Este método fue validado para varios compuestos aromáticos mono y policíclicos hidrocarburos (MAH y PAH) y se puede aplicar a cualquier combinación de estos compuestos. Este método también se puede utilizar para extraer compuestos orgánicos volátiles seleccionados (VOC) o compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC) que son ligeramente solubles o insolubles en agua a pH neutro si se demuestra que el rendimiento de extracción es satisfactorio utilizando una técnica analítica adecuada.

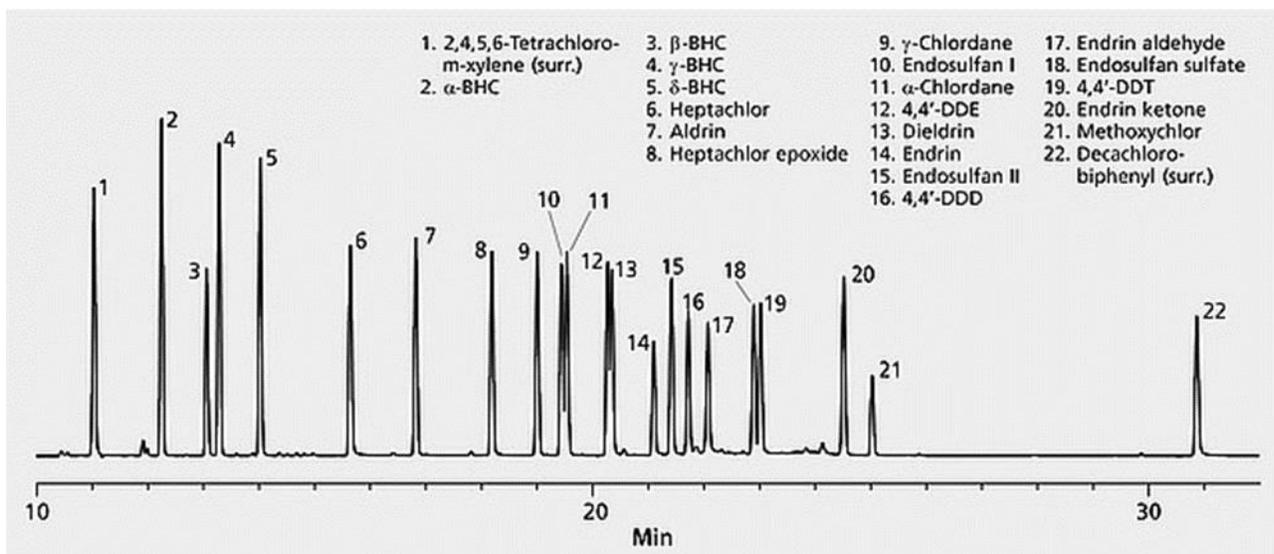
Tabla 2. Lista de Organoclorados

Compound	CAS Registry No. ^a
Aldrin	309-00-2
α -BHC	319-84-6
β -BHC	319-85-7
γ -BHC (Lindane)	58-89-9
δ -BHC	319-86-8
<i>cis</i> -Chlordane	5103-71-9
<i>trans</i> -Chlordane	5103-74-2
Chlordane -- not otherwise specified (n.o.s.)	57-74-9
Chlorobenzilate	510-15-6
1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	96-12-8
4,4'-DDD	72-54-8
4,4'-DDE	72-55-9
4,4'-DDT	50-29-3
Diallate	2303-16-4
Dieldrin	60-57-1
Endosulfan I	959-98-8
Endosulfan II	33213-65-9
Endosulfan sulfate	1031-07-8
Endrin	72-20-8
Endrin aldehvide	7421-93-4

Endrin ketone	53494-70-5
Heptachlor	76-44-8
Heptachlor epoxide	1024-57-3
Hexachlorobenzene	118-74-1
Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4
Isodrin	465-73-6
Methoxychlor	72-43-5
Toxaphene	8001-35-2

^aChemical Abstract Service Registry Number

Fuente: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/8081b.pdf>



Antes de emplear este método, se aconseja a los analistas que consulten el método base para cada tipo de procedimiento que puede emplearse en el análisis general (por ejemplo, Métodos 3500, 3600, 5000 y 8000) para obtener información adicional sobre procedimientos de control de calidad, desarrollo de criterios de aceptación de CC, cálculos y orientación general. Los analistas también deben consultar la declaración de exención de responsabilidad al principio del manual y la información del capítulo dos como guía sobre la flexibilidad prevista en la elección de métodos, aparatos, materiales, reactivos y suministros, y sobre las responsabilidades del analista para demostrar que las técnicas empleadas son apropiadas para los analitos de interés, en la matriz de interés y en los niveles de interés.

Además, se advierte a los analistas y usuarios de datos que, excepto cuando se requiera explícitamente en una regulación, el uso de métodos SW-846 no es obligatorio en respuesta a pruebas federales requisitos. La EPA proporciona la información contenida en este método como guía para ser utilizado por el analista y la comunidad regulada para hacer los juicios necesarios para generar resultados que cumplen los objetivos de calidad de los datos para la aplicación prevista. El uso de este método está restringido a ser utilizado por, o bajo la supervisión adecuada de personal experimentado y capacitado. Cada analista debe demostrar la capacidad de generar resultados aceptables con este método.

ANNEXO III

Resumen de la Autoridad para la gestión de los recursos hídricos (NIWRA)

Antecedentes

La NIWRA requiere el desarrollo de sus regulaciones para implementar estrategias de cumplimiento dentro de la Autoridad para la asignación y protección de los recursos hídricos de Belice. En ausencia de un Plan Maestro de Recursos Hídricos o el Plan de Control de Calidad del Agua o una base de datos y un Sistema de Apoyo a las Decisiones de Tecnología de la Comunicación de la Información, las regulaciones consideran los datos y los estándares de la industria para guiar a la Autoridad en la toma de decisiones acertadas. Su objetivo es capturar los datos para que se puedan tomar mejores decisiones utilizando un enfoque integrado.

Estos reglamentos propuestos reducen la fragmentación y la superposición de disposiciones relativas a la gestión de los recursos hídricos mediante el uso de un enfoque integrado. Mejora los procedimientos del instrumento y busca armonizar la premisa para la concesión de licencias, permisos y registro bajo la Ley y utiliza las mejores prácticas o estándares de la industria.

Se prevé que la Autoridad sirva como organización coordinadora para la ejecución de las funciones de acuerdo con la NIWRA. Las regulaciones ampliadas prevén la captura de datos para basar todos los acuerdos de licencia, creando así un enfoque justo para la evaluación científica de los recursos hídricos, casos de exenciones, una mayor fusión de la legislación que constituye aguas residuales, aguas pluviales y suministro de agua potable, monitoreo de la calidad del agua y aplicación.

Dentro del país, hay varias fuentes de extracción no contabilizadas que se producen a partir de aguas subterráneas y superficiales. Esto dificulta la aplicación justa de la legislación para garantizar que todos los beliceños tengan acceso a agua asequible. Estos hechos también son anteriores a la legislación.

Por lo tanto, es prudente expandir las regulaciones para capturar estos escenarios para cumplir con los requisitos de monitoreo y manejo efectivo de los recursos hídricos considerando las tensiones adicionales de las influencias no solo de los cambios antropogénicos sino también de los impactos del cambio climático y los desastres naturales. Para regular eficazmente o establecer umbrales para las abstracciones, los datos son esenciales.

Por lo tanto, al hacerlo, los datos son esenciales para las funciones y responsabilidades de la Autoridad. Estos reglamentos consideran las mejores prácticas regionales, locales e internacionales y brindan a la Autoridad la base para establecer umbrales, aunque aún no están determinados, y brindan pautas sobre cómo garantizar que cumpla con su mandato. El cumplimiento de su mandato requerirá la participación de la comunidad, el gobierno y las entidades no gubernamentales. Se recomienda que cualquier umbral requerido se calcule dentro de un año de que la Autoridad reciba los datos de la mayoría de los Permisos, Licencias y Certificados una vez adoptados. Esto está alineado con las mejores prácticas regionales e internacionales y un enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

Propósito

Los elementos del instrumento desarrollaron regulaciones para la NIWRA. Esto incluye ampliar las exenciones, las extracciones, la calidad y protección del agua, las sanciones y las infracciones. Especifica particularmente las condiciones de una licencia de extracción y exenciones que bajo tasas de extracción excesivas podrían tener efectos nocivos en los cuerpos de agua en Belice.

Objetivo

El objetivo de las instrucciones es proporcionar la armonización de los procesos actuales y una mejor coordinación de las actividades para proteger, gestionar y garantizar el cumplimiento del organismo regulador para el manejo de los recursos hídricos de Belice.

Análisis de las distintas opciones

Se ha realizado un análisis para remediar las políticas relativas a la Ley Nacional de Recursos Hídricos Integrados (NIWRA) 2011 mediante el examen de

1. National Integrated Water Resources Act (NIWRA) 2011,
2. Belize Water Industry Act (WRA 2003) Chapter 222,
3. Water and Sewerage Act, 2000,
4. Environmental Protection Act Chapter 328 and its schedules,
5. Pollution Regulations and its Amendments 2009,
6. Effluent Limitations and its Amendments, 2009 and
7. Public Health Act Chapter 40, 2003.

Estas leyes adicionales establecen cómo se implementará, supervisará y evaluará la política. Los objetivos de NIWRA se establecieron desde 2011. Sin embargo, la orden de inicio se emitió aproximadamente 5 años después. Actualmente, la Autoridad no está activa. Se espera que con la generación de esta guía para los reglamentos de la Sección 99 A a O, se adopten las instrucciones para los reglamentos de la Ley para orientar al país y a la Autoridad en su establecimiento, cuando entre en funcionamiento. Algunos beneficios de las instrucciones son que:

- El personal puede utilizar los estándares de las profesiones junto con los avances realizados en la Industria para realizar análisis científicos para tomar decisiones

acertadas sobre la protección y gestión de los recursos hídricos de Belice; y que el

- La Autoridad integrará la recopilación de datos, la gestión, la garantía de calidad y la aplicación de la ley utilizando ciencia sólida para gestionar mejor la calidad y cantidad de los recursos hídricos en Belice.

Contexto legislativo

La NIWRA introdujo varios cambios para implementar más estrategias de cumplimiento dentro de la Autoridad para la asignación y protección de los recursos hídricos de Belice. En ausencia de un Plan Maestro de Recursos Hídricos o el Plan de Control del Agua, las regulaciones consideran los datos y los estándares de la industria para guiar a la Autoridad en la toma de decisiones acertadas. Su objetivo es capturar los datos para que se puedan tomar mejores decisiones utilizando un enfoque integrado.

Estas regulaciones reducen la fragmentación y superposición de disposiciones relativas a la gestión de los recursos hídricos mediante un enfoque integrado. Mejora los procedimientos del instrumento y busca armonizar la premisa para la concesión de licencias utilizando una ley y las mejores prácticas o estándares de la industria.

La Autoridad actuará como organización coordinadora para la ejecución de los deberes de acuerdo con las funciones de la Autoridad. Las regulaciones ampliadas prevén la captura de datos para basar todos los acuerdos de licencia, creando así un enfoque justo para la evaluación científica de los recursos hídricos, casos de exenciones, una mayor fusión de la legislación que constituye aguas residuales, aguas pluviales y suministro de agua potable, monitoreo de la calidad del agua y aplicación. La aplicación se detalla como licencias para extracciones de grandes cantidades, permisos para la perforación de pozos y propiedad, renovación y licencias para la descarga de fuentes de contaminación puntuales / difusas.

Antecedentes de la política

En Belice, hay varias fuentes de extracción no contabilizadas que se producen a partir de aguas subterráneas y superficiales. Esto dificulta la aplicación justa de la legislación para garantizar que todos los beliceños tengan acceso a agua asequible. Estos hechos son anteriores a la legislación. Por lo tanto, es prudente expandir las regulaciones para capturar estos escenarios a fin de cumplir con los requisitos de monitoreo y manejo efectivo de los recursos hídricos a la luz de las tensiones adicionales de las influencias no solo de los cambios antropogénicos sino también de los impactos del cambio climático y los desastres naturales. Para regular eficazmente o establecer umbrales para las abstracciones, los datos son esenciales. Por lo tanto, al hacerlo, los datos son esenciales para las funciones y responsabilidades de la Autoridad. Estas regulaciones establecen elementos y brindan a la Autoridad la base para establecer umbrales, aunque aún no se han determinado. Estos umbrales se pueden calcular dentro de un año de que la Autoridad reciba los datos de la mayoría de las Licencias y Certificados que ha enumerado.

De acuerdo con la orientación proporcionada, las exenciones se han detallado para reducir las brechas y las malas interpretaciones sobre quién debería estar exento y las razones. A veces, las exenciones crean un campo de juego injusto al ejercer el control de las extracciones y si la contabilidad del agua no se aplica correctamente, la cuenca puede verse afectada no solo por una reducción en el agua disponible, sino también por las consecuencias de la falta de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos naturales. y los afectados por actividades antropogénicas.

El país se encuentra en una etapa en la que requiere una recopilación rigurosa de datos y una gestión de calidad de sus datos para garantizar que la Autoridad tome las mejores decisiones científicamente sólidas para llevar a cabo las funciones de la Autoridad.