

**Segunda Fase del
Estudio Binacional Sobre la Presencia
de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande
y sus Afluentes, en su Porción Fronteriza
Entre México y Estados Unidos**

*Second Phase of the
Binational Study Regarding the Presence
of Toxic Substances in the Rio Grande/Rio Bravo
and its Tributaries Along the Boundary Portion
Between the United States and Mexico*



Volumen I de II
Informe Final, Abril de 1998
Final Report, April 1998

MARCO DE AUTORIDAD

Este estudio se lleva a cabo por México y los Estados Unidos en el marco del Acta 289 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, titulada "Observación de la Calidad de las Aguas a lo largo de la Frontera Entre México y los Estados Unidos", con fecha del 13 de noviembre de 1992, y el "Informe Común de Ingenieros Principales Relativo a la Segunda Fase del Programa de Observación de la Presencia de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande, en su Tramo Internacional", con fecha del 12 de mayo de 1995.

AGENCIAS PARTICIPANTES

Estados Unidos

Agencia de Protección del Medio Ambiente,
Región VI.
Comisión de Conservación de Recursos
Naturales de Texas.
Departamento de Salud del Estado de
Texas.

México

Comisión Nacional del Agua.
Laboratorio Estatal en Tamaulipas de la
CNA.
Laboratorio de la Gerencia Regional Norte
de la CNA.
Laboratorio de la Gerencia de Saneamiento
y Calidad del Agua.

Internacional

Comisión Internacional de Límites y Aguas, Estados Unidos y México.

PREFACIO

Este reporte es presentado por los Gobiernos de México y los Estados Unidos a través de sus respectivas Secciones de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, la Comisión Nacional del Agua de México y la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. Ambos Gobiernos agradecen al Estado de Texas, en particular a la Comisión de Conservación de Recursos Naturales del Estado de Texas, por sus esfuerzos en este estudio.

Se pueden obtener copias de este reporte en inglés, solicitándolas por escrito a la Sección Estadounidense de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, a su dirección: 4171 North Mesa Street, Suite C-310, El Paso, Texas 79902-1422, o llamando al (915) 832-4150, ext. 2135. Se pueden obtener copias del volumen I y II por la Internet en la dirección: <http://www.epa.gov/earth/1r6/6wq/ecopro/>

Se pueden adquirir copias de este reporte en español de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, Ave. Universidad No. 2180, Zona Chamizal, C.P. 32310, Cd. Juárez Chih., o de las agencias de la Comisión Nacional del Agua: Gerencia Regional del Norte, Subgerencia de Administración del Agua, Comisión Nacional del Agua, Boulevard Revolución No. 2343 ote., C.P. 27000 Torreón Coah., tel. 189939, 189945; Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, Ave. San Bernabé No. 549, Col. San Gerónimo Lidice, México D.F., C.P. 10200, tel. 5952344, 683-1740 y por correo electrónico a la dirección: sglabmon@re.redint.com.

LISTA DE PARTICIPANTES

Comisión Nacional del Agua

Luciano Sandoval Yovall, México, D.F.
J. Eugenio Barrios, México, D.F.
Teodoro Gutiérrez de la Rosa, Torreón, Coahuila
Pablo Hernández, Torreón, Coahuila
Graciela Martínez Serratos, México, D.F.
Rubén Flores Garza, Torreón, Coahuila
Julio Vázquez Soriano, Chihuahua, Chihuahua
Alejandro Benavides Montoya, Chihuahua, Chihuahua
Graciela Larios Nando, Chihuahua, Chihuahua
Elizabeth Velázquez, Chihuahua, Chihuahua
Onfalia Flores, Saltillo, Coahuila
Evangelina Mancinas Mena, Tampico, Tamaulipas
Dolores Guerra Alvarez, Monterrey, Nuevo León

Sección Mexicana de la Comisión Internacional de Límites y Aguas

Luis Antonio Rascón Mendoza, Cd. Juárez, Chihuahua
Alberto Ramírez López, Cd. Juárez, Chihuahua
Sergio Saúl Solís, Cd. Juárez, Chihuahua
Claudio Pérez Orona, Cd. Juárez, Chihuahua
Sergio López Seañez, Ojinaga, Chihuahua
Rogelio Esquivel Rangel, Cd. Acuña, Coahuila
Guadalupe Gómez Hernández, Cd. Acuña, Coahuila
Roberto Enriquez, Cd. Acuña, Coahuila
Ignacio Peña Treviño, Cd. Acuña, Coahuila
David Negrete Arroyos, Nuevo Laredo, Tamaulipas
Armando Rubio, Nuevo Laredo, Tamaulipas
Jesús Navarro López, Cd. Reynosa, Tamaulipas
Arturo Martínez, Nva. Cd. Guerrero, Tamaulipas
Rogelio Rojas, Cd. Reynosa, Tamaulipas
Tomás González, Cd. Reynosa, Tamaulipas
Ramón Orvaz, Cd. Reynosa, Tamaulipas

United States Environmental Protection Agency, Region VI

Forrest John, Dallas, Texas
Carl Young, Dallas, Texas
Terry Hollister, Houston, Texas
Abel Uresti, Houston, Texas

Texas Natural Resource Conservation Commission

Patrick Roques, Austin, Texas
Christine Kolbe, Austin, Texas
Bill Harrison, Austin, Texas
Gail Rothe, Austin, Texas

Alicia Reinmund, Austin, Texas
René Mariscal, Austin, Texas
Tom Remaley, Austin, Texas
Terri Buchanan, Austin, Texas
Don Ottmers, Austin, Texas
David Petrick, Austin, Texas
Stefan Schuster, Austin, Texas
Steve Twidwell, Austin, Texas
Cassandra Shaukat, Austin, Texas
Robert Morales, El Paso, Texas
Sergio Mendez, El Paso, Texas
Auggie de la Cruz, San Antonio, Texas
Charlie Webster, Harlingen, Texas
Nadine Hall, Harlingen, Texas

International Boundary and Water Commission, United States Section

José Valdez, El Paso, Texas
Carlos Marín, El Paso, Texas
Debra Little, El Paso, Texas
Bob Ybarra, El Paso, Texas
René Valenzuela, El Paso, Texas
Yusuf Farran, El Paso, Texas
Yvette McKenna, El Paso, Texas
Raymundo Aguirre, El Paso, Texas
Douglas Echlin, El Paso, Texas
Sylvia Andrade Waggoner, El Paso, Texas
Margarita Licón, El Paso, Texas
Mike Muñoz, El Paso, Texas
Héctor Maynez, El Paso, Texas
John Lee, Presidio, Texas
Tony Sánchez, Presidio, Texas
Richard Peace, Del Río, Texas
Ken Breiten, Del Río, Texas
Bill Conners, Del Río, Texas
William Harris, Del Río, Texas
Pablo Díaz, Eagle Pass, Texas
Roberto Ramos, Laredo, Texas
William Jeffers, Falcon, Texas
Galan Hanson, Falcon, Texas
Raúl García, Falcon, Texas
Enrique Reyes, Mercedes, Texas
Saúl Barrera, Mercedes, Texas
Frank Lazo, Mercedes, Texas

INDICE DE CONTENIDO

Reporte en Español - Resumen de Resultados Obtenidos por México y por los Estados Unidos para la Segunda Fase del Estudio Binacional sobre la Presencia de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande y sus Afluentes, en su Porción Fronteriza Entre México y Estados Unidos

English Report - Summary of Results Obtained by the United States and Mexico for the Second Phase of the Binational Study Regarding the Presence of Toxic Substances in the Rio Grande/Rio Bravo and its Tributaries Along the Boundary Portion Between the United States and Mexico

CONTENIDO

SECCION	PAGINA
1.0 INTRODUCCION	
1.1 Area de Estudio	1
1.2 Descripción del Estudio	2
1.3 Sitios de Muestreo	3
1.4 Tipos de Análisis	3
2.0 METODOLOGIA DEL ESTUDIO	
2.1 Métodos de Laboratorio y de Campo	11
2.2 Evaluación de los Datos	11
2.2.1 Sustancias Tóxicas-Clasificación General de los Sitios	11
2.2.2 Contaminantes Convencionales-Índice de Calidad del Agua	12
2.2.2.1 Factores de Contaminación	12
2.2.2.2 Usos del Agua	12
2.2.2.3 Técnica Para Calcular el ICA	12
3.0 EL RIO BRAVO/RIO GRANDE	
3.1 Antecedentes	16
3.2 Flujo	16
3.2.1 Cd. Juárez/El Paso a la Presa Internacional de la Amistad	16
3.2.2 Presa Internacional de la Amistad a la Presa Internacional Falcón	18
3.2.3 Presa Internacional Falcón a Brownsville/Matamoros	18
3.3 Clima	18
3.4 Población Fronteriza	18
3.5 Fuentes Potenciales de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande y sus Afluentes	19
4.0 ESTADO DEL RIO BRAVO/RIO GRANDE Y SUS AFLUENTES	
4.1 Resultados del Estudio de Sustancias Tóxicas Durante la Fase 2	29
4.2 Sitios de Preocupación Para Efectos Tóxicos Durante la Fase2	30
4.3 Clasificación de los Sitios de Acuerdo a los Efectos Potenciales de las Sustancias Tóxicas	38
4.3.1 Sitios de Alta Preocupación en la Corriente Principal	38
4.3.2 Sitios de Preocupación Moderada en la Corriente Principal	39
4.3.3 Sitios de Alta Preocupación en los Afluentes	40
4.3.4 Sitios de Preocupación Moderada en los Afluentes	40
4.4 Resumen de Sustancias Tóxicas Encontradas Durante la Fase 2	40
4.4.1 Calidad del Agua	40
4.4.1.1 Compuestos Orgánicos	40
4.4.1.2 Plaguicidas	41
4.4.1.3 Metales Pesados	41
4.4.2 Calidad del Sedimento	42
4.4.2.1 Compuestos Orgánicos	42

4.4.2.2 Plaguicidas	42
4.4.2.3 Metales Pesados	42
4.4.3 Tejido de Peces.....	43
4.4.3.1 Compuestos Orgánicos	43
4.4.3.2 Plaguicidas	43
4.4.3.3 Metales Pesados	44
4.4.4 Toxicidad	44
4.4.4.1 Agua	44
4.4.4.2 Sedimento	45
4.5 Evaluación de Contaminantes Convencionales Utilizando los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua de México e Índice de Calidad del Agua	46
4.5.1 Índice de Calidad del Agua de México	46
4.5.2 Criterios Ecológicos de Calidad del Agua de México	46
4.5.2.1 Parámetros Convencionales	47
4.5.2.1.1 Corriente Principal	47
4.5.2.1.2 Afluentes	47
4.5.3 Metales Pesados en Agua	47
4.5.3.1 Corriente Principal	47
4.5.3.2 Afluentes	47
4.6 Preocupaciones Potenciales Para la Salud Humana y Medio Ambiente Acuático	47
4.6.1 Salud Humana	47
4.6.1.1 Agua	47
4.6.1.2 Peces.....	48
4.6.2 Medio Ambiente Acuático	49
4.6.2.1 Agua	49
4.6.2.2 Sedimento	50
4.7 Datos Comparativos de los Estudios de Sustancias Tóxicas de las Fases 1 y 2 del Río Bravo/Río Grande	50
5.0 RECOMENDACIONES	
5.1 Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales a lo Largo de la Cuenca Internacional del Río Bravo/Río Grande	52
6.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cuenca del Río Bravo/Río Grande	2a
Figura 2	Sitios de Monitoreo para la Fase 2	2b
Figura 3	Grupo de Alta Prioridad en la Fase 2, Sustancias Químicas que Exceden los Niveles de Prueba	29
Figura 4	Grupo de Prioridad Media de la Fase 2, Sustancias Químicas que Exceden los Niveles de Prueba	29
Figura 5	Grupo de Baja Prioridad de la Fase 2, Sustancias Químicas que exceden los Niveles de Prueba	29

LISTA DE TABLAS

1. Muestreo de estaciones y tipos de muestras colectadas durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en la Cuenca del Río Bravo/ Río Grande en el Area de Cd. Juárez/El Paso	5
2. Muestreo de estaciones y tipos de muestras colectadas durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en la Cuenca del Río Bravo/ Río Grande en el Area de Presidio/Ojinaga y Parque Nacional Big Bend	6
3. Muestreo de estaciones y tipos de muestras colectadas durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en la Cuenca del Río Bravo/ Río Grande en el Area de la Presa Internacional de la Amistad-Eagle Pass/Piedras Negras	7
4. Muestreo de estaciones y tipos de muestras colectadas durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en la Cuenca del Río Bravo/ Río Grande en el Area de Laredo/Nuevo Laredo-Presa Internacional Falcón	8
5. Muestreo de estaciones y tipos de muestras colectadas durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en la Cuenca del Río Bravo/ Río Grande en el Area debajo de la Presa Internacional Falcón-Brownsville/Matamoros	9
6. Lista de Sustancias Tóxicas Para las Cuales se Analizó, Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande (Agua, Sedimento y Tejido de Pez)	10
7. Clasificación General de los Sitios Para las Sustancias Tóxicas de la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	13
8. Escala de Clasificación del Índice de Calidad del Agua de México	15
9. Población de las Principales Ciudades Hermanas a lo largo de la Frontera Entre México y los Estados Unidos	17
10. Afluentes y Derivaciones del Río Bravo/Río Grande	19
11. Probables Fuentes de Contaminación en Cada Estación, Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	20
12. Fuentes/Usos de Sustancias Tóxicas Detectadas Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	22
13. Subcategorías Potenciales	30
14. Puntuaciones de Contaminantes en la Corriente Principal	30

15. Resumen de Datos Para las Muestras de las Estaciones de la Corriente Principal y sus Afluentes, Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	31
16. Puntuaciones de los Contaminantes en los Afluentes	38
17. Contaminantes Detectados en Agua, El Paso/Cd. Juárez a Brownsville/Matamoros	41
18. Contaminantes Detectados en Sedimento, El Paso/Cd. Juárez a Brownsville/Matamoros	42
19. Contaminantes Detectados en Tejido de Peces, El Paso/Cd. Juárez a Brownsville/Matamoros	44
20. Contaminantes en el Agua que Excedieron los Criterios para Salud Humana Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	48
21. Contaminantes en el Agua que Excedieron los Criterios para Tejido de Peces Comestibles Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	48
22. Contaminantes en el Agua que Excedieron los Criterios Para la Vida Acuática Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	49
23. Contaminantes en el Agua que Excedieron los Niveles de Detección Durante la Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande	50

1.0 INTRODUCCION

En febrero de 1992, México y Estados Unidos publicaron la primera etapa del Plan Integral Ambiental Fronterizo (Primera etapa: 1992-1994; el plan subsecuente se denomina ahora Programa Frontera XXI). Este plan estableció el escenario para que los dos países trabajaran de manera conjunta en identificar y resolver problemás a lo largo de la frontera internacional. El 13 de noviembre de 1992, las secciones mexicana y estadounidense de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), firmaron el Acta No. 289, titulada "Observación de la calidad de las aguas a lo largo de la frontera entre México y los Estados Unidos". Este acuerdo dio lugar a la primera fase de los estudios de sustancias tóxicas del Río Bravo/Río Grande. Estos estudios han constituido esfuerzos binacionales de varias instituciones, y se han desarrollado en diferentes etapas, para caracterizar el grado de contaminación por sustancias tóxicas del Río Bravo/Río Grande y sus tributarios.

La Fase I del estudio (1992-1993) fue impulsada por la creencia ampliamente difundida de que el río estaba siendo contaminado por sustancias tóxicas provenientes de fuentes agrícolas e industriales próximas a la frontera. Esta preocupación se ha incrementado en años recientes debido al creciente número de instalaciones industriales dentro de la región fronteriza. La revisión de estudios previos proporcionó información limitada, y aunque revelaba algunas evidencias de contaminación por sustancias tóxicas, no proporcionaba una evaluación ambiental.

El objetivo general de estos estudios en diversas etapas fue evaluar si realmente estaba ocurriendo la supuesta contaminación del Río Bravo/Río Grande.

Este objetivo se alcanzó mediante el análisis de un espectro completo de parámetros químicos a fin de detectar su presencia y evaluar su impacto en salud humana y en peces y otros organismos acuáticos que habitan en el río.

Debido a la diversidad de actividades que tienen lugar en la cuenca del Río Bravo/Río Grande, es difícil ubicar en forma precisa las fuentes exactas de un contaminante en particular. Los estudios de sustancias tóxicas deben ser considerados como un punto de partida y no como una respuesta a todos los aspectos de calidad del agua a que se enfrenta el Río Bravo/Río Grande. Los aspectos de preocupación identificados en las diversas fases de este estudio ayudan a canalizar recursos hacia los sitios y contaminantes que más probablemente pueden deteriorar la calidad del agua.

El Informe de la Fase 2 consiste de dos volúmenes, el Volumen I contiene el resumen ejecutivo y el Volumen II los informes preparados por ambos países con base en muestras tomadas conjuntamente por personal de los dos países. El resumen ejecutivo condensa las conclusiones de los dos informes. El Volumen II contiene los reportes de asesoramiento técnico basados en muestras recolectadas en conjunto por representantes de ambos países. El Volumen II contiene los datos completos de la Fase 2.

1.1 AREA DE ESTUDIO

El Río Bravo/Río Grande nace en las cabeceras de las montañas de San Juan ubicadas al sur de Colorado, fluye hacia el sur a través de Nuevo México y entra a Texas aproximadamente 32 km. (20 millas) al noroeste de Ciudad Juárez/El Paso. A partir de esta zona el río forma la frontera internacional entre México y Estados Unidos hasta su desembocadura en el Golfo de México. La longitud total del río es de aproximadamente 3,059 km. (1,901 millas),

de las cuales 2,053 km. (1276 millas) forman el tramo internacional. La región hidrológica cubre una superficie aproximada de 924,300 kilómetros cuadrados (355,500 millas cuadradas), de los cuales aproximadamente 227,149 kilómetros cuadrados (87,365 millas cuadradas) se ubican en México y 231,317 kilómetros cuadrados (88,968 millas cuadradas) se ubican en Estados Unidos y drenan hacia el Río Bravo/Río Grande. El resto de la superficie la constituyen cuencas cerradas o endorreicas.

El estudio fue realizado a lo largo del tramo internacional del Río Bravo/Río Grande, que se extiende desde la frontera de Chihuahua/Nuevo México/Texas (zona de Ciudad Juárez-El Paso) hasta el Golfo de México (zona de Brownsville/Matamoros), y donde el río constituye la frontera entre México y Estados Unidos. La población a lo largo de este tramo del río se concentra en las siguientes áreas urbanas: Ciudad Juárez/El Paso, Piedras Negras/Eagle Pass, Nuevo Laredo/Laredo, Reynosa/McAllen/Edinburg/Mission, y Matamoros/Brownsville. La economía de la región se basa en el comercio al mayoreo y menudeo, la producción de gas y petróleo, la agricultura, la industria de manufactura, el turismo y el comercio internacional.

El Río Bravo/Río Grande constituye un recurso natural importante para la industria, la agricultura, el abastecimiento de agua potable, recreación y hábitat de vida acuática y silvestre para ambos países.

1.2 DESCRIPCION DEL ESTUDIO

El estudio fue diseñado con base en una planeación conjunta de cooperación entre dependencias tanto de México como de Estados Unidos. Las dependencias que tuvieron una mayor participación en el proyecto son las siguientes:

- Comisión para la Conservación de los Recursos Naturales de Texas, (TNRCC), Estados Unidos.

- Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) - Región 6.
- Comisión Internacional de Límites y Aguas, Sección Mexicana (CILA) y Sección Estadounidense (USIBWC).
- Comisión Nacional del Agua (CNA).

El equipo binacional de muestreo incluyó a representantes de CILA, CNA, USIBWC, TNRCC, y USEPA Región 6. Las agencias involucradas en el muestreo, análisis de campo y laboratorio así como evaluación de resultados, fueron responsables de cumplir con los requerimientos de aseguramiento de calidad establecidos por sus respectivos países.

La Fase 2 es un estudio sobre los contaminantes convencionales y tóxicos. El estudio de contaminantes convencionales se llevó a cabo utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA) desarrollado y usado por México. El ICA es una herramienta de apoyo para evaluar la calidad del agua, que integra todos los efectos combinados de los contaminantes convencionales aplicables. El estudio de contaminantes tóxicos se llevó a cabo de una manera similar a la Fase 1 pero con modificaciones. El estudio básico de sustancias tóxicas fue llevado a cabo utilizando varios tipos de prueba y/o criterios de salud humana y vida acuática. Asimismo, se utilizaron los datos de comunidades biológicas y toxicidad de sedimento/agua. Consecuentemente, los sitios de preocupación se determinaron utilizando datos aportados conjuntamente por ambos países pero estudiados independientemente usando dos clasificaciones de estudio:

- Potencial para Efectos de Contaminantes Convencionales (ej.: ICA).
- Potencial Para Efectos de Sustancias Tóxicas (ej.: Medición de Contaminantes Tóxicos).

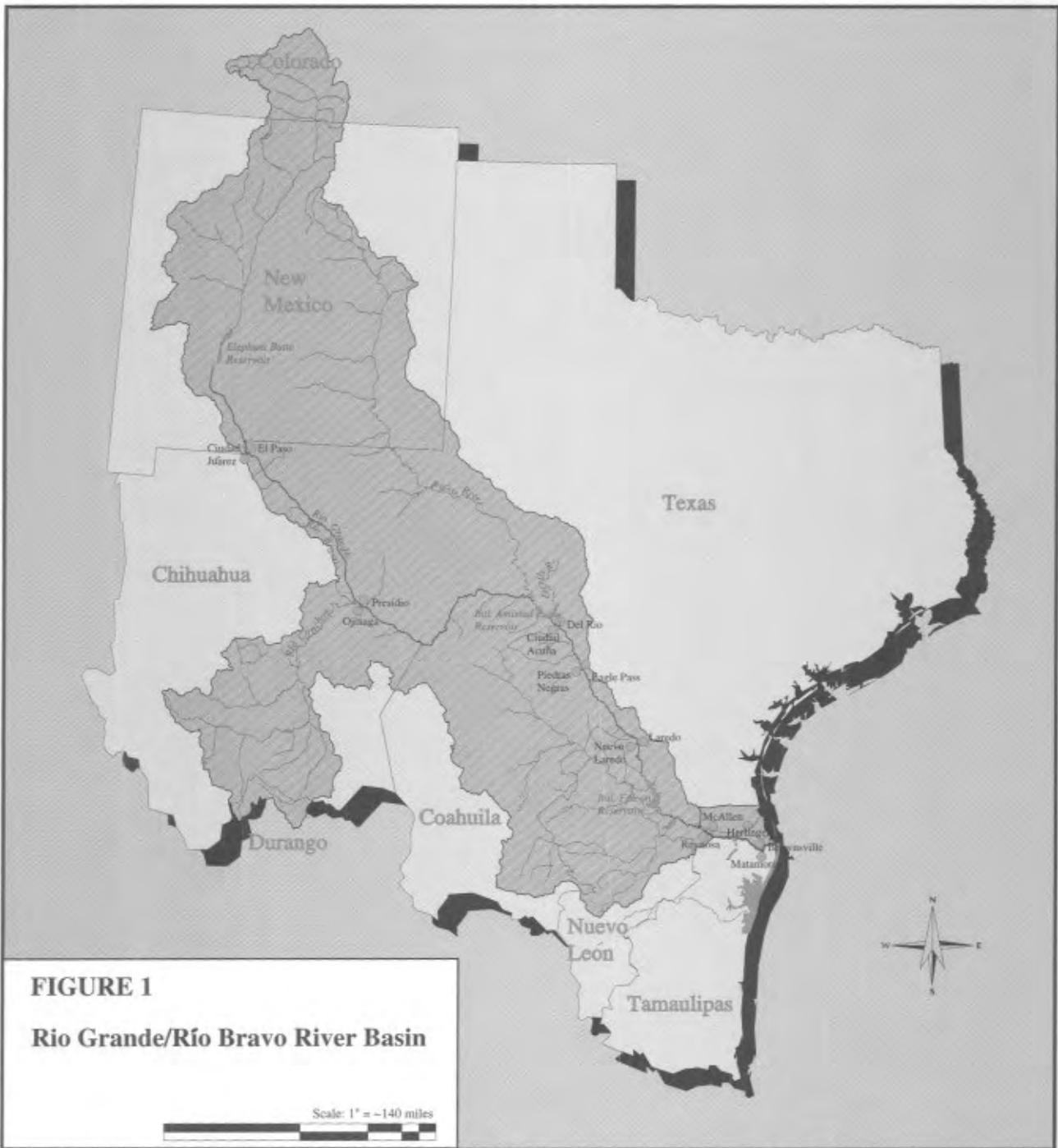





FIGURE 1
Rio Grande/Río Bravo River Basin

Scale: 1" = 140 miles

LEGEND

This map was generated by the Water Planning and Assessment Division of the Texas Natural Resource Conservation Commission (TNRCC). No claims are made to the accuracy or completeness of the data, or to its suitability for a particular use. The scale and compilation of all information shown herein are approximate.

-  - Rio Grande & Arroyo Colorado Watersheds
-  - River/stream reach
-  - Cities



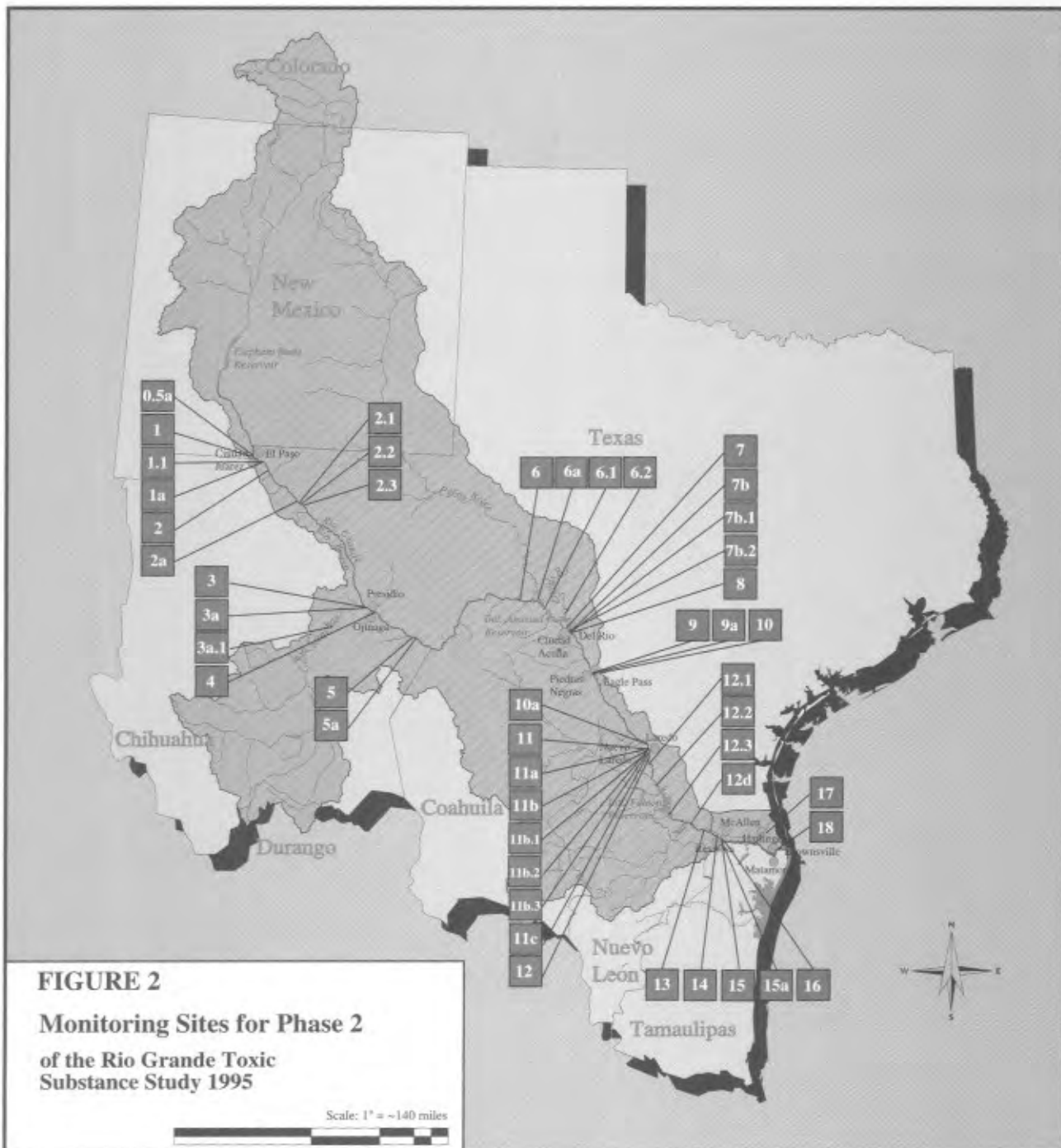


FIGURE 2
Monitoring Sites for Phase 2
of the Rio Grande Toxic
Substance Study 1995

Scale: 1" = ~140 miles



LEGEND

- Site number* — 15a — Monitoring site
- — Rio Grande & Arroyo Colorado Watersheds
- — Cities
- — River/stream reach

* Note: Site numbers marked with a letter indicate a tributary site.

This map was generated by the Water Planning and Assessment Division of the Texas Natural Resource Conservation Commission (TNRCC). No claims are made to the accuracy or completeness of the data, or to its suitability for a particular use. The scale and compilation of all information shown herein are approximate.



1.3 SITIOS DE MUESTREO

La Fase I del estudio identificó los sitios de mayor preocupación para la contaminación tóxica. Durante la segunda Fase del monitoreo intensivo, se recolectaron muestras en 46 estaciones, 27 en la corriente principal y 19 en los afluentes de Cd. Juárez/El Paso a Matamoros/Brownsville (Figura 2). Los sitios de la Fase I que mostraron un bajo potencial de impacto, fueron excluidos de la Fase 2. Se agregaron 16 sitios a la Fase 2 para incluir áreas que no fueron cubiertas en la Fase 1. Cuatro de estos nuevos sitios se localizaron en las Presas Internacionales de la Amistad y Falcón. Se llevaron a cabo trabajos adicionales en los lugares que en la Fase I presentaron efectos tóxicos, con el propósito de alcanzar un mejor entendimiento de la contaminación y los efectos asociados.

El muestreo consistió en:

- ◆ Pruebas de toxicidad, sustancias tóxicas y contaminantes convencionales para agua en 37 sitios y para sedimento en 33 sitios.
- ◆ Sustancias tóxicas en muestras de tejido de peces, en 24 sitios.
- ◆ Bioevaluación de comunidades de macroinvertebrados bentónicos en 16 sitios.
- ◆ Bioevaluación de comunidades de peces en 24 sitios.

De los 48 sitios originalmente programados, solo se muestrearon 46. Un sitio se encontraba seco (Arroyo Terlingua en el Parque Nacional Big Bend), y el otro en el Cañón Lozier, era inaccesible durante esta etapa del estudio. Veintisiete de los sitios se encontraron sobre la corriente principal y 19 en los afluentes (8 en México y 11 en Estados Unidos).

En este estudio se clasifica como afluente cualquier cuerpo de agua que descargue o fluya hacia el Río Bravo/Río Grande, en esta amplia categorización se incluyen descargas de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y/o drenes y arroyos.

El río fue dividido en cinco "tramos". Para este estudio, un tramo es a una unidad o longitud definida que se basa en un criterio natural o artificial. En este caso, los cinco tramos se basaron en las ciudades hermanas a lo largo de la porción internacional del Río Bravo/Río Grande:

- Cd. Juárez/El Paso
- Ojinaga/Presidio-Parque Nacional Big Bend/Cañón Santa Elena/Maderas del Carmen (Áreas protegidas en México).
- Presa Internacional de la Amistad-Piedras Negras/Eagle Pass.
- Nuevo Laredo / Laredo-Presa Internacional Falcón.
- Abajo de la Presa Internacional Falcón-Brownsville/Matamoros.

1.4 TIPOS DE ANALISIS

Los análisis de contaminantes convencionales y sustancias tóxicas, consistieron en todos los compuestos reconocidos como contaminantes de prioridad según el Código Federal de Reglamentaciones de E.U., Título 40, Parte 423, Apéndice A, con la excepción de dioxina y asbesto. Los parámetros suplementarios de sustancias tóxicas consistieron de 11 plaguicidas con criterios numéricos establecidos por el estado de Texas, 19 plaguicidas recomendados para incluirse por el Departamento de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA) Región 6, tres tóxicos adicionales con capacidad de afectar la calidad del agua (aluminio, estireno y xileno) y los

contaminantes convencionales que se encuentran en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua establecidos por México. Todos las sustancias tóxicas y contaminantes convencionales analizados en este estudio se encuentran en la Tabla 6.

El estudio consistió en:

- Seleccionar el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.

EL TIPO DE MUESTRA

El tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio fue el tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio. El tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio fue el tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio. El tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio fue el tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio.

El estudio consistió en:

- Definir el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.
- Definir el tipo de muestra.

El tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio fue el tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio. El tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio fue el tipo de muestra de agua que se utilizó en este estudio.

TABLA 1
Estaciones de Muestreo y Tipos de Muestras Recolectadas Durante la Fase 2 del Estudio de
Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande
TRAMO DE CIUDAD JUAREZ/EL PASO
2-3 de diciembre de 1995

Descripción de las Estaciones Binacionales	Número de Estación	Convencionales en Agua	Subst. Tóxicas en Agua	Subst. Tóxicas en Sedimento	Subst. Tóxicas en Tejido de Pez	Pruebas de Toxicidad, Agua y Sedimento	Bentónicos (B) Pez (P)
Dren Montoya 0.4 Km. Aguas arriba de la desembocadura, en la Carretera Frontera, cerca de la línea divisoria entre Texas y Nuevo México.	0.5a (nueva)	X	X	X		X	
Puente Courchesne, en el Río Bravo, en Cd. Juárez/El Paso	1	X	X	X	X (Metales)	X	B
Río Bravo aguas arriba de la PTAR Haskell Street en El Paso	1.1 (nueva)	X	X	X		X	
Descarga de la PTAR Haskell Street en El Paso	1a	X	X			X (Agua)	
Puente Zaragoza en el Río Bravo en Cd. Juárez/El Paso	2	X	X	X	X	X	B
Descarga del canal de aguas residuales en Cd. Juárez	2a	X	X	X		X	
Río Bravo, aguas arriba del Puente Internacional de Fort Hancock	2.1 (nueva)	X	salinidad				
Río Bravo en el Puente Internacional Fort Hancock/ Porvenir	2.2 (nueva)	X	salinidad				
Río Bravo aguas abajo del puente Internacional en Fort Hancock	2.3 (nueva)	X	salinidad				

TABLA 2
Estaciones de Muestreo y Tipos de Muestras Recolectadas Durante la Fase 2 del Estudio de
Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande
TRAMO DE OJINAGA/PRESIDIO-PARQUE NACIONAL BIG BEND
4-5 de diciembre de 1995

Descripción de las Estaciones Binacionales	Número de Estación	Convencionales en Agua	Subst. Tóxicas en Agua	Subst. Tóxicas en Sedimento	Subst. Tóxicas en Tejido de Pez	Pruebas de Toxicidad, Agua y Sedimento	Bentónicos (B) Pez (P)
Río Bravo, 5 Km aguas arriba de la confluencia del Río Conchos	3	X	X	X	X	X	B
Río Conchos 0.2 Km. Aguas arriba de la desembocadura, 4.8 Km. Noroeste de Ojinaga	3a	X	X	X	X	X	B
Río Conchos 20-25 Km. Aguas arriba de la desembocadura	3a.1 (nueva)	X	X	X		X	B
Río Bravo 14.4 Km. Aguas abajo de la confluencia con el Río Conchos	4	X	X	X	X	X	B
Río Bravo, en la desembocadura del Cañón Santa Elena	5	X	X	X	X	X	B
Arroyo Terlingua, 0.2 Km. Arriba de la desembocadura NO MUESTREADO	5a	X					
Río Bravo, aguas abajo de la desembocadura del Cañón Lozier NO MUESTREADO	5b	X					
Río Bravo en las compuertas de la CILA en el Rancho Foster cerca de Langtry	6	X	salinidad				
Río Pecos, en la Estación de Medición Shumla Bend, 19.2 Km. Al oriente de Langtry	6a	X	salinidad				

TABLA 3
Estaciones de Muestreo y Tipos de Muestras Recolectadas Durante la Fase 2 del Estudio de
Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande

**TRAMO DE LA PRESA INTERNACIONAL DE LA AMISTAD-
PIEDRAS NEGRAS/EAGLE PASS**

15-17 de mayo de 1995

Descripción de las Estaciones Binacionales	Número de Estación	Convencionales en Agua	Subst. Tóxicas en Agua	Subst. Tóxicas en Sedimento	Subst. Tóxicas en Tejido de Pez	Pruebas de Toxicidad, Agua y Sedimento	Bentónicos (B) Pez (P)
Presa Internacional de la Amistad sobre el ramal del Río Bravo en la Boya # 17	6.1 (nueva)	X	X	X	X	X	
Presa Internacional de la Amistad sobre el ramal del Río Diablo	6.2 (nueva)	X	X	X	X	X	
Río Bravo, aguas arriba del Puente Internacional en Acuña/Del Río	7	X			X		P
Arroyo San Felipe, 1.8 Km. Aguas arriba de la desembocadura en Del Río	7b	X	X	X	X	X	B
Arroyo San Felipe, en la carretera US 277 en Del Río	7b.1 (nueva)	X	X	X		X	B
Arroyo San Felipe, 6 Km. Aguas arriba de la desembocadura en Del Río	7b.2 (nueva)	X	X	X		X	B
Río Bravo, aguas abajo del puente internacional en Acuña/Del Río	8	X			X		B y P
Río Bravo en Piedras Negras/Eagle Pass	9	X			X		B y P
Arroyo El Tornillo en Piedras Negras	9a	X	X	X		X	
Río Bravo, 14 Km. Aguas abajo de Piedras Negras/Eagle Pass	10	X	X	X	X	X	B

TABLA 4
Estaciones de Muestreo y Tipos de Muestras Recolectadas Durante la Fase 2 del Estudio de
Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande
TRAMO DE LAREDO/NUEVO LAREDO-PRESA INTERNACIONAL FALCON
5-8 de junio de 1995

Descripción de las Estaciones Binacionales	Número de Estación	Convencionales en Agua	Subst. Tóxicas en Agua	Subst. Tóxicas en Sedimento	Subst. Tóxicas en Tejido de Pez	Pruebas de Toxicidad, Agua y Sedimento	Bentónicos (B) Pez (P)
Arroyo Manadas, 0.8 Km. Aguas arriba de la desembocadura	10a	X	X	X		X	
Río Bravo, cerca de la toma de la PTAR de Laredo	11	X			X		B y P
Arroyo Zacate, 0.1 Km. Aguas arriba de la desembocadura cerca de Laredo	11a	X	X	X		X	
Arroyo Chacón, 0.1 Km. Aguas arriba de la desembocadura cerca de Laredo	11b	X	X	X		X	
Descarga de la PTAR de Laredo sobre el Arroyo Zacate	11b.1 (nueva)	X	X			X (agua)	
Descarga de la PTAR Southside en Laredo	11b.2 (nueva)	X	X			X (agua)	
Registro 115 de la Etapa I del Sistema de Recolección Riverside III en Nuevo Laredo	11b.3 (nueva)	X	X			X (agua)	
Arroyo El Coyote, 0.1 Km. Aguas arriba de la desembocadura en Nuevo Laredo	11c	X	X	X		X	
Río Bravo, 13.2 Km. Aguas abajo de Laredo/Nuevo Laredo	12	X	X	X	X	X	B
Río Bravo, 25 Km. Aguas abajo de Laredo/Nuevo Laredo	12.1 (nueva)	X	X	X	X	X	B
Cabecera de la Presa Internacional Falcón en el Monumento 14	12.2 (nueva)	X	X	X	X	X	B y P
Presa Internacional Falcón, cerca de las compuertas, en el Monumento 1	12.3 (nueva)	X	X	X	X	X	B y P

TABLA 5
Estaciones de Muestreo y Tipos de Muestras Recolectadas Durante la Fase 2 del Estudio de
Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande
**TRAMO ABAJO DE PRESA INTERNACIONAL FALCON-
BROWNSVILLE/MATAMOROS**
10-13 de julio de 1995

Descripción de las Estaciones Binacionales	Número de Estación	Convencionales en Agua	Subst. Tóxicas en Agua	Subst. Tóxicas en Sedimento	Subst. Tóxicas en Tejido de Pez	Pruebas de Toxicidad, Agua y Sedimento	Bentónicos (B) Pez (P)
Arroyo Los Olmos, aguas arriba de la desembocadura, cerca de Ciudad Río Grande	12d	X	X	X		X	
Río Bravo cerca de los Ebanos	13	X	X	X	X	X	B y P
Río Bravo, 0.8 Km. Aguas abajo de la Presa Anzalduas	14	X	X	X	X	X	B
Río Bravo en el Puente Internacional en Reynosa/Hidalgo	15	X	X	X	X (Metales)	X	B y P
Dren El Anheló, 0.1 Km. Aguas arriba de la desembocadura	15a	X	X	X		X	
Río Bravo, aguas abajo del Dren El Anheló, al sur de las Milpas (Km. 244.1 del río)	16	X	X	X	X	X	B
Río Bravo, 6.3 Km. Aguas abajo de San Benito	17	X	X	X	X (Metales)	X	B y P
Río Bravo 11.2 Km. Aguas abajo de Brownsville/Matamoros	18	X	X	X	X	X	B

TABLA 6
Parámetros Analizados
Fase 2 del Estudio de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande

AGUA

El análisis del agua para la Fase 2 incluyó los siguientes parámetros:

Inorgánicos:

- Carbono Orgánico Total (COT)
- Dureza Total
- Alcalinidad Total
- Nitrógeno Amoniacal (NH₃-N)
- Nitrógeno de Nitritos (NH₂-N)
- Nitrógeno de Nitratos (NO₃-N)
- Fósforo Total (P-T)
- Ortofosfatos (O-P)
- Cloruros (Cl⁻)
- Sulfato (SO₄)
- Sólidos Disueltos Totales (SDT)
- Sólidos Suspendidos Totales (SST)
- Cianuro (CN⁻)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (5-días)
- Grasas y Aceites
- Metales Disueltos

Compuestos Orgánicos

- Fenoles y Cresoles
- Plaguicidas
- Eteres
- Alifáticos Halogenados
- Nitrosaminas y Compuestos de N
- Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)
- Aromáticos Monocíclicos
- PCBs y Compuestos Relacionados
- Esteres Ftaláticos

Biológicos

- Toxicidad

SEDIMENTO

Las muestras para análisis de sedimento incluyeron los siguientes parámetros para la Fase 2:

Convencionales

- Carbono Orgánico Total
- Composición del Tamaño de Partícula
- Sulfuros Acidos Volátiles

Inorgánicos

- Metales

Orgánicos

- Fenoles y Cresoles
- Plaguicidas
- Eteres
- Alifáticos Halogenados
- Nitrosaminas y Compuestos de N
- Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)
- Aromáticos Monocíclicos
- PCBs y Compuestos Relacionados
- Esteres Ftaláticos

Biológicos

- Toxicidad

TEJIDO DE PEZ

Los análisis de las muestras de tejido de pez para la Fase 2, incluyeron los siguientes parámetros:

Convencionales

- Porcentaje de Contenido de Lípidos

Inorgánicos

- Metales

Compuestos Orgánicos

- Fenoles y Cresoles
- Plaguicidas
- Eteres
- Alifáticos Halogenados
- Nitrosaminas y Compuestos N
- Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)
- Aromáticos Monocíclicos
- PCBs y Compuestos Relacionados
- Esteres Ftaláticos

2.0 METODOLOGIA DEL ESTUDIO

2.1 METODOLOGIA DE CAMPO Y DE LABORATORIO

Todo el muestreo, recolección de datos y procedimientos de conservación se llevaron a cabo de acuerdo con los procedimientos estandarizados de monitoreo de campo de aguas superficiales de la TNRCC. Los análisis de laboratorio se llevaron a cabo de acuerdo con los protocolos y métodos analíticos de cada país. Las muestras recolectadas por Estados Unidos fueron analizadas de acuerdo a las guías de la USEPA y Asociación Americana de Salud Pública (APHA). Todos los análisis químicos para agua, sedimento y tejido de pez fueron llevados a cabo por el Laboratorio del Departamento de Química de la Salud del Medio Ambiente del Estado de Texas en Austin Tx. Todas las muestras de agua y sedimento para análisis de toxicidad fueron procesadas en el Laboratorio de la USEPA en Houston, Texas. Las muestras para análisis fisicoquímicos recolectadas por México se analizaron en los Laboratorios Estatales de la Comisión Nacional del Agua en Nuevo León y Chihuahua. Los análisis de metales se llevaron a cabo en el Laboratorio Regional del Norte y en el laboratorio central de la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua (GSCA).

Se intentó recolectar las muestras bajo las condiciones de menor flujo posible. Cuando se muestrea bajo condiciones de bajo flujo hay una mejor indicación del impacto de las descargas industriales y municipales. Los altos flujos tienden a tener un efecto de dilución, lo cual reduce la capacidad de estudiar los impactos de contaminantes.

2.2 EVALUACION DE RESULTADOS

Los efectos de cualquier sustancia química pueden variar según el tipo de muestra (agua, sedimento o tejido de pez). Es

importante hacer notar que los criterios utilizados en el estudio pueden variar según el problema que se estudia. Por ejemplo, una concentración de algún compuesto químico necesaria para proteger a la salud humana por consumo de carne de pescado contaminado, es muy probable que sea diferente de la concentración para proteger a una fuente de agua para consumo humano o de la requerida para protección de la vida acuática.

En contraste, el procedimiento utilizado para estudiar los contaminantes convencionales, utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA), provee una unidad definida para medir la calidad del agua, la cual varía cuando ocurren cambios en ésta. Este método, dada su función de combinar la concentración de los parámetros, refleja un valor neto de la calidad del agua que puede interpretarse significativamente. Esto es diferente a usar estándares de calidad del agua, como los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), establecidos por México, donde los parámetros se analizan individualmente, y para los cuales se establecieron límites individuales de concentración. Como consecuencia, en la Fase 2 se utilizaron dos métodos de estudio para obtener una clasificación general de los sitios para contaminantes tóxicos y convencionales. Ya que estos métodos de estudio son complejos, se provee una visión general de ambos métodos.

2.2.1 Clasificación General de Sustancias Tóxicas

Los procedimientos para clasificar los sitios de acuerdo a los contaminantes tóxicos se encuentran en la Tabla 7. Esta clasificación se basa en datos de comunidad biológica y toxicidad de agua, sedimento y tejido de pez. Este método es

una modificación del sistema utilizado en la Fase 1. Este sistema de clasificación se desarrolló como una herramienta de estudio y no tiene ninguna significancia regulatoria.

2.2.2 Índice de Calidad del Agua-Contaminantes Convencionales

El grado de contaminación del agua es medido en términos del Índice de Calidad del Agua (ICA). El índice (I) es definido como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje del agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un índice cercano o igual a 0% para el agua en excelentes condiciones, tendrá uno cercano a 100%.

2.2.2.1 Factores de Contaminación

Los factores de contaminación del agua se clasifican dentro de cuatro grandes categorías:

- **Cantidad de Materia Orgánica** medida por la saturación de oxígeno disuelto y la demanda biológica de oxígeno.
- **Cantidad de Bacterias Coliformes** medida por la cuenta de coliformes y *Escherichia coli*.
- **Cantidad de Materia Iónica** medida por la alcalinidad, dureza, cloruros, conductividad específica, pH, grasas y aceites, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, nutrientes y detergentes.
- **Características Físicas** medidas por el color y la turbiedad

2.2.2.2 Usos del Agua

La contaminación de agua ocurre cuando la calidad presente impone ya sea un peso económico o un perjuicio estético sobre los usos a que ésta se destina. La medición del grado de contaminación es bastante complejo, debido a la variedad de criterios que se tiene para hacerlo. Consecuentemente las diferentes clases de usos tienen que ser identificadas y tomadas en cuenta para cuando la escala de importancia relativa sea

establecida. Los diferentes usos del agua considerados aquí se encuentran en la Tabla 8.

2.2.2.3 Técnica Para Calcular el ICA.

La primera etapa fue crear una escala de calificación de acuerdo a los diferentes usos del agua. La segunda involucró el desarrollo de una escala de calificación para cada parámetro de tal forma que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia al grado de contaminación. Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon los modelos matemáticos para cada parámetro, las cuales convierten los datos físicos a un "I_x". Estas "I_x's" individuales son promediadas para dar una "I" compuesta de la muestra de agua. Debido a que ciertos parámetros tienen mayor influencia en la calidad del agua que otros, se ponderan de acuerdo a su orden de influencia (anexo X, tabla del peso de los parámetros y ecuaciones definidas para "I_x's"). El factor de peso asignado se denomina W, con un subíndice que señala los parámetros involucrados. Con base en estos lineamientos, se desarrolló la siguiente fórmula para el cálculo del ICA:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

donde:

I= Índice de Calidad del Agua

I_i= ICA para el parámetro I

W_i= peso ponderado de acuerdo a la importancia del parámetro I

n= Número de parámetros

El propósito de la escala de calificación es proveer un criterio normalizado que permita transformar las mediciones individuales a una sola unidad de comparación.

TABLA 7
CLASIFICACION GENERAL DE LOS SITIOS DE ACUERDO A LAS SUBSTANCIAS TOXICAS
ENCONTRADAS DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUBSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/ RIO GRANDE

El siguiente método se utilizó para clasificar los sitios de acuerdo al nivel de preocupación. Las clasificaciones se basan en los resultados de los estudios de agua, sedimento, tejido de pez, toxicidad y datos de comunidades biológicas.				
CATEGORIAS		COMPONENTES		PUNTUACION
LAS PUNTUACIONES INICIALES DE LOS SITIOS para el nivel de preocupación, se calcularon utilizando cinco categorías: agua, sedimento, tejido de pez, toxicidad (agua y sedimento). Cada categoría posee tres componentes				
1	QUIMICA DEL AGUA	1	# de Substancias Tóxicas Detectadas	1+2+3= PUNTUACION DEL AGUA
		2	#de Substancias Tóxicas > Criterios/Niveles Críticos	
		3	Factor Promedio para Valores > Criterios/Niveles Críticos	
2	QUIMICA DE SEDIMENTOS	4	# de Substancias Tóxicas Detectadas	4+5+6= PUNTUACION DEL SEDIMENTO
		5	# de Substancias Tóxicas > Niveles Críticos	
		6	Factor Promedio para Valores > Niveles Críticos	
3	QUIMICA DE TEJIDO DE PEZ	7	# de Substancias Tóxicas Detectadas	7+8+9= PUNTUACION DEL TEJIDO DE PEZ
		8	# de Substancias Tóxicas > Niveles Críticos	
		9	Factor Promedio para Valores > Niveles Críticos	
4	TOXICIDAD EN AGUA	10	Porcentage de Mortalidad de Pulgas de Agua > Control	10+11+12= PUNTUACION DE TOXICIDAD EN AGUA
		11	Porcentage de Reproducción de Pulgas de Agua < Control	
		12	Porcentage de Mortalidad de Carpas Cabezonas > Control	
5	TOXICIDAD EN SEDIMENTOS	13	Porcentage de Mortalidad de Pulgas de Agua > Control	13+14+15= PUNTUACION DE TOX. EN SEDIMENTOS
		14	Porcentage de Reproducción de Pulgas de Agua < Control	
		15	Porcentage de Mortalidad de Carpas Cabezonas > Control	
PUNTUACION INICIAL DEL SITIO = Suma de las puntuaciones de las primeras cinco categorías				
El Factor de Excedencia se define como el número de veces que una concentración específica excedió un criterio o nivel crítico. El Factor Promedio se define como el promedio de todos los factores de excedencia para un sitio dado. La información de los factores de excedencia para cada sustancia, se encuentra en el Apéndice J, Vol. II				
Criterio: Se refiere a concentraciones de base numérica específicas para la protección de la salud humana y de vida acuática.				
Los Niveles Críticos se basan en datos históricos. Se utilizan las estadísticas para determinar el 85vo percentilo. Este es un nivel crítico para un compuesto que es mayor al 85 % de los valores para un área similar.				

TABLA 7 (cont.)
CLASIFICACION GENERAL DE LOS SITIOS DE ACUERDO A LAS SUBSTANCIAS TOXICAS
ENCONTRADAS DURANTE LA FASE 2 DEL SETUDIO DE SUBSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

CATEGORIAS		COMPONENTES		PUNTUACION
Componentes Para la Salud Humana y la Vida Acuática: Para dar valor a las excedencias en los criterios de salud humana y/o vida acuática, se agregaron factores adicionales a la puntuación inicial de cada sitio.				
6	Vida Acuática	16	2.5 Puntos por cada valor > criterio en agua para vida acuática	SUMA DE TODOS LOS PUNTOS PARA CADA SITIO
7	Salud Humana	17	5 Puntos por cada valor > criterio en agua para salud humana	
		18	10 Puntos por cada valor > criterio en tejido comestible para salud humana	
COMPONENTES DE LA COMUNIDAD BIOLÓGICA: En los sitios donde también se recolectaron datos de las comunidades biológicas, se agregó otro factor a la puntuación final. El nivel de preocupación para las comunidades biológicas fue calculado por separado de la clasificación general, con un juego de criterios diferentes.				
8	Comunidad Bentónica	19	0.0 Puntos por No Preocupación	PUNTUACION INDIVIDUAL PARA CADA SITIO (basada en una clasificación de las comunidades biológicas)
			2.5 Puntos por Preocupación Potencial	
			5.0 Puntos por Preocupación	
9	Comunidad de Peces	20	0.0 Puntos por No Preocupación	PUNTUACION INDIVIDUAL PARA CADA SITIO (basada en una clasificación de las comunidades biológicas)
			2.5 Puntos por Preocupación Potencial	
			5.0 Puntos por Preocupación	
PUNTUACION TOTAL= SUMA DE LAS PUNTUACIONES DE LAS CATEGORIAS UTILIZADAS EN UN SITIO				
PUNTUACION DE CATEGORIA = PUNTUACION TOTAL DEL SITIO DIVIDIDA ENTRE EL NUMERO DE COMPONENTES USADOS PARA DERIVAR LA PUNTUACION TOTAL DEL SITIO				
PUNTUACION DE CATEGORIA: El paso final fue dividir la puntuación final del sitio y dividirla por el número de componentes individuales utilizados en el cálculo. Debido a la variación en los tipos de muestras colectadas en cada estación, fue necesario dividir entre el número de componentes utilizados para calcular la puntuación total. El resultado es denominado "Puntuación de Categoría". Basándose en los resultados obtenidos en este estudio, la puntuación se utiliza para determinar el nivel de preocupación para cada sitio. La puntuación de categoría se calculó por separado para la corriente principal y los afluentes, debido a la variación en los tipos de muestras recolectadas.				
CATEGORIAS DE PREOCUPACION: Basándose en la puntuación de categoría, los sitios se clasificaron como de ALTA, MODERADA, BAJA Y LIGERA preocupación. Se hace notar que esta clasificación se desarrolló como herramienta de estudio y no tiene significancia regulatoria.				
En el Apéndice K del Volumen II, se encuentra información en cuanto a la clasificación y números utilizados en los sitios.				

TABLA 8
 ESCALA DE CLASIFICACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA, DE MEXICO
 (Los números en negritas indican los rangos de clasificación para las puntuaciones de ICA)

USOS DEL AGUA					
Fuente de Abastecimiento	Uso Recreativo, Contacto Directo	Vida Acuática y Pesca	Industria y Agricultura	Navegación	Transporte de Desechos Tratados
No requiere purificación 90-100	Aceptable para cualquier uso recreativo 70-100	Aceptable para todos los organismos 70-100	No requiere purificación 90-100	Aceptable 30-100	Aceptable 10-100
Ligera purificación 80-90	Aceptable, no recomendable 50-70	Aceptable para especies muy sensibles 60-70	Ligera purificación para algunos procesos 70-90	Contaminada 20-30	Inaceptable 0-10
Requiere mayor nivel de tratamiento 50-80	Dudosa para recreativo de contacto 40-50	Dudosa para especies sensibles 50-60	Sin tratamiento para la industria 50-70	Inaceptable 0-20	
Dudosa 40-50	No contacto con el agua 30-40	Solo organismos muy tolerantes 30-50	Con tratamiento para la mayor parte de las industrias 30-50		
Inaceptable 0-40	Indicios obvios de contaminación 20-30	Inaceptable 0-30	De uso muy restringido 20-30		
	Inaceptable 0-30		Inaceptable 0-20		

3.0 EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

3.1 ANTECEDENTES

El Río Bravo/Río Grande, el quinto río más grande de Norte América y entre los 20 más grandes del mundo, fue una vez un río formidable. El río tiene una extensión de 3,051 Km. (1,896 millas) desde las Montañas San Juan en Colorado hasta el Golfo de México. Aproximadamente dos tercios de la longitud del río, desde Cd. Juárez/El Paso hasta el Golfo de México, forman la frontera entre México y Estados Unidos.

Para sustentar la vida de millones de habitantes a lo largo del río, éste ha sido modificado de manera significativa. La cantidad y la calidad del Río Bravo/Río Grande ha disminuido debido a los desvíos para riego agrícola, suministro de agua para uso doméstico e industrial, captación de aguas residuales tratadas y sin tratamiento de origen industrial y doméstico, y desechos de riego agrícola. Las estructuras de desviación y las presas que almacenan el agua sobre el cauce del río han alterado el régimen de flujo del cauce principal. Como resultado el Río Bravo/Río Grande es un sistema hidrológico muy complejo.

La cuenca del Río Bravo/Río Grande drena aproximadamente un área de 868,945 Km² (335,500 sm) en Estados Unidos (Colorado, Nuevo México y Texas) y México (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas). No toda la cuenca drena en el Río Bravo/Río Grande. La mitad del área total queda en cuencas cerradas donde el agua se evapora o trasmite al suelo no llegando nunca al Río Bravo/Río Grande. El área real de drenado del río es de 471,928 Km² (182,215 sm). Aproximadamente la mitad (230,401 Km²) (88,968 smi) se encuentra en Estados Unidos y la mitad restante (241,517 Km²) (93,250 smi) en México.

3.2 FLUJO

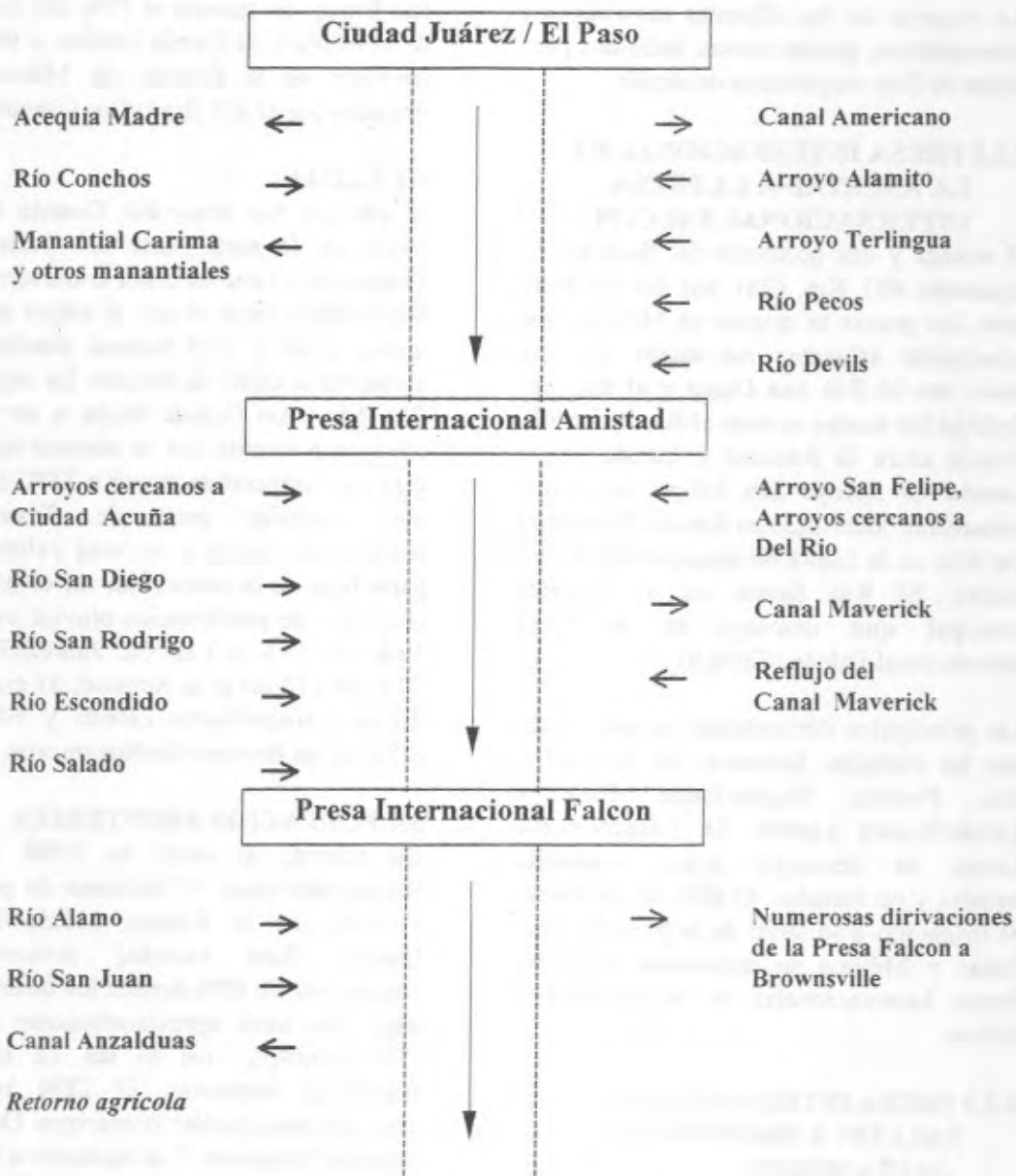
3.2.1 Cd. Juárez/El Paso a la Presa Internacional de la Amistad

El flujo del Río Bravo/Río Grande que se origina en las montañas de Colorado y Nuevo México, es retenido en la Presa del Elefante. Esta presa está diseñada para retener todo el flujo del Río Bravo/Río Grande. El flujo hacia Cd. Juárez/El Paso es controlado por medio de descargas para riego, la mayor parte de este flujo es desviado para riego en el Valle de la Mesilla en Nuevo México. El resto continua hacia la Presa Americana (E.U.) y la Presa Internacional (México) en Cd. Juárez/El Paso para uso municipal, y en los valles de Juárez y El Paso para riego agrícola. Esto ocasiona que el flujo del río sea intermitente de Cd. Juárez/El Paso hasta Ojinaga/Presidio. Esta parte del río recibe ocasionalmente descargas ocasionadas por precipitaciones pluviales, aguas residuales tratadas de El Paso, aguas residuales no tratadas de Juárez, reflujo de aguas de riego y descargas ocasionales de la Presa del Elefante debido a un exceso en el nivel.

La mayor parte del agua superficial que fluye hacia este tramo del Río Bravo/Río Grande se origina en México. El flujo principal proviene del Río Conchos cerca de Ojinaga/Presidio 454 Km. (284mi.) río abajo de Cd. Juárez/El Paso, el cual reabastece al Río Bravo/Río Grande proporcionando tres cuartas partes del flujo al área Big Bend (Tabla 9). En los últimos años, el flujo en el Río Conchos ha disminuido debido a una severa sequía en el estado de Chihuahua al norte de México.

TABLA 9

RIO BRAVO/RIO GRANDE AFLUENTES Y DERIVACIONES



El flujo continúa hacia la Presa Internacional de la Amistad, 500 Km. (312 mi) río abajo de Cd. Juárez/El Paso. Dos de los principales afluentes en Estados Unidos, el Río Pecos y el Río Diablo fluyen hacia la Presa Internacional de la Amistad. La mayoría de los afluentes menores son intermitentes, poseen cauces definidos pero dejan de fluir en periodos de sequía.

3.2.2 PRESA INTERNACIONAL DE LA AMISTAD A LA PRESA INTERNACIONAL FALCON

El setenta y dos por ciento del flujo en los siguientes 481 Km. (281 mi) del río entre estas dos presas se origina en México. Los principales afluentes mexicanos en este tramo son el Río San Diego y el Río San Rodrigo los cuales se unen al Río Bravo/Río Grande entre la Amistad y Laredo/Nuevo Laredo. El Arroyo San Felipe, un arroyo primaveral, localizado en Estados Unidos en Del Río, es la fuente de agua potable de esa ciudad. El Río Salado es un afluente principal que descarga en la Presa Internacional Falcón (Tabla 9).

Las principales derivaciones en este tramo son las ciudades hermanas de Acuña/Del Río, Piedras Negras/Eagle Pass y Laredo/Nuevo Laredo. En Laredo/Nuevo Laredo se descargan aguas residuales tratadas y no tratadas. El 80% de las tierras de irrigación a lo largo de la frontera entre Texas y México se encuentran entre las Presas Internacionales de la Amistad y Falcón.

3.2.3 PRESA INTERNACIONAL FALCON A BROWNSVILLE /MATAMOROS

Los restantes 442 Km. (275 mi) del Río Bravo/Río Grande se extienden de la Presa Internacional Falcón hasta el Golfo de México. La principal fuente de agua para uso doméstico, industrial y riego del Valle Bajo del Río Bravo son las descargas de la Presa Internacional Falcón. El flujo hacia

esta sección del río se debe a los afluentes mexicanos, los Ríos Alamo y San Juan, así como los retornos agrícolas (Tabla 9).

El principal uso del agua del Río Bravo/Río Grande es para riego en el Valle Bajo del Río Bravo. En general el 88% del territorio de la frontera de Estado Unidos y 96% del territorio de la frontera de México son irrigados por el Río Bravo/Río Grande.

3.3 CLIMA

El alto del Río Bravo/Río Grande fluye a través de la parte norte del desierto de Chihuahua y tiene un clima árido/semiárido. Según fluye hacia el sur, el clima se torna menos árido y más tropical conforme se aproxima al Golfo de México. La región del Río Bravo/Río Grande tiende a ser cálida, tibia y con vientos, con un número mayor de días con temperatura mayor a 38°C (100°F) que cualquier parte de Texas. La temperatura tiende a ser más cálida en la parte baja de la cuenca que en el norte. El promedio de precipitación pluvial va desde 19.8 cm. (7.8 in.) en Cd. Juárez/El Paso, 30.5 cm. (12 in) en la Amistad, 51 cm. (20.1 in) en Laredo/Nuevo Laredo y 64.5 cm. (25.4 in) en Brownsville/Matamoros.

3.4 POBLACION FRONTERIZA

De acuerdo al censo de 1990, existen aproximadamente 9.5 millones de personas viviendo en la frontera México/Estados Unidos. Esta cantidad presenta un crecimiento de 60% durante los últimos diez años. Del total, aproximadamente el 82% (7.9 millones) vive en las 12 ciudades fronterizas hermanas. El 28% restantes viven en áreas rurales fronterizas. De las 12 ciudades hermanas, 7 se localizan a lo largo de la frontera entre México y Texas. La población de estas 7 ciudades hermanas representa el 43.5% de la población fronteriza metropolitana entre México y los Estados Unidos (Tabla 10).

3.5 Fuentes Potenciales de Sustancias Tóxicas en el Río Bravo/Río Grande y sus Afluentes

Debido a la gran variedad de actividades que se desarrollan en la cuenca del Río Bravo/Río Grande, es difícil determinar con exactitud el origen de un contaminante en particular. Este estudio debe considerarse como un punto de partida y no como la solución a todos los problemas de la calidad del agua que afectan al Río Bravo/Río

Grande. Los puntos de preocupación identificados ayudan a canalizar recursos hacia esos puntos y mayor atención hacia los contaminantes que más probablemente causen trastornos a la calidad del agua. En la Tabla 11 se encuentra una discusión de las fuentes de contaminación con respecto a las estaciones de muestreo. En la Tabla 12 se señalan las posibles fuentes de sustancias tóxicas y sus posibles efectos adversos.

TABLA 10
POBLACION DE LAS PRINCIPALES CIUDADES HERMANAS A LO LARGO DE LA FRONTERA ENTRE MEXICO Y ESTADOS UNIDOS

CIUDADES HERMANAS	POBLACION	% DEL TOTAL
Tijuana/San Diego	3,240,702	41.2
Mexicali/Condado Imperial	711,693	9.0
San Luis Colorado/Yuma	218,403	2.8
Nogales/Nogales	136,795	1.7
Agua Prieta/Douglas	136,669	1.7
Ciudad Juárez/El Paso	1,389,289	17.7
Ojinaga/Presidio	30,584	0.39
Ciudad Acuña/ Del Río	195,471	2.5
Piedras Negras/Eagle Pass	134,555	1.7
Nuevo Laredo/Laredo	352,707	4.5
Reynosa/McAllen	760,221	9.7
Brownsville/Matamoros	563,511	7.2
TOTAL	7,870,601	100
Total en la Frontera México/Texas	3,426,339	44
Total en el área de la Frontera-California, Arizona, Nuevo México/México	4,444,262	56

TABLA 11
POTENCIALES FUENTES DE CONTAMINANTES POR ESTACION DE LA FASE 2
DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACION
Estación 0.5a- Dren Montoya, Cerca de la División entre Texas y Nuevo México	Se origina en Nuevo México, existe un hipódromo aguas arriba del sitio, y la Compañía Eléctrica de El Paso se encuentra aguas abajo. Hay influencia de desagües urbanos y agrícolas.
Estación 1- Sobre el Río Bravo/Río Grande, en el puente Courchesne en El Paso.	Este sitio no tiene fuentes potenciales inmediatamente adyacentes pero está rodeado de asentamientos irregulares. Este sitio es influenciado por las descargas de la Presa del Elefante en Nuevo México. El uso de agua para riego río arriba contribuye grandes volúmenes de refluo de riego y excedentes.
Estación 1.1- Río Bravo/Río Grande Aguas Arriba de la PTAR Haskell Street en El Paso	Existe tráfico pesado de vehículos en los alrededores. Los cruces fronterizos de Juárez/El Paso son los más utilizados de la frontera entre México y Texas. En 1994, cruzaron por este punto un total de 15,747,393 vehículos de pasajeros y 580,200 camiones de carga, superado solo por San Ysidro/Otay Mesa, California (USEPA 1996), ésta área también es afectada por desagüe urbano.
Estación 2- Río Bravo/Río Grande en el Puente Internacional Zaragoza, en Ciudad Juárez/El Paso.	Esta área tiene influencia de desagües urbanos, descargas de aguas residuales tratadas de la PTAR Haskell Street en El Paso y descargas de aguas industriales en ambos lados de la frontera.
Estación 2a- Canal de Aguas Residuales en Ciudad Juárez.	Recibe grandes volúmenes de aguas residuales de origen doméstico e industrial. Aunque existen planes para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, durante esta Fase del estudio, el canal llevaba aguas residuales sin tratar.
Estación 3- Río Bravo/ Río Grande Aguas Arriba de Ojinaga/Presidio.	Las actividades agrícolas son las que ejercen influencia sobre esta área, incluye áreas abiertas y cultivos irrigables. Existe la industria de Minería en esta área.
Estación 3a- Río Conchos Cerca de la Desembocadura.	Localizada cerca de Ojinaga/Presidio, Las tierras circunvecinas son espacios abiertos y algunos cultivos irrigables. Es posible que se vea afectada por desagües de Ojinaga.
Estación 3a.1- Río Conchos, 25 Km. Arriba de la Desembocadura cerca de Ojinaga.	Afuera de Ojinaga. Los alrededores consisten de espacios abiertos y cultivos irrigables.
Estación 4- Río Bravo/Río Grande Aguas Arriba de Ojinaga/Presidio.	Área predominantemente de espacios abiertos, pero influenciada por descargas de aguas residuales y urbanas. Existe algo de minería en el área.
Estación 5- Río Bravo/Río Grande en el Cañón Santa Elena, en el Parque Nacional Big Bend.	Área usada principalmente para actividades recreativas, con algo de actividades agrarias aguas arriba. Una de las áreas menos impactadas para este estudio.
	Nota: Las estaciones desde Juárez/El Paso hasta Big Bend fueron muestreadas bajo condiciones de bajo flujo, aunque flujos altos dominaron este lugar antes de volver a este nivel. Los altos flujos se debieron a grandes descargas de la Presa del Elefante. Esto pudo influenciar los resultados obtenidos.
Estación 6.1- Presa Internacional de la Amistad Sobre el Ramal del Río Bravo.	Influenciada por el flujo del Río Bravo. Área utilizada principalmente como recreación. Es posible que los contaminantes del aire tengan un efecto sobre la presa.
Estación 6.2- Presa Internacional de la Amistad Sobre el Ramal del Río Diablo.	Influenciada por el flujo del Río Diablo. Área utilizada como espacio abierto y para recreación. Es posible que la contaminación ambiental tenga un efecto a largo plazo sobre la presa.
Estación 7- Río Bravo/Río Grande Aguas Arriba de Acuña/Del Río.	Altamente influenciada por descargas de la Presa Internacional de la Amistad. Aguas arriba de las descargas de aguas residuales.
Estación 7b- Bajo Arroyo San Felipe.	Localizada en la parte más rural del río. Las tierras que lo rodean son áreas abiertas.
Estación 7b.1- Medio Arroyo San Felipe	Localizada en el área urbana residencial de Del Río. El impacto principal son las descargas de aguas urbanas y de lluvia.
Estación 7b.2- Alto Arroyo San Felipe	Localizado enseguida de una carretera principal en Del Río. Influenciada por desagües de aguas urbanas y de lluvia. No recibe aguas residuales, solo antes de 1990 recibía descargas de aguas residuales.
Estación 8- Río Bravo/Río Grande Aguas Arriba de Acuña/Del Río.	Localizada río abajo de las descargas de aguas residuales y urbanas de Acuña/Del Río. Acuña tiene 50 maquiladoras localizadas aguas arriba del sitio, principalmente textiles, electrónica, pieles y plásticos.
Estación 9- Río Bravo/Río Grande Sobre la US 57 en Piedras Negras/Eagle Pass.	Localizada aguas arriba de las descargas de aguas residuales. Las tierras de alrededor son de espacios abiertos y de irrigación.
Estación 9a- Arroyo El Tomillo en Piedras Negras.	Utilizado para conducir las aguas residuales crudas desde las lagunas de aguas residuales de Piedras Negras.
Estación 10- Río Bravo/Río Grande Aguas Abajo de Piedras Negras/Eagle Pass.	Localizada río abajo de las descargas de aguas residuales de Piedras Negras/Eagle Pass. Piedras Negras tiene 43 maquiladoras principalmente de equipo de transporte y procesadoras de alimentos.
Estación 10a- Arroyo Manadas en Laredo.	Conduce desagües urbanos y pluviales de un área altamente industrializada de Laredo.

TABLA 11 (cont.)
POTENCIALES FUENTES DE CONTAMINANTES POR ESTACION DE LA FASE 2
DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

Estación 11-Río Bravo/Río Grande Aguas Arriba de Laredo/Nuevo Laredo.	Se localiza arriba de las descargas de aguas residuales.
Estación 11a-Arroyo Zacate en Laredo.	Influenciada por descargas de aguas urbanas, de lluvia y de aguas residuales.
Estación 11b-Arroyo Chacón en Laredo.	Influenciada por desagües urbanos y pluviales.
Estación 11b.1- PTAR del Arroyo Zacate en Laredo.	La PTAR se localiza en Laredo. Descarga sobre el Arroyo Zacate aguas arriba de la Estación 11a.
Estación 11b.2- PTAR Laredo Sur	La PTAR se localiza aguas abajo de Laredo. Descarga arriba de la Estación 12.
Estación 11b.3- Pozo de Visita 115 del Sistema de Recolección de Aguas Residuales de Nuevo Laredo.	Punto de descarga de aguas residuales de Nuevo Laredo. Se localiza aguas arriba de las Estaciones 12 y 12.1
Estación 11c- Arroyo El Coyote en Nuevo Laredo.	Punto de descarga de aguas residuales crudas para Nuevo Laredo. Se localiza aguas arriba de las Estaciones 12 y 12.1
Estación 12-Río Bravo/Río Grande, a 13.2 Km. Aguas Abajo de Laredo/Nuevo Laredo.	Laredo descarga 110,000 m ³ de aguas residuales tratadas. Nuevo Laredo descarga de 95,000 a 106000 m ³ de aguas residuales crudas río arriba este punto.
Estación 12.1- Río Bravo/Río Grande 25 Km. Aguas Abajo de Laredo/Nuevo Laredo.	Se localiza más por debajo de la Estación 12. con los mismos impactos.
Estación 12.2- Cabeza de la Presa Internacional Falcón.	Influenciada por el flujo que proviene de ambos Laredos. Esta área se utiliza como espacio abierto y de recreación.
Estación 12.3- Presa Internacional Falcón Cerca de las Compuertas.	Influenciada por el flujo de México y Texas. El área se utiliza principalmente como espacio abierto y de recreación.
Estación 12d- Arroyo Los Olmos Cerca de Ciudad Río Grande.	Localizado cerca de Ciudad Río Grande. Influenciado por corrientes de flujo urbano y de lluvias. El área es rural, de espacio abierto, recreativa y de desarrollo residencial.
Estación 13-Río Bravo/Río Grande en la Carretera SH 886, cerca de Los Ebanos.	Influenciada por descargas de la Presa Internacional Falcón. El área es básicamente agrícola.
Estación 14- Río Bravo/Río Grande Aguas Abajo de la Presa Anzalduas.	Localizada río arriba de Reynosa/McAllen y de las descargas de aguas residuales de estas ciudades. El área es principalmente agrícola.
Estación 15- Río Bravo/Río Grande en la Carretera US 281 en Reynosa /Hidalgo.	Localizada en el cruce fronterizo. Influenciada por corrientes urbanas y de lluvia.
Estación 15a- El Dren Anheló en Reynosa.	Lleva aguas residuales tratadas y parcialmente tratadas de Reynosa.
Estación 16- Río Bravo/Río Grande Aguas Abajo del Dren El Anheló.	Localizado por debajo de la descarga del Dren Anheló. Reynosa tiene 78 maquiladoras. También influenciada por corrientes urbanas y de lluvia así como de retorno agrícola.
Estación 17- Río Bravo/Río Grande por Debajo de San Benito.	La tierra consiste principalmente de cultivos irrigados. Influenciado por retorno agrícola, urbano y pluvial del área de San Benito/Harlingen.
Estación 18- Río Bravo/Río Grande Aguas Abajo de Brownsville/Matamoros.	Se localiza debajo de Brownsville/Matamoros. Influenciada por sobreflujo de lluvia y urbano. Matamoros tiene 111 maquiladoras pero la mayor parte de las aguas residuales fluye hacia el Golfo de México. Es posible que también influya el retorno agrícola.

TABLA 12
FUENTES Y USOS PARA SUSTANCIAS TOXICAS DETECTADAS EN EL
RIO BRAVO/RIO GRANDE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS
TOXICAS

Parámetro	Fuentes/Usos	Efectos en Medio Ambiente y Salud
Aluminio	<p>Fuentes: Se encuentra naturalmente, es uno de los metales más abundantes. Se encuentra en combinación con otras rocas y minerales; extraído de la Bauxita.</p> <p>Usos: Utensilios de cocina, contenedores, electrodomésticos, aviones y materiales de construcción; pinturas, fuegos artificiales, producción de vidrio, hule y cerámica; en combinación con otros químicos, usado en antiácidos (hidróxido de aluminio), desodorantes (aluminio clorohidratado), en tratamiento de agua potable (sulfato de aluminio), polvo de hornear, protección contra fuego, bronceadores, colorantes, catalisis y medicinas.</p>	<p>Puede presentarse en el medio acuático debido a la erosión, minería y efluente del tratamiento de aguas residuales; su solubilidad en lagos, ríos y arroyos depende del pH; efecto agudo y moderado sobre la vida acuática, alta toxicidad aguda para aves; alta toxicidad crónica para la vida acuática; muy persistente en agua; no se bioacumula en tejido de pez.</p>
Antimonio	<p>Fuentes: Elemento que se encuentra naturalmente como componente de otros minerales; se importa para ser procesado; algunas compañías lo obtienen como producto secundario de la extracción de plomo y otros metales.</p> <p>Usos: Como retardante de llamas; en aleaciones con plomo, bismuto, cobre, estaño, níquel, hierro y cobalto; en manufactura de baleros, municiones, tubería y hojas de metal; moldes, peltre y baterías; cerillos y fuegos artificiales; en pintura, cerámicas, plásticos, metales y vidrio.</p>	<p>Penetra en el medio acuático por el desgaste de rocas, retornos de suelos y efluentes de minería y procesos de manufactura, efluentes de PTARs industriales y municipales; alta toxicidad crónica y aguda en vida acuática.</p>
Arsénico	<p>Fuentes: Elemento que se encuentra por naturaleza; común en áreas con actividad volcánica;</p> <p>Usos: Principalmente como conservador de maderas; en insecticidas y herbicidas; de uso veterinario; en fabricación de vidrio, telas, y semiconductores eléctricos.</p>	<p>Carcinógeno; soluble en agua; cambia de una forma a otra; persistente en agua; bioacumulable en tejido de pez y mariscos; penetra en el medio ambiente por su uso como plaguicida; por efluentes de PTAR; emisiones de plantas productoras de energía que trabajan a base de carbón; erosión; algunas formás tienen una alta toxicidad aguda y crónica para la vida acuática.</p>
Berilio	<p>Fuentes: Se encuentra en rocas minerales, carbón y suelos; los compuestos de berilio son comercialmente explotados en minería.</p> <p>Usos: En forma purificada se utiliza para componentes eléctricos, partes de maquinaria, cerámica, partes de aviones, armamento nuclear y espejos.</p>	<p>Carcinógeno; penetra en el agua por el desgaste de las rocas; lixiviados de suelos e industrias; precipita al fondo del agua; no se bioacumula en tejido de pez</p>

TABLA 12
FUENTES Y USOS PARA SUSTANCIAS TOXICAS DETECTADAS EN EL
RIO BRAVO/RIO GRANDE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS
TOXICAS (cont).

Cadmio	Fuentes: Elemento natural en la corteza terrestre; se encuentra como mineral combinado con otros elementos; todos los suelos y rocas, incluyendo carbón contienen algo de cadmio. Usos: No se corroe fácilmente y por lo tanto tiene muchas aplicaciones en la industria y productos del consumidor; baterías, pigmentos, fotoceldas, proceso de gravado; electroplateado, aleaciones, esmaltes de metal y plásticos.	Carcinógeno; penetra en el aire mediante los procesos de la minería, industria e incineración de productos del hogar; penetra en el agua por el efluente de la industria del electroplateado y de las PTAR; no se descompone en el medio ambiente, muy persistente en agua; bioacumulable en tejido de pez tiene una alta toxicidad aguda y crónica que afecta a la vida acuática.
Cromo	Fuentes: Se encuentra por naturaleza en las rocas, plantas, animales, gases y polvo volcánico; la manufactura y desecho de productos que contienen cromo o su incineración lo liberan al aire, tierra y agua. Usos: Producción de acero y otras aleaciones, fabricación de ladrillo, colorantes y pigmentos, electroplateado, bronceado de pieles y conservación de maderas.	Carcinógeno y mutagénico; en pequeñas cantidades es soluble en agua, el resto se precipita. No se acumula en tejido de pez; muy persistente en agua, más tóxico en agua blanda que en dura; el Cromo III posee una moderada toxicidad aguda y alta toxicidad crónica que afecta a la vida acuática, el Cromo VI posee una alta toxicidad aguda y crónica que afecta a la vida acuática.
Cobre	Fuentes: Muy común en suelo y piedras, corrosión de tubería de latón y cobre; descargas de PTAR; uso de compuestos de cobre como alguicidas. Usos: Industrias de fundición y refinerías; fábricas de alambre de cobre; industrias de incineración del carbón, producción de hierro y acero.	Es uno de los principales contaminantes presentes en el agua de desecho urbano; y se encuentra en el agua por vertimiento de aguas de desecho urbano, descargas de PTAR o precipitación de emanaciones industriales; en áreas de industria y minería de cobre, puede influir la lluvia en la acumulación de cobre en medios acuáticos; descargas municipales e industriales.
Plomo	Fuentes: Es un componente mayor en más de 200 minerales; solo tres se encuentran en suficientes abundancia para formar depósitos. Usos: Tubería de plomo; contenedores para gases o líquidos corrosivos; pinturas, pigmentos, aleaciones para metalurgia, baterías, cerámica, artefactos electrónicos y plásticos.	Teratogénico; entra en el medio a través de la lluvia, emanaciones de polvo de plomo y descargas de PTAR.
Mercurio	Fuentes: Se encuentra de manera natural, en las descargas de aguas municipales e industriales. Usos: Como cátodo en la preparación de cloro y sosa cáustica; componentes eléctricos, instrumentos de control, fabricación de papel, minería, fármacos y usos generales de laboratorio.	En el ambiente se encuentra en varias formas de manera natural; algunos microorganismos lo pueden transformar en metil y dimetil mercurio (altamente tóxicos) lo cual hace que todas las formas de mercurio sean peligrosas en el medio

TABLA 12
FUENTES Y USOS PARA SUSTANCIAS TOXICAS DETECTADAS EN EL
RIO BRAVO/RIO GRANDE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS
TOXICAS (cont).

Níquel	Fuentes: Erosión de las piedras; se encuentra en todo tipo de suelos. Usos: Aleaciones, siendo la más común níquel-hierro utilizada para manufacturar acero inoxidable; acuñación de monedas, joyería, plomería y equipo de calefacciones, motores de turbina de gas, electrodos, pinturas, coloración de cerámicas y baterías.	Carcinógeno; uno de los metales más comunes en aguas superficiales; incineración de carbón y combustibles fosilizados; descargas de la industria de electroplateado y fundición; no se bioacumula en tejido de pez; es común en el aire; termina adherido a partículas de suelo o sedimento; alta toxicidad aguda y crónica que afecta a la vida acuática.
Selenio	Fuentes: Erosión de piedras y suelos; abundante en los suelos más áridos de Norte América; las actividades humanas contribuyen aprox. 3,500 Ton. Métricas/ año; presente en carbón y combustibles. Usos: Fotocopiado; manufactura de vidrio, componentes electrónicos, pigmentos e insecticidas.	Aguas de lixiviados de erosión natural de suelos y rocas; efluente de PTAR; esencial en cantidades traza para plantas y animales; alta toxicidad aguda y crónica que afecta a la vida acuática.
Plata	Fuentes: Se encuentra en forma de mineral; Usos: Material fotográfico; electroplateado; como conductor, en aleaciones dentales, soldaduras, pinturas, joyería, acuñación de monedas y fabricación de espejos.	Generalmente se encuentra en bajas concentraciones en el medio acuático; los procesos de adsorción y precipitación hacen que sea más concentrado en sedimento; alta toxicidad crónica que afecta a la vida acuática; la toxicidad depende de la dureza del agua.
Talio	Fuentes: Se encuentra en cantidades traza en la corteza terrestre; anteriormente se obtenía como subproducto de fundiciones; actualmente en los E.U. todo el talio que se usa es importado u obtenido de las reservas. Usos: Fabricación de aparatos electrónicos para la industria de semiconductores; uso limitado en la manufactura de vidrio especial y en procesos médicos.	Entra en el medio debido a la incineración de carbón y fundiciones; usualmente es un contaminante traza; persistente por largos períodos de tiempo en suelo, tierra y aire; absorbido por las plantas y entra en la cadena alimenticia; se acumula en peces y mariscos; alta toxicidad aguda y crónica que afecta a la vida acuática.
Zinc	Fuentes: Uno de los elementos más comunes del planeta; se encuentra en suelo, aire y agua ; está presente en todos los alimentos. Usos: Como capa para evitar la oxidación; en baterías de celdas secas; en aleaciones de latón y bronce; en fabricación de pinturas, hule, colorantes, conservadores para maderas y ungüentos.	Entra en el ambiente por procesos naturales además de procesos como la minería, producción de acero, incineración de carbón y desechos; se acumula en peces y otros organismos; se transporta fácilmente en el agua natural como lagos, ríos, arroyos y aguas subterráneas.

TABLA 12
FUENTES Y USOS PARA SUSTANCIAS TOXICAS DETECTADAS EN EL
RIO BRAVO/RIO GRANDE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS
TOXICAS (cont).

Cianuro	Fuente: La mayoría proviene de procesos industriales; se pueden encontrar en pequeñas cantidades en almendras, yuca y en las semillas de duraznos y albaricoque; algunas bacterias, hongos y algas producen cianuros. Usos: De uso extensivo en la industria química para producir nylon y otros químicos; los cianuros metálicos se utilizan en la industria del electroplateado y metalurgia.	No se bioacumula en tejido de pez; algunos microorganismos transforman los cianuros en compuestos menos dañinos.
Tolueno	Fuente: Se forma durante la producción de gasolina y otros combustibles, al transformar el carbón en coque y es un subproducto de la manufactura de estireno. Usos: Manufactura de pinturas, tiners, esmalte de uñas, lacas, adhesivos y hules; se utiliza en algunos procesos de impresión y bronceado de pieles.	Entra en el medio a través de las descargas industriales; no persiste en el ambiente; es descompuesto fácilmente por microorganismos; se evapora rápidamente del suelo y aguas superficiales; moderada toxicidad aguda y crónica que afecta a la vida acuática.
Fenol	Fuentes: Se encuentra comúnmente en los desechos de refinerías de petróleo; se obtiene en la conversión de carbón en combustibles líquidos o gaseosos y en la transformación de carbón en coque; producido en grandes volúmenes. Usos: Usado como intermediario en la obtención de otras sustancias.	Entra en el medio a través de las descargas de las refinerías de petróleo; plantas de conversión de carbón, efluente de PTAR y por derrames.
Cloroformo	Fuentes: Se encuentra naturalmente pero la mayor parte que se encuentra en el medio es de manufactura. Usos: Se utiliza para producir otros compuestos; se producen pequeñas cantidades al agregar cloro al agua (el cloro se utiliza como desinfectante en PTAR, albercas y balnearios); como solvente, anestésico, limpiador y en extintores de fuego; producción de colorantes, fármacos y plaguicidas.	Carcinógeno; hay varias formas de que entre en el medio; el aire y agua por la industria, contenedores con fugas y desechos; se evapora rápidamente, se disuelve fácilmente en agua, no persiste en agua, no se bioacumula en plantas ni animales, moderada toxicidad crónica y aguda.
Bromo-dicloro-metano.	Fuentes: Artificial. Usos: Como intermediario químico, solvente y como ingrediente de fluido de extintores de fuego.	Carcinógeno; altamente soluble en agua; la mayor parte termina en el aire; puede bioacumularse en tejido; las concentraciones en tejido de pez son mayores a las del medio en que viven; entra al medio ambiente por las descargas industriales y derrames; moderada toxicidad crónica y aguda que afecta a la vida acuática.

TABLA 12
FUENTES Y USOS PARA SUSTANCIAS TOXICAS DETECTADAS EN EL
RIO BRAVO/RIO GRANDE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS
TOXICAS (cont).

<p>N-Nitroso-di-n-Propil-amina</p>	<p><u>Fuentes:</u> Artificiales. <u>Usos:</u> Para propósitos de investigación; como intermediario sintético o como solvente en producción de sustancias químicas.</p>	<p>Carcinógeno; entra al medio por descargas industriales y derrames; no persiste en el agua; como el 54% termina en el aire, 45% en el agua y el resto en el suelo terrestre y sedimentos acuáticos; no hay suficiente información para determinar los efectos tóxicos para la vida acuática plantas, aves o animales terrestres; puede bioacumularse en tejidos.</p>
<p>Benceno</p>	<p><u>Fuentes:</u> Pequeñas cantidades de benceno se liberan al medio por medio de erupciones volcánicas e incendios forestales; se encuentra en petróleo y gasolina. <u>Usos:</u> Utilizado en la industria para hacer sustancias químicas para poliestireno, plásticos, resinas, nylon y fibras sintéticas; para fabricar algunos tipos de hules, lubricantes, colorantes, detergentes, fármacos y plaguicidas.</p>	<p>Carcinógeno y mutagénico; entra en el medio por actividades humanas y naturales; en forma líquida se mezcla fácilmente con el aire y el agua; en agua cambia rápidamente a vapor, se descompone menos en agua que en aire; no se almacena en grandes cantidades en plantas y animales; alta toxicidad crónica y aguda que afecta a la vida acuática.</p>
<p>Xileno</p>	<p><u>Fuentes:</u> Mezcla de tres isómeros de xileno (orto, meta y para), con posibles trazas de etil benceno. <u>Usos:</u> Como solvente; en la producción de químicos orgánicos usados para fabricar fibras de poliéster y colorantes; para esterilizar cuerda de tripa y microscopía; en la producción de fármacos y gasolinas.</p>	<p>Penetra en el ambiente por descargas municipales de PTAR, o derrames; no persiste en agua; alta toxicidad crónica que afecta a la vida acuática; se espera que la concentración en tejido de pez sea mayor que la del ambiente que lo rodea.</p>
<p>1,4-Dicloro benceno</p>	<p><u>Fuentes:</u> Sustancia química sintética. <u>Usos:</u> Para control de palomillas, mohos, y mildew; como desodorante en baños y contenedores de desechos; al exponerse al aire pasa de sólido a gas, y el gas deodoriza o mata a los insectos.</p>	<p>Proviene de repelentes de palomillas o desodorantes de sanitarios; se descompone en compuestos inofensivos en un mes; no es muy soluble en agua; se encuentra principalmente en el aire; bioacumulable en plantas y peces; moderada toxicidad aguda y alta toxicidad crónica que afecta a la vida acuática.</p>
<p>Alfa Hexa-cloruro de Benceno (Lindano)</p>	<p><u>Fuentes:</u> Insecticida organoclorado artificial, es uno de cinco isómeros de Hexaclorociclohexano. <u>Usos:</u> Insecticida de amplio espectro; el Lindano es el isómero más común.</p>	<p>Entra en el medio ambiente por escurrimientos superficiales, no se bioacumula inmediatamente.</p>

TABLA 12
FUENTES Y USOS PARA SUSTANCIAS TOXICAS DETECTADAS EN EL
RIO BRAVO/RIO GRANDE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS
TOXICAS (cont).

Clordano	<i>Fuentes:</i> Artificial, del grupo de plaguicidas de Hidrocarburos Policíclicos Clorinados. <i>Usos:</i> Insecticida de amplio espectro; usado ampliamente durante los últimos 30 años para control de termitas, como insecticida de casa y jardín y control de insectos del suelo en plantíos; en 1983, la EPA prohibió el uso del clordano excepto para control de termitas; en 1988 se prohibió totalmente el uso del insecticida.	Carcinógeno; Entra en el medio acuático por escurrimiento urbano y agrícola; puede permanecer en el suelo por más de 20 años; se descompone muy lentamente; no se disuelve inmediatamente en el agua; se bioacumula en pez, aves y animales; alta toxicidad crónica y aguda que afecta a la vida acuática.
DDT DDE DDD	<i>Fuentes:</i> Sustancia química fabricada, (DDT= 1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-clorofenil) etano). <i>Usos:</i> Utilizado ampliamente para controlar insectos plaga y de interés médico (malaria, tifo); prohibido en 1972 en los Estados Unidos debido a su potencial dañino para la fauna y la salud humana., aun se utiliza en otros países; DDE y DDD son similares al DDT; DDD era usado como insecticida pero también está prohibido en los Estados Unidos, DDE no tiene valor comercial.	DDT se acumula en plantas y en el tejido adiposo de pez, aves y animales; DDT se descompone formando DDE y DDD; DDT puede evaporarse del agua y descomponerse por la luz solar; permanece mucho tiempo en el suelo.
Diazinon	<i>Fuentes:</i> Compuesto organofosforado artificial. <i>Usos:</i> Extensamente usado para controlar moscas, piojos, plagas de plantas ornamentales y cultivos (maíz, arroz, cebolla y papa); forrajes; control de nemátodos e insectos en jardines y tierras agrícolas	El diazinón se descompone en agua formando compuestos de muy poco peligro para la vida acuática pero su descomposición depende del pH; las aves son más sensibles que los mamíferos.
Dieldrin	<i>Fuentes:</i> Artificial. <i>Usos:</i> Como insecticida; de 1950 a 1970 fue de uso agrícola; debido a su potencial daño al medio ambiente y a la salud humana, fue prohibido por la EPA, en Estados Unidos en 1974 excepto para termitas; desde 1987 la EPA prohibió todo su uso.	Se descompone muy lentamente; es muy permanente en suelo; absorbido del suelo por las plantas; se acumula en grasas y es eliminado muy lentamente por el organismo; el aldrín en el cuerpo y en el medio, se descompone rápidamente en dieldrin.
Alfa Endosulfán	<i>Fuentes:</i> Artificial. <i>Usos:</i> Es una mezcla de alfa y beta Endosulfán, no se produce en Estados Unidos desde 1982, aún se utiliza para producir otros químicos; utilizado como insecticida para el control de plagas en granos, té, frutas, vegetales tabaco y algodón; en E.U, también utilizado como conservador en madera.	Entra en el medio al asperjar cultivos, no se disuelve fácilmente en agua; permanece años en el suelo antes de descomponerse; se bioacumula en los peces.
Endrín	<i>Fuentes:</i> Artificial, pertenece al grupo de plaguicidas organoclorados. <i>Usos:</i> Se le conocen usos como avicida, rodenticida e insecticida de amplio espectro; se ha utilizado en gran escala para control de larvas de Lepidópteros (mariposas y palomillas) en la cuenca del Río Mississipi.	Entra en el ambiente por su aplicación en cultivos y suelos; fugas de contenedores y fábricas; persistente en el suelo; alta toxicidad aguda que afecta a la vida acuática y mamíferos. Insoluble en agua.

TABLA 12
FUENTES Y USOS PARA SUSTANCIAS TOXICAS DETECTADAS EN EL
RIO BRAVO/RIO GRANDE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS
TOXICAS (cont).

<p>PCBs (Bifenilos Policlorinados)</p>	<p><u>Fuentes:</u> Artificiales, es un grupo de compuestos químicos industriales que comparten el mismo nombre; la marca más conocida es Aroclor. <u>Usos:</u> Refrigerante; lubricante y material de insulación en equipo eléctrico; debido a sus efectos sobre la salud. E.U. terminó su producción desde 1977; algunos productos manufacturados antes de 1977 aún contienen PCBs; antiguos artículos de alumbrado fluorescente, componentes eléctricos con capacitores de PCB, aceite de viejos microscopios y flúidos hidráulicos.</p>	<p>Carcinógeno y teratogénico; entra en el medio por fugas en equipo eléctrico e industrial; descargas industriales, derrames, lixiviación de rellenos sanitarios y sedimentos contaminados; se adhiere fuertemente el suelo; soluble en agua en pequeñas cantidades; alta toxicidad aguda y crónica que afecta a la vida acuática; se bioacumula en peces y mariscos; los niveles en peces pueden ser 1000 veces mayores que en el agua.</p>
<p>Bis (2-etil exil) ftalato</p>	<p><u>Fuentes:</u> Artificial. <u>Usos:</u> Ampliamente utilizado en plásticos; componente de muchos productos del hogar y en automóviles; en la industria de empaquetamiento y medicina.</p>	<p>Carcinógeno y teratogénico; de amplio uso y distribución; comúnmente encontrado en agua, sedimento y tejido; persistente en el ambiente</p>

4.0 ESTADO DEL RIO BRAVO/RIOGRANDE Y SUS AFLUENTES

4.1 RESULTADOS DE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS

Durante el estudio de la Fase 1, se detectaron un total de 48 compuestos químicos, de los cuales 30 de ellos excedieron los niveles críticos en algunos sitios. Los 30 compuestos que excedieron los niveles críticos fueron considerados como de preocupación potencial y se les asignó un nivel de importancia de acuerdo a sus incidencias.

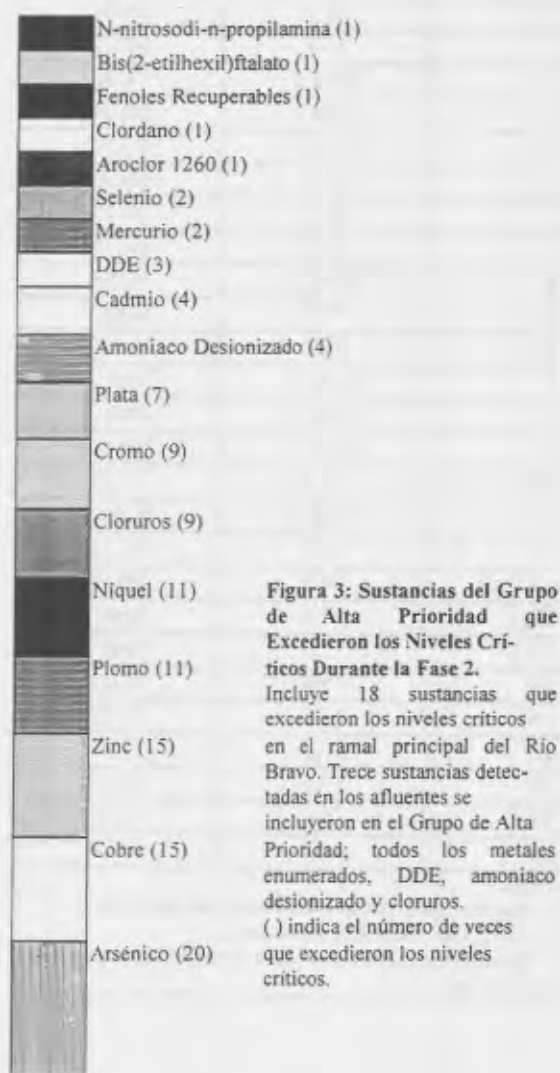


Figura 3: Sustancias del Grupo de Alta Prioridad que Excedieron los Niveles Críticos Durante la Fase 2. Incluye 18 sustancias que excedieron los niveles críticos en el ramal principal del Rio Bravo. Trece sustancias detectadas en los afluentes se incluyeron en el Grupo de Alta Prioridad; todos los metales enumerados, DDE, amoniac desionizado y cloruros. () indica el número de veces que excedieron los niveles críticos.

Durante la Fase 2 del estudio, fueron detectados un total de 38 compuestos tóxicos (en agua, sedimento y tejido de pez), 28 de los cuales excedieron los niveles críticos en algunos sitios. Estos compuestos fueron clasificados en cuatro grupos: Alta prioridad (Figura 3), Mediana prioridad (Figura 4) y Baja prioridad (Figura 5).

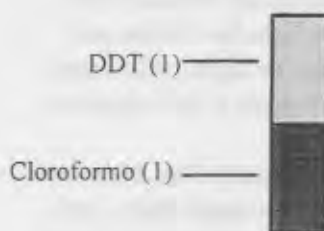


Figura 4: Sustancias del Grupo de Mediana Prioridad que Excedieron los Niveles Críticos Incluye dos sustancias que excedieron los niveles críticos en varios sitios de los afluentes. () indica el número de veces que se excedieron los niveles críticos

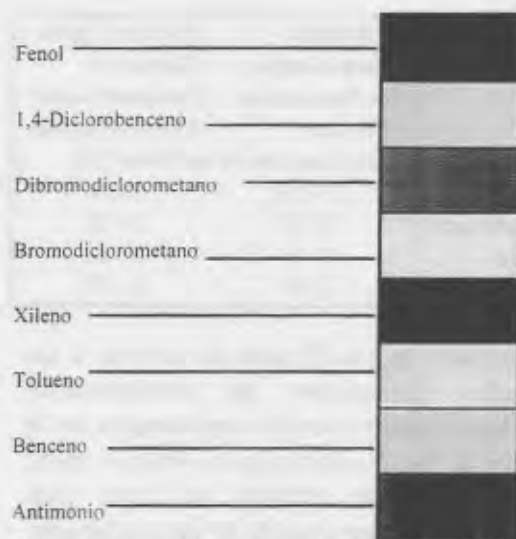


Figura 5: Sustancias del Grupo de Baja Prioridad que Excedieron los Niveles Críticos. Incluye 8 sustancias que excedieron los niveles críticos en un solo sitio en los afluentes y que no se incluyen en los Grupos de Mediana o Alta Prioridad. () indica el número de veces que se excedieron los niveles críticos.

4.2 SITIOS DE PREOCUPACION PARA EFECTOS TOXICOS EN LA FASE 2

Los sitios de preocupación se determinaron utilizando datos recolectados por ambos países pero estudiados independientemente utilizando dos métodos diferentes de clasificación.

El sistema de clasificación **Potencial Para Efectos de Sustancias Tóxicas**, fue desarrollado por Estados Unidos para sintetizar resultados de agua, sedimento y tejido de pez, biológicos y toxicológicos.

La clasificación de **Potencial de Efectos de Contaminantes Convencionales**, está basado en el Índice de Calidad del Agua utilizado por México, en el cual se consideran los efectos combinados de varios contaminantes convencionales del agua.

TABLA 13
SUBCATEGORIAS POTENCIALES

	Potencial para Efectos de Sustancias Tóxicas	Potencial para Efectos de Contaminantes Convencionales
Potencial	Clasificación de los Sitios (%)	
Alto	75-100	0-50
Moderado	74-50	51-70
Bajo	49-25	71-80
Ligero	24-0	81-100

Los sitios se clasificaron de acuerdo a los efectos potenciales de contaminantes tóxicos y convencionales encontrados en la Fase 2. La clasificación se utilizó como herramienta de análisis de datos para obtener una idea general de las condiciones en los sitios de muestreo (Tabla 13). También permitió priorizar las áreas donde es posible que se requiera más investigación. Todos los datos de la Fase 2 fueron considerados en conjunto para identificar los sitios de preocupación potencial. Las puntuaciones para cada una

de las estaciones de acuerdo a los contaminantes se encuentran en las Tablas 14 y 16. Basándose en el análisis del agua, sedimento, tejido de pez y datos biológicos, la Tabla 15 muestra las estaciones y su potencial para efectos de contaminantes.

TABLA 14
PUNTUACIONES DE CONTAMINANTES EN LA CORRIENTE PRINCIPAL

Número de Estación	Puntuación de Sustancia Tóxica	Puntuación de Índice de Calidad del Agua
1	47.4	67.46
1.1	36.1	69.54
2	100	61.77
2.1	Nota 1	71.88
2.2	Nota 1	68.01
2.3	Nota 1	67.56
3	84.2	64.39
4	89.5	63.13
5	73.7	62.76
6	Nota 1	80.24
6.1	79.0	Nota 2
6.2	63.2	Nota 2
7	Nota 3	Nota 2
8	Nota 3	Nota 3
9	Nota 3	Nota 3
10	68.4	73.59
11	Nota 3	Nota 3
12	10.5	62.13
12.1	94.7	68.48
12.2	52.6	Nota 2
12.3	5.3	Nota 2
13	15.8	72.31
14	21.1	71.70
15	36.8	77.61
16	57.9	76.17
17	26.3	72.05
18	42.1	67.04

Notas:
1.- En estos sitios únicamente se recolectó salinidad
2.- El ICA no es aplicable a embalses
3.- En estas estaciones únicamente se recolectó muestra para tejido de pez

TABLA 15
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES Y
CORRIENTE PRINCIPAL DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	TIPO	AGUA	SEDIMENTO	TEJIDO DE PEZ	TOXICIDAD Y NIVEL BIOLÓGICO DE PREOCUPACION
NIVEL DE PREOCUPACION					
0.5a- Dren Montoya cerca de la línea divi- soria entre Nuevo México y Texas	Convencional	Cloruros		No Hay Datos	No Hay Toxicidad
	Metales	Arsénico, Cobre, Níquel	Cadmio, Cobre Plomo, Níquel Zinc		No Hay Datos
	MODERADO	NdP	BAJO		ALTO
ICA	Bajo potencial para efectos de contaminantes convencionales				
1-Río Bravo en el Puente Courchesne en El Paso	Convencional	Cloruros			No Hay Toxicidad
	Metales	Arsénico, Cobre	Cadmio, Cobre Plomo, Níquel Zinc	Cadmio, Cobre	PREOCUPACION POTENCIAL En Bentónicos
	BAJO	NdP	BAJO	MODERADO	BAJO
ICA	Potencial Moderado para Efectos de Contaminantes Convencionales				
1.1-Río Bravo aguas Arriba de la PTAR Haskell Street en El Paso	Convencional	Cloruros			No Hay Toxicidad
	Metales	Arsénico, Cobre	Arsénico, Cobre Plomo, Níquel, Zinc	No Hay Datos	
	Orgánicos	Fenoles Recuperables		No Hay Datos	
	BAJO	NdP	LIGERO	BAJO	
ICA	Potencial Moderado para efectos de Contaminantes Convencionales				
1a-PTAR Haskell Street en El Paso	Convencional	Cloruros Amoniaco no ionizado	No Hay Datos	No Hay Datos	Toxicidad en Agua <i>Pimephales</i> <i>promelas</i>
	Metales	Arsénico	No Hay Datos	No Hay Datos	Pulgas de Agua
	NdP	ALTO			No Hay Datos
ICA	Potencial Moderado para efectos de Contaminantes Convencionales				
2-Río Bravo en el Puente Zaragoza en Ciudad Juárez/ El Paso	Convencional	Cloruros, Amoniaco no ionizado			Toxicidad en Sedimento <i>P. promelas</i>
	Metales	Arsénico	Arsénico, Cobre Plomo, Níquel, Zinc	Cadmio, Cobre, Zinc	PREOCUPACION POTENCIAL en Bent.
	ALTO	NdP	BAJO	ALTO	MODERADO
ICA	Ligero Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
2.1-Río Bravo, Aguas Arriba del Puente Int. Fort Hancock	Convencional	Amoniaco no ionizado	No Hay Datos	No Hay Datos	No Hay Datos
	ICA	Ligero Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales			

NdP: NIVEL DE PREOCUPACION

ICA: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (de México)

TABLA 15 (cont.)
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES Y
CORRIENTE PRINCIPAL DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	TIPO	AGUA	SEDIMENTO	TEJIDO DE PEZ	TOXICIDAD Y NIVEL BIOLÓGICO DE PREOCUPACION
2.2-Río Bravo en el Puente Internacional de Fort Hancock	Convencionales	Amoniaco no ionizado	No Hay Datos	No Hay Datos	No Hay Datos
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
2.3-Río Bravo, Aguas Abajo del Puente Internacional de Fort Hancock	Convencionales	Amoniaco no ionizado	No Hay Datos	No Hay Datos	No Hay Datos
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
2a-Canal de Aguas Residuales de Ciudad Juárez	Convencionales	Cloruros, Amoniaco no ionizado		No Hay Datos	Toxicidad en Agua <i>Pimephales promelas</i> Pulgas de Agua
	Metales	Arsénico, Níquel	Arsénico, Plata	No Hay Datos	
	Orgánicos	Fenol		No Hay Datos	
ALTO	NdP	ALTO	MODERADO	ALTO	No Hay Datos
ICA	Alto Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
3-Río Bravo, Aguas Arriba de Ojinaga/ Presidio	Convencionales	Cloruros			No Hay Toxicidad
	Metales	Arsénico	Cobre, Plomo Níquel, Zinc	Selenio	
	Orgánicos	Bis (2-etilhexil) ftalato			
ALTO	NdP	ALTO	MODERADO	ALTO	PREOCUPACION POTENCIAL/Pez
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
3a-Río Conchos Cerca de la Desembocadura	Convencionales	Cloruros			No Hay Toxicidad
	Metales		Zinc	Cadmio, Zinc Selenio	
	Orgánicos	Bis (2-etilhexil) ftalato			
LIGERO	NdP	LIGERO	LIGERO	ALTO	PREOCUPACION/Pez
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
3a.1-Río Conchos 25 Km. Aguas Arriba de la Desembocadura	Metales	Arsénico	Cobre, Plomo Níquel, Zinc	No Hay Datos	No Hay Toxicidad
BAJO	NdP	MODERADO	BAJO		NO PREOCUPACION en Pez
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				

NdP: NIVEL DE PREOCUPACION

ICA: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (de México)

TABLA 15 (cont.)
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES Y
CORRIENTE PRINCIPAL DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	TIPO	AGUA	SEDIMENTO	TEJIDO DE PEZ	TOXICIDAD Y NIVEL BIOLÓGICO DE PREOCUPACION
NIVEL DE PREOCUPACION 4-Río Bravo, Aguas Abajo de Ojinaga/ Presidio	Convencionales	Cloruros			Toxicidad en Agua Pulgas de Agua
	Metales	Arsénico	Cadmio, Cobre, Plomo, Níquel, Zinc	Selenio Zinc	
	Plaguicidas			DDE	PREOCUPACION POTENCIAL en Bentónicos
ALTO	NdP	ALTO	MODERADO	ALTO	PREOCUPACION POTENCIAL/Pez
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
5-Río Bravo en el Cañón Santa Elena en el Parque Nacional Big Bend	Convencionales	Cloruros			Toxicidad en Agua Pulgas de Agua
	Metales	Arsénico		Cadmio Cobre, Zinc	PREOCUPACION POTENCIAL en Bentónicos
MODERADO	NdP	ALTO	LIGERO	MODERADO	PREOCUPACION/Pez
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
6.1-Presa Internacional de la Amistad sobre el Ramal del Río Bravo	Metales	Arsénico	Arsénico, Cromo Cobre, Plomo, Níquel, Zinc	Mercurio	No Hay Toxicidad
ALTO	NdP	MODERADO	ALTO	MODERADO	NO HAY DATOS
6.2-Presa Internacional de la Amistad sobre el Ramal del Río Diablo	Metales	Arsénico		Arsénico	No Hay Toxicidad
MODERADO	NdP	BAJO	ALTO	BAJO	NO HAY DATOS
7-Río Bravo, Aguas Arriba de Del Río	Metales	No Hay Datos	No Hay Datos	Cobre	No Hay Datos
	NdP			ALTO	
7b-Arroyo San Felipe, 1.8 Km. Arriba de la Desembocadura	Metales		Zinc	Cobre, Zinc	No Hay Toxicidad
	Orgánicos			Cloroformo, Benceno	PREOCUPACION POTENCIAL en Bentónicos
LIGERA	NdP	LIGERA	BAJA	ALTA	NO PREOCUPACION/Pez
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
7b.1-Arroyo San Felipe, sobre la Carretera US 277 en Del Río	Metales			No Hay Datos	No Hay Toxicidad
	Plaguicidas		Clordano	No Hay Datos	
LIGERA	NdP	LIGERA	BAJA		NO PREOCUPACION en Bentónicos

NdP: NIVEL DE PREOCUPACION

ICA: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (de México)

TABLA 15 (cont.)
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES Y
CORRIENTE PRINCIPAL DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	TIPO	AGUA	SEDIMENTO	TEJIDO DE PEZ	TOXICIDAD Y NIVEL BIOLÓGICO DE PREOCUPACION
NIVEL DE PREOCUPACION 7b.2-Arroyo San Felipe, 6 Km. Aguas Arriba de la Desembocadura	Metales			No Hay Datos	No Hay Toxicidad
	Plaguicidas		Clordano	No Hay Datos	
LIGERO	NdP	LIGERO	LIGERO		NO PREOCUPACION en Bentónicos
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
8-Río Bravo, 6.4 Km. Aguas Abajo de Del Río	Metales	No Hay Datos	No Hay Datos	Cobre, Zinc	No Hay Datos
	NdP			BAJO	Pez/ Inconcluso
9A-Arroyo El Tornillo en Piedras Negras	Convencionales	Cloruros, Amoniaco no ionizado		No Hay Datos	Toxicidad en Sedimentos <i>Pimephales promelas</i>
	Metales	Arsénico		No Hay Datos	
MODERADO	NdP	BAJO	ALTO		No Hay Datos
ICA	Alto Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
10-Río Bravo, Aguas Abajo de Piedras Negras/Eagle Pass	Metales	Arsénico		Arsénico	No Hay Toxicidad
					NO PREOCUPACION En Bentónicos
MODERADO	NdP	LIGERO	BAJO	ALTO	Pez/NO PREOCUPACION
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
10A-Arroyo Manadas en Laredo	Convencionales	Cloruros		No Hay Datos	Toxicidad en Agua <i>Pimephales promelas</i>
	Metales	Arsénico	Antimonio	No Hay Datos	
	Plaguicidas		DDT	No Hay Datos	
ALTO	NdP	MODERADO	MODERADO		No Hay Datos
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
11-Río Bravo, Aguas Arriba de Laredo/ Nuevo Laredo	Metales	No Hay Datos	No Hay Datos	Arsénico, Cobre, Zinc, Mercurio	No Hay Datos
	NdP			ALTO	
11a-Arroyo Zacate en Laredo	Metales	Arsénico		No Hay Datos	No Hay Toxicidad
BAJO	NdP	BAJO	BAJO		No Hay Datos
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				

NdP: NIVEL DE PREOCUPACION

ICA: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (de México)

TABLA 15 (cont.)
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES Y
CORRIENTE PRINCIPAL DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE sustancias TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	TIPO	AGUA	SEDIMENTO	TEJIDO DE PEZ	TOXICIDAD Y NIVEL BIOLÓGICO DE PREOCUPACION
NIVEL DE PREOCUPACION					
11b-Arroyo Chacón en Laredo	Convencionales	Cloruros		No Hay Datos	Toxicidad en Agua Pulgas de Agua
	Metales	Arsénico		No Hay Datos	
	Plaguicidas		DDT	No Hay Datos	
MODERADO	NdP	MODERADO	MODERADO		No Hay Datos
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
11b.1-PTAR en el Arroyo Zacate en Laredo	Metales	Arsénico	No Hay Datos	No Hay Datos	Toxicidad en Agua Pulgas de Agua
	NdP	MODERADO			
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
11b.2-PTAR Southside en Laredo	Metales	Arsénico, Zinc	No Hay Datos	No Hay Datos	No Hay Toxicidad
	Orgánicos	Bromodicloro- metano, Cloroformo, Dibromodiclo- rometano	No Hay Datos	No Hay Datos	
	NdP	BAJO			
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
11b.3- Pozo de Acceso 115 del Sistema de Recolección Riverside en Nuevo Laredo	Convencionales	Cloruros, Amoniaco no ionizado	No Hay Datos	No Hay Datos	Toxicidad en Agua Pulgas de Agua
	Metales	Arsénico	No Hay Datos	No Hay Datos	
	Orgánicos	Tolueno, Xileno, 1,4-dicloro- benceno	No Hay Datos	No Hay Datos	
	NdP	ALTO			No Hay Datos
ICA	Alto Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
11c-Arroyo El Coyote en Nuevo Laredo	Convencionales	Cloruros, Amoniaco no ionizado		No Hay Datos	Toxicidad en Agua Pulgas de Agua <i>Pimephales</i> <i>promelas</i>
	Metales	Arsénico	Plata	No Hay Datos	
	Orgánicos	Cloroformo		No Hay Datos	
ALTO	NdP	ALTO	ALTO		No Hay Datos
ICA	Alto Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				

NdP: NIVEL DE PREOCUPACION

ICA: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (de México)

TABLA 15 (cont.)
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES Y
CORRIENTE PRINCIPAL DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	TIPO	AGUA	SEDIMENTO	TEJIDO DE PEZ	TOXICIDAD Y NIVEL BIOLÓGICO DE PREOCUPACION
NIVEL DE PREOCUPACION 12-Río Bravo, 13.2 Km. Aguas Abajo de Laredo/ Nuevo Laredo	Metales	Arsénico	Plata		No Hay Toxicidad
					POTENCIAL PREOCUPACION en Bentónicos
LIGERO	NdP	BAJO	BAJO	LIGERO	PREOCUPACION POTENCIAL/PeZ
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
12.1-Río Bravo, 25 Km. Aguas Abajo de Laredo/ Nuevo Laredo	Metales	Arsénico	Cobre, Plomo, Níquel, Zinc		No Hay Toxicidad
	Orgánicos	N-nitrosodi-n-propilamina			PREOCUPACION POTENCIAL en Bentónicos
ALTO	NdP	ALTO	MODERADO	LIGERO	PREOCUPACION POTENCIAL/PeZ
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
12.2-Cabecera de la Presa Internacional Falcón	Metales	Arsénico	Cobre, Plomo Níquel, Zinc	Plomo, Zinc	No Hay Toxicidad
MODERADO	NdP	LIGERO	ALTO	MODERADO	No Hay Datos
12.3-Presa Internacional Falcón, cerca de las Compuertas	Metales	Arsénico			No Hay Toxicidad
LIGERO	NdP	MODERADO	LIGERO	LIGERO	No Hay Datos
12d-Arroyo Los Olmos, cerca de Ciudad Río Grande	Convencionales	Cloruros		No Hay Datos	No Hay Toxicidad
	Metales	Arsénico		No Hay Datos	
	Plaguicidas		DDE	No Hay Datos	
		NdP			
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
13-Río Bravo en la Carretera SH 886, cerca de Los Ebanos	Metales	Arsénico	Plata		No Hay Toxicidad
LIGERO	NdP	MODERADO	BAJO	LIGERO	PREOCUPACION POTENCIAL/PeZ
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				

NdP: NIVEL DE PREOCUPACION

ICA: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (de México)

TABLA 15 (cont.)
RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS AFLUENTES Y
CORRIENTE PRINCIPAL DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS
EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

ESTACION	TIPO	AGUA	SEDIMENTO	TEJIDO DE PEZ	TOXICIDAD Y NIVEL BIOLÓGICO DE PREOCUPACION
NIVEL DE PREOCUPACION					
14-Río Bravo Aguas Abajo de la Presa Anzalduas	Metales	Arsénico	Cobre, Plomo, Níquel, Zinc, Plata		No Hay Toxicidad
LIGERO	NdP	MODERADO	MODERADO	LIGERO	PREOCUPACION POTENCIAL en Bentónicos PREOCUPACION POTENCIAL/Pez
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
15-Río Bravo, a la Altura de la Carretera US 281 en Reynosa/Hidalgo	Metales	Arsénico	Plata	Plomo	No Hay Toxicidad
BAJO	NdP	ALTO	LIGERO	BAJO	PREOCUPACION/Pez
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
15a-Dren El Anhele en Reynosa	Convencionales	Cloruros, Amoniaco no ionizado		No Hay Datos	Toxicidad en Agua Pulgas de Agua Toxicidad en Agua y Sedimentos <i>Pimephales promelas</i>
	Metales	Arsénico	Plata	No Hay Datos	
ALTO	NdP	ALTO	MODERADO		No Hay Datos
ICA	Alto Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
16-Río Bravo, Aguas Abajo del Dren El Anhele	Metales	Arsénico	Cobre, Níquel, Plata, Zinc	Cobre, Zinc	No Hay Toxicidad
	Plaguicidas			Clordano	NO PREOCUPACION en Bentónicos
MODERADO	NdP	BAJO	ALTO	BAJO	NO PREOCUPACION en Pez
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
17-Río Bravo, Aguas Abajo de San Berito	Metales	Arsénico	Plomo, Níquel, Plata, Zinc	Cobre	No Hay Toxicidad
BAJO	NdP	MODERADO	MODERADO	BAJO	PREOCUPACION POTENCIAL/Pez
ICA	Bajo Potencial Para Efectos de Contaminantes Convencionales				
18-Río Bravo, Aguas Abajo de Brownsville/ Matamoros	Metales	Arsénico	Plata, Zinc		No Hay Toxicidad
	Orgánicos			Aroclor 1260	PREOCUPACION en Bentónicos
BAJO	NdP	LIGERO	BAJO	MODERADO	PREOCUPACION POTENCIAL/Pez
ICA	Potencial Moderado Para Efectos de Contaminantes Convencionales				

NdP: NIVEL DE PREOCUPACION

ICA: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (de México)

TABLA 16
PUNTUACION DE CONTAMINANTES
EN AFLUENTES

Número de Estación	Puntuación de Substancia Tóxica	Puntuación de Índice de Calidad del Agua
0.5a	57.1	72.78
1a	100 N1	58.61
2a	92.9	33.79
3a	21.4	63.10
3a.1	42.9	69.21
7b	35.7	79.68
7b.1	14.3	83.71
7b.2	7.1	77.96
9a	64.3	45.67
10a	78.6	53.84
11a	28.6	65.37
11b	71.4	54.30
11b.1	66.7 N1	57.20
11b.2	44.4 N1	67.17
11b.3	77.8 N1	33.64
11c	100	31.34
12d	50.0	68.20
15a	85.7	34.07

N1: En estas estaciones únicamente se recolectó agua.

4.3 CLASIFICACION DE LOS SITIOS DE ACUERDO A LOS EFECTOS POTENCIALES DE LAS SUSTANCIAS TOXICAS

4.3.1 Sitios de Alta Preocupación Sobre la Corriente Principal

Los sitios de mayor preocupación por su posible deterioro por sustancias tóxicas se localizaron aguas abajo de Cd. Juárez/El Paso y Laredo/Nuevo Laredo, aguas arriba y abajo de Ojinaga/Presidio, y en el ramal del Río Bravo/Río Grande de la Presa Internacional de la Amistad. Las estaciones 2 y 12.1 quedaron debajo de dos de las ciudades fronterizas del Río Bravo/Río Grande, las cuales previamente en la Fase 1 se habían identificado como de alta preocupación. La Estación 2, localizada aguas abajo de Cd. Juárez /El Paso y de la PTAR Haskell Street en El Paso, se clasificó como Número 2 (1= mayor preocupación;

19= menor preocupación) Además de la descarga urbano /industrial y el alto tráfico de vehículos, el sitio se vio afectado por el efluente de la PTAR Haskell Street. Aunque la descarga de la PTAR no se incluyó en la clasificación general de los sitios, se clasificó como Número 1 (1=mayor preocupación) al ser comparada con otros afluentes en cuanto a calidad del agua. Esta estación presentó la mayor cantidad de amoniaco no ionizado que cualquiera de las demás estaciones. La concentración de amoniaco no ionizado excedió los criterios agudo y crónico para la vida acuática. El efluente también causó toxicidad para pulgas de agua y carpas cabezonas.

La Estación 12.1 fue la segunda de dos estaciones localizadas aguas abajo de Laredo/Nuevo Laredo . La estación se clasificó como Número 1 mientras que la Estación 12, el sitio aguas abajo más cercano a Laredo/Nuevo Laredo, se clasificó como Número 18, lo que refleja un potencial de deterioro. En contraste , la Estación 12 se clasificó Número 1 en la Fase 1, teniendo el mayor potencial para efectos negativos por sustancias tóxicas. Esta variación probablemente se deba a la dinámica de flujo en el Río Bravo/Río Grande. La Estación 12, aguas abajo de las descargas mayores e influjos de los afluentes de Laredo /Nuevo Laredo, parecería ser el lugar más indicado para detectar los efectos de estas descargas e influjos. Sin embargo, es probable que el sitio no sea representativo de la calidad del agua en el área. Probablemente sean necesarias varias millas para que el agua se mezcle completamente.

Es más difícil explicar la presencia de la estaciones 3, 4 y 6.1 en el grupo de alta preocupación. Las Estaciones 3 y 4 se localizan arriba y abajo de Ojinaga/Presidio. El área es principalmente influenciada por la agricultura, industrias y la afluencia del Río Conchos. La Estación 4 es una de dos, estaciones sobre la corriente principal donde

el agua tuvo un efecto tóxico significativo sobre las pulgas de agua (menor número de crías por hembra). Parece ser que la causa son las concentraciones elevadas de cloruros. Los cloruros excedieron los criterios crónicos de vida acuática en las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5, teniendo las estaciones 3, 4 y 5 las concentraciones más elevadas de cloruros. La salinidad es un problema conocido en el Río Bravo/Río Grande y el Río Pecos.

La estación 6.1, localizada en el brazo del Río Bravo/Río Grande de la Presa Internacional de la Amistad también se encontró en el grupo de interés alto. Esto se debió a la presencia de varios metales en sedimento, arsénico en agua y mercurio en peces. Cabe hacer notar que las estaciones de la presa fueron clasificadas junto con las del río, lo cual representa dos sistemas muy diferentes. La Presa Internacional de la Amistad y la Presa Falcón pueden trabajar como un concentrador de contaminantes que fluyen por el Río Bravo/Río Grande. Las presas son depósitos ambientales. La significancia de la contaminación es diferente a la de las estaciones de los ríos. En particular, el sedimento de los lagos tiende a concentrar los contaminantes dejando la columna de agua libre de concentraciones elevadas de contaminantes. Es más probable que los organismos acuáticos entren más en contacto con contaminantes en un río que en una presa.

4.3.2 Sitios de Moderada Preocupación Sobre la Corriente Principal

Los sitios con un potencial moderado para efectos por sustancias tóxicas fueron localizados río abajo del Cañón Santa Elena en el Parque Nacional Big Bend (Estación 5), río abajo de Eagle Pass/Piedras Negras (Estación 10), el brazo del Río Diablo de la Presa Internacional de la Amistad (Estación 6.2), cerca de Reynosa río abajo del Dren Anhele (Estación 16), y en la cabecera de la Presa Internacional Falcón (Estación 12.2).

Las estaciones 6.2 y 16 se clasificaron de preocupación alta para sedimentos. La Estación 10 se clasificó de preocupación alta para tejido de pez.

La Estación 5 en el Cañón Santa Elena fue la segunda estación de la corriente principal donde el agua tuvo un efecto tóxico significativo sobre pulgas de agua (reducción en el número de crías por hembra). Igual que en la Estación 4, se cree que la causa son las concentraciones elevadas de cloruros. Como se mencionó anteriormente, las concentraciones de cloruros excedieron los criterios para la vida acuática en las Estaciones 1, 2, 3, 4 y 5. Las Estaciones 3, 4 y 5 tuvieron la mayor excedencia de concentraciones de cloruros.

Se ha citado anteriormente a *Prymnesium parvum* como la causa de mortandad de peces en el Río Pecos. Los brotes de estas algas tóxicas frecuentemente son asociados a altas concentraciones de salinidad. Las concentraciones de cloruros en la Estación 6a (Río Pecos al oriente de Langtry), fue muestreada debido a la preocupación de la salinidad, excedieron los criterios de toxicidad aguda y crónica que afectan a la vida acuática. De acuerdo a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua de México, las concentraciones de cloruros y sólidos disueltos totales exceden todos los criterios para los usos del agua. Según los CECA, el uso de esta agua estaría restringido para riego de cultivos altamente resistentes a la salinidad y en suelos altamente permeables.

La Estación 12.2, localizada en la cabecera de la Presa Internacional Falcón, pareció ser altamente influenciada por Laredo/Nuevo Laredo. Los contaminantes encontrados en sedimento en la Estación 12.1, aguas abajo de Laredo/Nuevo Laredo, son similares a los encontrados en la cabecera de la Presa Falcón. La Estación 12.3, cerca de la Presa Falcón, se clasificó como Número 19 (ligera preocupación). Las causas probables para clasificarla así, fueron el efluente urbano-

agrícola, descargas de aguas residuales municipales e industriales.

El resto de las estaciones se clasificaron de baja a ligera preocupación. Con la excepción de la Estación 12, estas clasificaciones reflejaron una menor influencia industrial. En este grupo, se encuentran las estaciones localizadas arriba y abajo de Brownsville/Matamoros (17 y 18), en las compuertas de la Presa Internacional Falcón (Estación 12.3), aguas arriba de Cd. Juárez/El Paso (Estación 1), aguas arriba de la PTAR Haskell Street en El Paso (Estación 1.1), aguas abajo de la Presa Anzalduas (Estación 14), aguas abajo de San Benito (Estación 13) y en Reynosa/Hidalgo (Estación 15).

4.3.3 Sitios de Alta Preocupación en los Afluentes

Los sitios de alta preocupación en los afluentes fueron los siguientes cuatro: Arroyo El Coyote cerca de Nuevo Laredo (11c), canal de aguas residuales de Cd. Juárez (12a), el Dren Anheló cerca de Reynosa (15a) y Arroyo Manadas cerca de Laredo (10a). Los tres afluentes mexicanos acarrearán aguas residuales de áreas municipales e industriales, pero no el Arroyo Manadas. El Arroyo Manadas se localiza en un área de Laredo que contiene bodegas que guardan una variedad de materiales peligrosos.

4.3.4 Sitios de Preocupación Moderada Localizados en los Afluentes

Entre los afluentes de preocupación moderada se encuentran el Arroyo Chacón en Laredo, Arroyo El Tornillo en Piedras Negras (Estación 9a), el Dren Montoya (0.5a) y el Arroyo Olmos cerca de Ciudad Río Grande (12d). El Arroyo Chacón (11b) está rodeado de bodegas que guardan compuestos peligrosos. El Arroyo El Tornillo acarrea aguas residuales parcialmente tratadas desde las lagunas de oxidación en Piedras Negras. El Arroyo Los Alamos drena un área residencial rural cerca

de Ciudad Río Grande y tal vez esté influenciado por descargas agrícolas y urbanas. El Dren Montoya se localiza en un área urbana, aguas abajo de un hipódromo y probablemente esté influenciado por descargas agrícolas.

El resto de las estaciones, Arroyo Zacate en Laredo (11a), Arroyo San Felipe en Del Río (7b, 7b.1 y 7b.2), las estaciones en el Río Conchos cerca de la desembocadura y 25 Km. Aguas arriba de la desembocadura (3a y 3a.1), fueron clasificadas dentro del grupo de baja a ligera preocupación.

4.4 RESUMEN DE SUSTANCIAS TOXICAS ENCONTRADAS DURANTE LA FASE 2

4.4.1 CALIDAD DEL AGUA

Las muestras de agua se tomaron de un total de 37 estaciones localizadas sobre el Río Bravo/Río Grande y sus afluentes, las cuales se analizaron para un total de 161 compuestos tóxicos. De los 161 compuestos, 21 se encontraron arriba de los límites de detección. De estos 21, catorce excedieron los niveles críticos, doce de estos se encontraron en los afluentes: arsénico, níquel, zinc, fenoles, bromodichlorometano, cloroformo, dibromodichlorometano, tolueno, xileno;1,4-dichlorobenceno y bis (2-etilexil)ftalato. Cinco de los 14 se encontraron en el Río Bravo/Río Grande, estos fueron: arsénico, cobre, fenoles recuperables, bis (2-etilexil) ftalato y n-nitroso-di-n-propilamina (Tabla 17). Todos los contaminantes, excepto el arsénico se detectaron en menos de cinco muestras y excedieron los niveles críticos un máximo de tres veces. El arsénico se detectó en un total de 33 de las 37 muestras analizadas y en los 33, excedió los niveles críticos.

4.4.1.1 Compuestos Orgánicos

El grupo más grande de compuestos orgánicos se detectó en el área de Laredo/Nuevo Laredo (8 de 10 detectados en el

estudio). Seis de los ocho se detectaron en dos descargas de aguas residuales, la PTAR Laredo Southside (Estación 11b.2), y el Pozo de Visita 115 del sistema recolector de aguas residuales de Nuevo Laredo (11b.3). También, se encontró cloroformo en el Arroyo El Coyote en Nuevo Laredo (11c). El único compuesto orgánico que se identificó en la corriente principal, aguas abajo de Laredo (12.1), fue n-nitroso- di-n-propilamina. Laredo/Nuevo Laredo es un área altamente industrializada, con varias descargas de aguas residuales tratadas, semitratadas y no tratadas, lo cual influye sobre la calidad del agua. Todos estos compuestos artificiales comúnmente usados en procesos de manufactura, fueron encontrados en descargas de aguas residuales, lo que sugiere fuentes industriales de contaminación.

TABLA 17
CONTAMINANTES DETECTADOS EN
AGUA

Cd. Juárez/El Paso a Brownsville/Matamoros

Contaminante	Corriente Principal		Afluentes	
Aluminio	X		X	
Antimonio	X		X	
Arsénico	X	O	X	O
Cadmio	X		X	
Cromo			X	
Cobre	X	O	X	O
Plomo	X			
Níquel			X	O
Selenio	X		X	
Talio	X		X	
Zinc	X		X	O
Fenoles			X	O
Fenoles Recuperables	X	O	X	
1,4-Diclorobenceno			X	O
bis (2-etilhexil) ftalato	X	O	X	O
Bromodichlorometano			X	O
Cloroformo			X	O
Dibromoclorometano			X	O
N-nitrosodi-n-propilamina	X	O		
Tolueno			X	O
Xileno			X	O

X = detectado; O = excede los niveles críticos

Ningún compuesto orgánico encontrado en los afluentes fue detectado en la corriente

principal. Los fenoles y fenoles recuperables se encontraron en el área de Cd. Juárez/El Paso; uno en la Estación 1.1 aguas abajo de la PTAR Haskell Street en El Paso, el otro en el canal de aguas residuales de Cd. Juárez (Estación 2a). Ambos lugares son altamente influenciados por las actividades urbanas e industriales. El otro compuesto orgánico, bis (2-etilhexil) ftalato, se encontró en el área de Ojinaga/Presidio en el ramal principal de la confluencia del Río Conchos, y en el Río Conchos cerca de la desembocadura (Estaciones 3 y 3a). Ambas estaciones se localizan cerca de Ojinaga/Presidio y pueden ser impactadas por las actividades industriales. El bis (2-etilhexil) ftalato, es un compuesto artificial ampliamente utilizado en plásticos, comúnmente encontrado en agua, sedimento y tejido de pez y es muy persistente en el medio ambiente.

4.4.1.2 Plaguicidas

En ninguno de los sitios se detectaron plaguicidas en agua.

4.4.1.3 Metales

El arsénico fue el más común de los metales encontrados en el Río Bravo/Río Grande y sus afluentes. El arsénico es un elemento que se encuentra en la naturaleza, y está asociado a lugares con antecedentes de actividad volcánica; penetra en el medio a través de la erosión del suelo, uso de plaguicidas, efluente de aguas residuales municipales e industriales y emisiones de plantas que trabajan a base de consumo de carbón. La amplia detección del arsénico sugiere una combinación de fuentes naturales y artificiales. El resto de los metales detectados en agua, cobre, níquel y zinc, todos se encontraron en la cuenca de Cd. Juárez/El Paso. Cobre y níquel excedieron los niveles críticos en la Estación 0.5a (Dren Montoya). Cobre y zinc excedieron los niveles críticos en la Estación 1 (Puente Courchesne en el Río Bravo/Río Grande); ambas estaciones se

localizan cerca de la línea divisoria entre Texas y Nuevo México y son influenciadas por retornos agrícolas y actividades urbanas. El cobre es muy común en rocas, suelos y descargas de aguas residuales municipales e industriales. El zinc es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre y tiene numerosas aplicaciones comerciales; también se encontró en cantidades elevadas en las descargas de la PTAR Haskell Street de El Paso.

4.4.2 CARACTERISTICAS DEL SEDIMENTO

Las muestras de sedimento se analizaron para los mismos 161 compuestos químicos en los 33 sitios de muestreo localizados sobre la corriente principal y los afluentes. De los 161 compuestos, fueron detectados 19, de los cuales 11 rebasaron los niveles críticos, todos fueron detectados en los afluentes incluyendo antimonio, arsénico, cadmio, cobre, plomo, níquel, plata zinc, clordano, DDT y DDE. Ocho de los 12 se detectaron en las estaciones de la corriente principal incluyendo arsénico, cadmio, cobre, plomo, níquel, plata y zinc (Tabla 18).

4.4.2.1 Compuestos Orgánicos

Solo un compuesto orgánico (bis(2-etilhexil) ftalato) fue detectado en las estaciones 2 y 2a (Puente de Zaragoza aguas abajo de Cd. Juárez/El Paso y canal de aguas residuales en Cd. Juárez), pero no rebasó los niveles críticos.

4.4.2.2 Plaguicidas

Se detectaron cuatro plaguicidas en sedimento: hexacloruro-alfa-benceno, clordano, DDT y DDE. El clordano se detectó en la estación en el Alto Arroyo San Felipe (7b.1), esta estación se encuentra en un área residencial urbana de Del Río adyacente a un parque municipal. El DDT se detectó en dos afluentes urbanos, los arroyos Manadas y Chacón en Laredo. Ambos arroyos tienen campos de golf en sus cercanías. DDE fue detectado en

sedimentos del Río Conchos cerca de la desembocadura (3a), aguas abajo de Ojinaga /Presidio (4), Arroyo El Coyote en Nuevo Laredo (11c), en la cabecera de la Presa Internacional Falcón (12.2), Arroyo Los Olmos cerca de Ciudad Río Grande (12d) y el Dren Anheló cerca de Reynosa (15a). Estas áreas reciben una mezcla de descargas urbano y agrícolas La USEPA prohibió el uso de DDT en 1972 y clordano en 1983. El DDT y sus productos secundarios, DDE y DDD, junto con el clordano, se les conoce que persisten muchos años en el ambiente.

4.4.2.3 Metales

Los metales fueron los contaminantes más comunmente encontrados en sedimento. Níquel, arsénico, cobre, plomo y zinc fueron los más encontrados y se detectaron en las 33 muestras. Cobre, plomo, níquel y zinc excedieron los niveles críticos en 8 de 16 muestras. Se encontró que el arsénico

TABLA 18
CONTAMINANTES DETECTADOS EN
SEDIMENTO

Cd. Juárez/El Paso a Brownsville/Matamoros

Contaminante	Corriente Principal		Afluentes	
Aluminio	X		X	
Antimonio	X		X	O
Arsénico	X	O	X	O
Cadmio	X	O	X	O
Cromo	X	O	X	
Cobre	X	O	X	O
Plomo	X	O	X	O
Mercurio	X			
Níquel	X	O	X	O
Selenio	X			
Plata	X	O	X	O
Talio	X			
Zinc	X	O	X	O
Alfa BHC (Lindano)	X			
Clordano	X		X	O
DDT	X		X	O
DDE	X		X	O

X= detectado; O= excede los niveles críticos

estaba ligeramente arriba del nivel de detección en dos estaciones. El cromo no

excedió los niveles críticos en sedimento. Se detectó plata en 12 estaciones y excedió los niveles de detección en 10 de ellas. El cadmio fue detectado en las 33 estaciones pero solo excedió los niveles críticos en tres de ellas. Mercurio fue detectado en 23 de las 33 estaciones pero no excedió los niveles críticos. El selenio se detectó en 31 de 33 muestras pero no excedió los niveles críticos. La mayoría de los metales se encuentran en rocas y suelos, así como en numerosos procesos industriales. El arsénico entra en el ambiente por medio de la erosión, plaguicidas y emisiones de plantas que utilizan carbón como fuente de energía. Níquel es el elemento No 24 en abundancia y se encuentra en todos los suelos, es un componente de muchos productos de uso general. El cromo es un elemento natural y puede ser un subproducto de el consumo de combustibles fósiles y de muchos procesos de manufactura. El cobre es común en rocas y suelos, así como en descargas de aguas residuales industriales y municipales. El plomo, que es un componente de varios minerales, tiene también muchos usos industriales. El zinc, que es muy abundante, también tiene varias aplicaciones comerciales.

Todos estos metales pueden entrar en el medio acuático debido a la erosión, descargas de aguas de origen urbano e industrial, emisiones al aire y descargas de aguas residuales. La amplia presencia de estos elementos en las aguas del Río Bravo/Río Grande sugiere una combinación de fuentes naturales y artificiales.

4.4.3 TEJIDO DE PECES

Las muestras de tejido de pez se recolectaron en 24 sitios en la corriente principal y 2 en los afluentes, Arroyo San Felipe y el Río Conchos. Las muestras de tejido de pez se analizaron para los mismos parámetros que las muestras de agua y sedimento. Se detectaron 27 contaminantes en 68 muestras (33 de tejido comestible y

35 de tejido completo). Cuatro de las 68 muestras se analizaron únicamente para metales. De las 27, 13 excedieron los niveles críticos. Once de los 13 contaminantes se encontraron en las estaciones de la corriente principal como: arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, selenio, zinc, clordano, DDE y Aroclor 1260. Seis de los 13 se encontraron en las estaciones de los afluentes: cadmio, cromo, selenio, zinc, cloroformo y benceno (Tabla 19).

4.4.3.1 Compuestos Orgánicos

Seis de los 27 contaminantes fueron compuestos orgánicos y tres de los seis excedieron los niveles críticos: cloroformo, benceno y aroclor 1260. Cloroformo y benceno se encontraron en el Arroyo San Felipe (7b.1) en Del Río. No hay una fuente obvia para estos compuestos, ninguno tiende a bioacumularse en tejido. Cloroformo y benceno se encontraron en muestras de tejido comestible y completo. En esta estación se detectó tolueno pero no excedió los niveles. Aroclor 1260, un PCB, se detectó en una muestra completa de róbalo, en la Estación 18 al sur de Brownsville/Matamoros. El aroclor 1260 excedió los límites para la protección de depredadores del Servicio de Pesca y Fauna de Estados Unidos (USFWS). El aroclor 1240 y 1260 se detectaron una vez en tejido de pez pero no en agua ni en sedimento.

4.4.3.2 Plaguicidas

Se detectaron siete plaguicidas pero solo dos excedieron los límites de detección: clordano y DDE. El clordano se detectó en 6 de las 62 muestras y excedió los niveles críticos en solo una muestra de tejido comestible de carpa tomada aguas abajo del Dren Anhelito cerca de Reynosa (16). El tramo abajo de la Presa Internacional Falcón está altamente influenciado por descargas agrícolas y retornos de irrigación. El DDE excedió los niveles para tejido comestible en dos muestras de carpas tomadas de las estaciones 3 y 4, arriba y abajo de

Ojinaga/Presidio. Este subproducto del DDT puede permanecer en el medio ambiente durante años y se bioacumula en tejido de pez. Cabe hacer notar que aunque el DDE excedió los niveles de detección en solo dos estaciones, fue detectado en 57 de 62 muestras. DDT y DDD se detectaron cuatro y siete veces respectivamente, pero ninguno se excedió los niveles críticos. Otros plaguicidas detectados fueron: alfa endosulfán, diazinón, aldrín y dieldrín, los cuales se detectaron en solo una o dos de las 62 muestras.

4.4.3.3 Metales

De los trece metales detectados, siete excedieron los niveles críticos: arsénico, cadmio, cobre, plomo, mercurio, selenio y zinc. Los más comunes en tejido completo de carpa fueron cobre y zinc. En el área de Cd. Juárez/El Paso los metales más comunes en tejido completo de carpa fueron: cadmio, cobre y zinc. En el área de Ojinaga/Presidio-Parque Nacional Big Bend, cadmio, cobre, selenio y zinc fueron los metales encontrados en muestras de organismos enteros de carpas e *Ictiobus bubalus* (smallmouth buffalo), así como en una muestra de tejido comestible de carpa. El selenio únicamente se encontró en los sitios inmediatamente arriba y abajo de la confluencia del Río Conchos y en el mismo Río Conchos. Arsénico, cadmio, plomo y mercurio se detectaron en dos a cuatro muestras. Arsénico, cromo y mercurio se detectaron entre la Presa Internacional de la Amistad y Laredo/Nuevo Laredo, principalmente en muestras de pez entero (aunque arsénico y mercurio se detectaron también en una muestra de tejido comestible c/u). Otros metales detectados fueron: antimonio, aluminio, níquel, plata y talio. Al revisar los resultados de agua y sedimento, no sorprende que también en tejido de pez se hallan encontrado metales. La amplia detección de metales en esta área indica que hay una combinación de fuentes naturales y artificiales.

4.4.4 TOXICIDAD

4.4.4.1 Agua

De las 37 estaciones en que se tomaron muestras de agua, en 12 casos se detectó toxicidad. Los sitios afectados incluyeron dos estaciones en la corriente principal entre Ojinaga/Presidio y el Parque Nacional Big Bend y diez estaciones en los afluentes. Como efecto de concentraciones elevadas de cloruros y amoníaco no ionizado (descargas de aguas residuales tratadas y no tratadas de El Paso, Cd. Juárez, Nuevo Laredo y Reynosa) que excedieron los

TABLA 19
CONTAMINANTES DETECTADOS EN
TEJIDO DE PEZ

Cd. Juárez/El Paso a Brownsville/Matamoros

Contaminante	Corriente Principal		Afluentes	
Aluminio	X		X	
Antimonio	X		X	
Arsénico	X	O	X	
Cadmio	X	O	X	O
Cromo	X	O	X	
Cobre	X	O	X	O
Plomo	X	O	X	
Mercurio	X	O	X	
Níquel	X			
Selenio	X	O	X	O
Plata	X		X	
Talio	X			
Zinc	X	O	X	O
Cianuros	X			
Fenoles recuperables	X			
Cloroformo			X	O
Benceno			X	O
Tolueno	X			
Clordano	X	O		
Diazinón	X			
Dieldrín	X			
DDT	X		X	
DDE	X	O	X	
DDD	X			
Alfa Endosulfán	X			
Endrín	X			
Aroclor 1248	X			
Aroclor 1260	X	O		

X= detectado; O=excedió los niveles críticos

criterios de vida acuática, se encontró una mortandad del 100% en pulgas de agua y

carpas cabezonas en las estaciones 1a, 2a, 11c y 15a.

Las estaciones 1a, 11c y 15a presentaron niveles de amoníaco no ionizado que excedían los criterios agudo y crónico para la vida acuática. En la Estación 2a, solo se excedió el criterio crónico para la vida acuática. El cloruro excedió el criterio para protección de la vida acuática en las cuatro estaciones. También se detectó arsénico pero no excedió los criterios para la protección a la vida acuática. El níquel y los fenoles excedieron los 85 percentilos en la Estación 2a, por lo tanto es probable que esto contribuyera al efecto tóxico sobre pulgas de agua y carpas cabezonas.

En las estaciones 4, 5, 10a, 11b, 11b.1 y 11b.3 solo se vieron afectadas las pulgas de agua. En las estaciones 4 (abajo de Presidio) y 5 (en el Parque Nacional Big Bend) las pulgas de agua sufrieron una reducción en el número de críos por hembra. Estas fueron las únicas estaciones que mostraron un efecto significativo además de mortandad. Los factores más obvios del efecto significativo fueron la concentración elevada de cloruros y sólidos disueltos totales (SDT). Estos factores son un problema común en el Río Bravo/Río Grande. Los contribuyentes a este problema son el uso y reuso del agua del río para riego, pozos de gas y petróleo, descargas de aguas residuales municipales e industriales y la presencia natural de sales en los suelos circunvecinos.

En las estaciones 10a, 11b, 11b.1 y 11b.3 se reportó un 100% de mortandad de pulgas de agua. Las estaciones 10a y 11b son arroyos urbanos en Laredo (Manadas y Chacón). La Estación 11b.1 (PTAR de Laredo en Arroyo Zacate) y 11b.3 (Pozo de Visita 115 en Nuevo Laredo) son descargas de aguas residuales tratadas y no tratadas respectivamente.

Las causas probables de la toxicidad para las pulgas de agua fueron la concentración elevada de cloruros y STD. Las concentraciones excesivas de cloruros en aguas dulces pueden afectar adversamente a los organismos acuáticos. Los invertebrados de aguas dulces tienden a ser más sensibles a los cloruros que los vertebrados. Se detectaron concentraciones elevadas de arsénico en agua pero no excedieron los criterios de protección a la vida acuática. El amoníaco no ionizado no fue factor en las estaciones 10a, 11b y 11b.1 pero sí en la Estación 11b.3. En otras estaciones se detectó amoníaco no ionizado y cloruros pero estos no ejercieron efectos significativos sobre los organismos a prueba. Las aguas residuales industriales y municipales pueden contener muchísimos compuestos pero solo unos cuantos de ellos son tóxicos para la vida acuática. Muchos parámetros del agua pueden tener efecto sobre la toxicidad: carbono orgánico total (COT), sólidos suspendidos totales (SST), pH y dureza.

El efecto tóxico total depende de las actividades sinérgicas (efecto total > suma de efectos individuales) y antagonísticas (interacción de dos o más sustancias) de los tóxicos presentes. Aunque el amoníaco no ionizado fue alto en la Estación 2 (aguas abajo de la PTAR Haskell Street en El Paso), no se observaron efectos tóxicos en el agua. Las aguas residuales que contienen tóxicos son afectadas por la mezcla continua, características del efluente y por las características de la corriente receptora, que entre todos pueden producir niveles de toxicidad diferentes a los de los compuestos puros. En este caso, el efluente concentrado de la PTAR en El Paso tuvo un efecto más fuerte sobre los organismos de prueba que la mezcla del efluente y el agua del río aguas abajo.

4.4.4.2 Sedimento

En pruebas de elutriado de sedimento, la carpa cabezazona sufrió efectos significativos

en muestras de la estaciones 2, 2a, 9a, 11c y 15a. Todas excepto la 2 fueron descargas de aguas residuales de Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo y Reynosa respectivamente. La Estación 2, aguas abajo de Cd. Juárez en el puente de Zaragoza, fue la única estación de la corriente principal donde se observaron efectos significativos en sedimento. Cobre, plomo, níquel y zinc fueron detectados en altas concentraciones en la Estación 2 que es afectada por las descargas de aguas residuales y descargas de origen urbano y pluviales. Cobre, plata y DDE se encontraron en cantidades elevadas en la Estación 2a. Cualquier metal o combinaciones de metales pudieron haber causado un efecto tóxico. El arsénico y el níquel poseen alta toxicidad aguda y crónica para la vida acuática, mientras que la plata posee una alta toxicidad crónica dependiente del pH. En las estaciones 9a, 11c y 15a, los metales no se encontraron en cantidades elevadas.

4.5 EVALUACION DE METALES Y CONTAMINANTES CONVENCIONALES UTILIZANDO LOS CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA Y EL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE MEXICO

4.5.1 INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

El grado de contaminación del agua es medida en términos del Índice de Calidad del Agua (ICA). El índice (I) es definido como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje del agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un índice cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones.

Para las estaciones localizadas en el Río Bravo o sus afluentes, la determinación de este índice corrobora que el tramo Cd. Juárez - Cañón Santa Elena se tiene un agua poco contaminada al obtener un ICA

promedio de 66.28. A la altura de la estación ubicada en el Rancho Foster el río tiene una recuperación con un índice de 80.24; sin embargo, aguas abajo de Nuevo Laredo (12) el ICA descendió hasta 62.13, producto posiblemente de las descargas de las plantas de tratamiento de Laredo (ICA promedio de 51) y la del Arroyo El Coyote (ICA de 31.34). Después de este punto el Río Bravo recupera parte de su calidad con un índice de 77.61 en el puente Internacional Reynosa, finalizando con un índice de 67.04 aguas abajo de Matamoros. En términos generales, y de acuerdo a los resultados de la aplicación del ICA se puede establecer que la calidad del agua es aceptable para cualquier uso.

4.5.2 Criterios Ecológicos de Calidad del Agua

Para poner en práctica la política ecológica en materia de agua, resulta fundamental definir los criterios ecológicos de calidad del agua. Con este marco de referencia, en el que se precisan los niveles permisibles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua, o sus propiedades como son el color, olor o sabor, pH, entre otros, las autoridades competentes podrán calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable, en actividades recreativas con contacto primario, para riego agrícola, uso pecuario, uso en acuicultura. Dichos parámetros constituyen la calidad mínima requerida para el uso o aprovechamiento del agua en los casos mencionados.

Para establecer los niveles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua, se tomó en consideración que, las condiciones naturales de los cuerpos de agua varían ampliamente en calidad y cantidad. También se tomó en consideración el avanzado deterioro que presentan algunos de estos cuerpos, las condiciones ambientales necesarias para la existencia y desarrollo normal de los organismos en un

ecosistema y los diversos efectos que ocasiona la variación de las características físicas, químicas y biológicas del agua entre especies y aún entre individuos de la misma especie, así como los principales usos del agua.

4.5.2.1 PARAMETROS CONVENCIONALES

4.5.2.1.1 Corriente Principal

En términos generales, las estaciones con el más alto número de parámetros que excedieron los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), se localizaron aguas abajo de Ojinaga/Presidio (Estación 4), y Laredo/Nuevo Laredo (Estación 21.1) con 12 excedencias en cada uno. Estos dos sitios se categorizaron como de alta preocupación para efectos potenciales de sustancias tóxicas.

El estudio de contaminantes convencionales indica que la mayor parte de las estaciones del Río Bravo/Río Grande tienen altos niveles de conductividad, sólidos disueltos totales, fosfatos, aceites y grasas. Estos tendrían que ser eliminados por medio de algún tratamiento si es que esta agua se va a utilizar como fuente de abastecimiento de agua potable. Además, el incremento en las concentraciones de estos parámetros podría hacer que el agua fuese inadecuada para riego agrícola y aún menos adecuada para la protección de la vida acuática.

4.5.2.1.2 Afluentes

Los afluentes se evaluaron utilizando el mismo método aplicado en las estaciones de la corriente principal. Se encontró que los niveles de ciertos parámetros podrían ocasionar que el agua en ciertos afluentes fuese inadecuada para riego agrícola (sólidos disueltos y conductividad); protección de la vida acuática (cloruros, nitrógeno amoniacal, fosfatos y detergentes); y fuente de abastecimiento de agua potable (sólidos disueltos, cloruros, sulfatos, fosfatos, color, grasas y aceites).

4.5.3 METALES EN AGUA

4.5.3.1 Corriente Principal

En términos generales, las concentraciones de metales en el Río Bravo/Río Grande quedaron por debajo de los límites establecidos por CECA. Se concluyó que no existen metales en concentraciones que constituyan una amenaza para la vida acuática u otros usos del agua.

4.5.3.2 Afluentes

Los afluentes que probablemente tengan problemas de calidad, debido a la presencia de metales son: El Arroyo Manadas (Estación 10a) con concentraciones de cromo y manganeso que rebasan los CECA para fuentes de abastecimiento de agua potable. El Río Conchos (Estación 3a), Arroyo El Tomillo (9a), Arroyo Chacón (11b), Arroyo El Coyote (11c) y la descarga municipal de Cd. Juárez (2a), presentaron altas concentraciones de manganeso. La presencia de manganeso no constituye un problema de toxicidad, sino más bien un problema estético.

4.6 PREOCUPACIONES POTENCIALES PARA LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE ACUATICO

4.6.1 SALUD HUMANA

4.6.1.1 AGUA

Los criterios de salud humana están relacionados con los efectos potenciales a largo plazo por el consumo regular de pescado y/o de agua no tratada. Se detectaron cinco sustancias tóxicas que exceden los criterios para la salud humana: arsénico, bromodichlorometano, bis (2 etil hexil) ftalato, dibromoclorometano y N-nitrosodi-n-propilamina. Solo el arsénico y N-nitrosodi-n-propilamina se detectaron en la corriente principal. N-nitrosodi-n-propilamina, encontrado aguas abajo de Laredo, excedió los criterios para el

consumo de pescado y agua (Tabla 20). N-nitrosodi-n-propilamina es una sustancia artificial, que probablemente se originó en una descarga ilegal o en una de las descargas de las PTAR, aunque no se detectó en ninguno de los afluentes de Laredo/Nuevo Laredo. N-nitrosodi-n-propilamina no es persistente en agua, lo que sugiere una descarga reciente.

TABLA 20
CONTAMINANTES ENCONTRADOS EN AGUA QUE EXCEDIERON LOS CRITERIOS PARA SALUD HUMANA DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

Contaminante	Criterio de Salud Humana Excedido (# de Veces)
Arsénico	Agua y Pez (33) Unicamente Pez (33)
Bromodichlorometano	Agua y Pez (1)
Dibromodichlorometano	Agua y Pez (1)
Bis (2etilhexil) ftalato	Agua y Pez (1)
N-nitrosodi-n-propilamina	Agua y Pez (1)

Bis (2 etilhexil) ftalato excedió los criterios de salud humana para agua y pescado en la Estación Río Conchos (3a) justo aguas arriba de la confluencia del Río Bravo/Río Grande. Bromodichlorometano y clorodibromometano fueron detectados en el efluente de la PTAR Southside de Laredo. Ambos compuestos excedieron los criterios de salud humana para agua y pescado.

El arsénico excedió ambos criterios de salud humana en 33 de las 37 estaciones muestreadas. Por naturaleza, se detectan bajos niveles de arsénico en agua, suelo, aire y alimentos. Su presencia en el medio acuático se debe principalmente a su uso como plaguicida y herbicida, así como a las emanaciones por el uso de carbón como combustible para plantas de energía, fundidoras, descarga de agua proveniente de la minería, aguas residuales industriales y

municipales; y erosión. El arsénico no se descompone ni se destruye en el medio, sino que es transformado en compuestos por medio de la acción química natural o por procesos bacteriológicos. Existen muchas formas de arsénico, pero no fue posible determinar cuales estaban presentes en el momento de la recolección de muestras durante la Fase 2. El arsénico es un carcinógeno que persiste en agua y tiende a bioacumularse en tejido de pez.

4.6.1.2 Pez

Se hizo un esfuerzo para incluir en cada sitio una especie depredadora y otra que se alimentase en el fondo. El número de peces incluidos en cada muestra varió entre uno y cuatro. El número de especies objetivos fue limitado y su tamaño varió mucho en algunas localidades. Se tomó la decisión de incluir una menor cantidad de peces de tamaño similar, que una mayor cantidad de peces de tamaño variable. En la corriente principal, el arsénico, mercurio, clordano y DDE excedieron los criterios para tejido comestible (Tabla 21). Estos contaminantes se encontraron en niveles elevados en solo una o dos de las 33 muestras.

TABLA 21
CONTAMINANTES EN AGUA QUE EXCEDIERON LOS CRITERIOS PARA PESCADO COMESTIBLE DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

Contaminante	Criterio de Tejido Comestible Excedido (# de Veces)
Arsénico	Tejido Comestible USEPA (2)
Mercurio	Nivel de Acción USFDA (1)
Clordano	Tejido Comestible USEPA (1)
DDE	Tejido Comestible USEPA (2)

Estas excedencias indican solo el potencial para efectos posibles en salud humana. Los plaguicidas se detectaron en muestras que contenían solo un pez en cada una. Los peces analizados fueron carpa y *Carpoides*

carpio (carp sucker). Mercurio y arsénico también se detectaron en muestras que contenían un solo pez, pero se encontraron en lobina negra.

4.6.2 AMBIENTE ACUATICO

4.6.2.1 Agua

Las únicas sustancias que excedieron los criterios de protección de la vida acuática en el Río Bravo/Río Grande fueron el amoníaco no ionizado y los cloruros. Ambos se encontraron en concentraciones que excedieron los criterios agudo y crónico para la vida acuática y se les asoció con la toxicidad ambiental acuática para pulgas de agua y carpa cabezona, (Tabla 22).

TABLA 22
CONTAMINANTES ENCONTRADOS EN AGUA QUE EXCEDIERON LOS CRITERIOS PARA LA VIDA ACUATICA DURANTE LA FASE 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

Contaminante	Criterio de Vida Acuática Excedido (# de Veces)
Amoníaco no ionizado	Vida Acuática Agudo (4) Vida Acuática Crónico (10)
Cloruros	Vida Acuática Agudo (3) Vida Acuática Crónico (17)

La mayoría de los efectos tóxicos debidos al amoníaco no ionizado y a los cloruros se encontraron en muestras de afluentes que estaban relacionados con aguas residuales. Existen varios factores que influyen sobre la toxicidad del amoníaco no ionizado en la vida acuática: pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, presencia de otros tóxicos, exposición crónica a concentraciones subletales y consistencia de la exposición. El amoníaco, bajo ciertas condiciones, puede ser tóxico para la vida acuática y el impacto puede depender de la

capacidad de la corriente para eliminar amoníaco.

Los efectos tóxicos del agua sobre carpa cabezona pudieron observarse en la descarga de aguas residuales tratadas (PTAR Haskell Street en El Paso), en la cual se detectó la concentración de amoníaco más elevada en todo el estudio, así como en tres afluentes mexicanos (canal de aguas residuales de Cd. Juárez, Arroyo El Coyote y Dren El Anhelito), de los cuales todos tuvieron concentraciones de amoníaco no ionizado que exceden los criterios para la protección a la vida acuática.

Los efectos tóxicos del agua se observaron en las estaciones 4 y 5 de la corriente principal. Estas estaciones que se localizan aguas abajo de Ojinaga/Presidio en el Parque Nacional Big Bend, se vieron afectadas por las concentraciones elevadas de cloruros y sólidos totales disueltos (STD). El lugar donde se detectó la salinidad más elevada fue en el Río Bravo/Río Grande entre Cd. Juárez /El Paso y Ojinaga/Presidio. Bajo condiciones normales el influjo del Río Conchos contribuye suficiente agua dulce para reducir la salinidad aguas abajo de Ojinaga/Presidio. Sin embargo, al momento de recolectar las muestras en agosto y diciembre de 1995, había poco influjo del Río Conchos. Durante la temporada de no-riego, de septiembre a marzo, cuando las descargas de las presas aguas arriba están al mínimo, tienden a incrementarse la salinidad, STD y cloruros. Las principales fuentes de flujo en esa temporada, son el retorno de aguas de riego y las aguas residuales que contienen cloruros y STD elevados.

No se encontraron metales, compuestos orgánicos o plaguicidas que excedieran los criterios agudo o crónico para la protección a la vida acuática. Solamente en una o dos estaciones los parámetros excedieron los 85 percentilos estatales y/o nacionales. Estos

contaminantes generalmente se encontraron en las estaciones dominadas por aguas residuales no tratadas. Por otro lado, el arsénico excedió los 85 percentilos estatales y/o nacionales en 29 de las 33 veces que fue detectado. Aunque es probable que el arsénico sea un contribuyente a la toxicidad del agua en pulgas de agua y carpas cabezonas, no parece ser la causa principal.

4.6.2.2 Sedimento

Muchos de los contaminantes, naturales o artificiales (metales, plaguicidas, compuestos orgánicos e inorgánicos), que se introducen al agua, terminarán acumulados en sedimento. La información sugiere que aún en los casos en que en las aguas superficiales no rebasan los criterios para calidad del agua, los organismos en o sobre el sedimento pueden ser adversamente afectados por los contaminantes en el sedimento. Los criterios de calidad para las aguas superficiales se desarrollaron para proteger a los organismos que viven dentro de la columna de agua, más no se derivaron para proteger a los organismos bentónicos. La biodisponibilidad de contaminantes orgánicos en sedimento, se cree depende de la cantidad de carbono orgánico presente y los metales dependen de la cantidad de sulfuros ácidos volátiles presentes; el incremento de carbono orgánico y de sulfuros ácidos volátiles hacen que se reduzca la biodisponibilidad de los contaminantes.

Los contaminantes más comunmente encontrados en sedimento fueron los metales (Tabla 23). Los más frecuentes fueron arsénico, cromo, cobre, níquel y zinc. El arsénico, cromo y níquel son altamente tóxicos para la vida acuática. Aunque estos metales se detectaron en varias estaciones, los efectos tóxicos del sedimento se vieron únicamente en una estación en la corriente principal (Estación 2) y cuatro estaciones en los afluentes (2a, 9a, 11c y 15a). No se encontraron causas obvias para la toxicidad del sedimento.

TABLA 23
CONTAMINANTES ENCONTRADOS EN SEDIMENTO QUE EXCEDIERON LOS LIMITES DE DETECCION DURANTE LA FASE 2 EL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL RIO BRAVO/RIO GRANDE

Contaminante	Nivel de Detección Excedido en Sedimento (# de Veces)
Antimonio	85vo Percentilo (1)
Arsénico	85vo Percentilo (1)
Cobre	Relación Molar SEM/AVS (12) 85vo Percentilo (1)
Plomo	Relación Molar SEM/AVS (12)
Níquel	Relación Molar SEM/AVS (13) 85vo Percentilo (1)
Plata	85vo Percentilo (10)
Zinc	Relación Molar SEM/AVS (16)
Clordano	Criterios de Calidad de Sedimento (1)
DDE	Criterios de Calidad de Sedimento (8)
DDT	Criterios de Calidad de Sedimento (2)

4.7 DATOS COMPARATIVOS DE LAS FASES 1 Y 2 DEL ESTUDIO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL RIO BRAVO/ RIO GRANDE

Los contaminantes más comunmente encontrados en agua y en sedimento tanto en los afluentes como en la corriente principal fueron los metales. Se encontraron PCBs en tejido de pez durante la Fase 1 en Acuña/Del Río, pero solo en la estación 18 cerca de Brownsville/Matamoros y solo en una muestra de tejido de pez durante la Fase 2. Durante ambos estudios, la mayoría de los compuestos orgánicos se detectaron en los afluentes. DDE, DDT y clordano fueron los únicos plaguicidas que excedieron los criterios de evaluación durante la Fase 2 tanto en la corriente principal como en los afluentes. Durante la Fase 1, DDE, DDT, clordano, dieldrin y lindano fueron los únicos plaguicidas que excedieron los criterios de evaluación.

No sorprenden las diferencias en los tipos y concentraciones de sustancias tóxicas encontradas en la Fase 1 y Fase 2. Las muestras de agua, si no son recolectadas regularmente sobre un periodo de tiempo,

dan solo una idea relativa de la calidad del agua en el momento de recolección. Las muestras de tejido y sedimento son mejores indicadores de las condiciones existentes. Las sustancias tóxicas tienden, con el paso del tiempo, a bioacumularse en tejido y sedimento, mientras que las concentraciones en la corriente de agua son dinámicas y

cambian constantemente. Por lo tanto, los datos obtenidos en tejido de pez y sedimento deben considerarse como los más significativos para comparar las condiciones durante las dos Fases del estudio.

El estudio de la contaminación de los ríos de la zona de estudio se realizó en dos fases. En la primera fase se estudió la contaminación de los ríos de la zona de estudio en el momento de recolección de las muestras de agua y sedimento. En la segunda fase se estudió la contaminación de los ríos de la zona de estudio en el momento de recolección de las muestras de tejido de pez y sedimento. Los resultados de los estudios realizados en la primera fase se presentan en el capítulo III y los resultados de los estudios realizados en la segunda fase se presentan en el capítulo IV. Los resultados de los estudios realizados en la primera fase se presentan en el capítulo III y los resultados de los estudios realizados en la segunda fase se presentan en el capítulo IV. Los resultados de los estudios realizados en la primera fase se presentan en el capítulo III y los resultados de los estudios realizados en la segunda fase se presentan en el capítulo IV.

El estudio de la contaminación de los ríos de la zona de estudio se realizó en dos fases. En la primera fase se estudió la contaminación de los ríos de la zona de estudio en el momento de recolección de las muestras de agua y sedimento. En la segunda fase se estudió la contaminación de los ríos de la zona de estudio en el momento de recolección de las muestras de tejido de pez y sedimento. Los resultados de los estudios realizados en la primera fase se presentan en el capítulo III y los resultados de los estudios realizados en la segunda fase se presentan en el capítulo IV. Los resultados de los estudios realizados en la primera fase se presentan en el capítulo III y los resultados de los estudios realizados en la segunda fase se presentan en el capítulo IV.

5.0 RECOMENDACIONES

Considerando que, los resultados de las Fases I y II del estudio indican un incremento gradual en las concentraciones aguas abajo de contaminantes convencionales y metales, se recomienda una evaluación adicional de la corriente principal del Río Bravo/Grande en la zona entre Cd. Juárez, Chih (estación #1) al Cañón de Santa Elena (estación #5).

Se observaron resultados similares en la corriente principal desde Las Milpas (estación #16) a Matamoros/Brownsville (estación # 18). Así mismo se observaron incrementos en los valores de parámetros fisicoquímicos, especialmente salinidad, en la corriente principal del Río Bravo/Grande, influenciados por las contribuciones de los tributarios y las descargas de algunos drenes. En este sentido pueden mencionarse a los tributarios Manadas (estación 10a), Chacón (estación 11b) y Los Olmos (estación 12d), así como las descargas municipales de Cd. Juárez (estación 2a), el Dren El Anhelito (estación 15a) y en menor medida, el Río Pecos (estación 6a) y la descarga del Pozo de Visita 115 de Riverside III (Estación 11.b.3). Todos estos sitios requieren de estudios adicionales para identificar e implementar acciones apropiadas para mejorar la calidad de sus aguas. Tales estudios deberán enfocarse sobre los factores de tensión que ejercen un mayor efecto sobre la salud humana y las comunidades acuáticas.

5.1 MONITOREO RUTINARIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES A LO LARGO DEL TRAMO INTERNACIONAL DEL RIO BRAVO/RIO GRANDE

Considerando que ambos países cuentan con redes de monitoreo continuo a lo largo de esta corriente internacional, a fin de observar la calidad del agua, las tendencias en calidad, para identificar y clasificar los problemas existentes y emergentes, para

diseñar e instrumentar programas de manejo del recurso y para determinar el cumplimiento de normas y reglamentos en cada país, y tomando en cuenta los buenos resultados obtenidos en los estudios *sinópticos*, realizados en el marco del Acta 289 de la CILA, se propone la creación de un Grupo Binacional de Trabajo para el monitoreo rutinario del Río Bravo/Grande, en el cual participarían por parte de México: la Sección mexicana de la CILA y la Comisión Nacional del Agua (CNA); y por parte de Estados Unidos: la Sección estadounidense de la CILA (USIBWC), la Agencia para la Protección Ambiental de E.U. (USEPA), Región 6, la Oficina de Investigaciones Geológicas de E.U.(USGS) y la Comisión para la Conservación de los Recursos Naturales de Texas (TNRCC).

Se pretende que el primer paso sea la identificación de objetivos comunes a ambos países y de posibles muestreos conjuntos para parámetros específicos en estaciones determinadas, con base en los programas de monitoreo que cada país tiene.

6.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Public Health Association. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed.* APHA, New York.
- Bowman, J.A. 1993. *The Río Grande-A Confluence of Waters, Nations and Cultures.* In: Texas Water Resources, Vol. 19, No. 2, Summer 1993. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas.
- Buzan, D.L. 1990. *Intensive Survey of Río Grande Segment 2304.* Report No. IS 90-03. Texas Natural Resource Conservation Commission, Austin. 83 pp.
- Collier, M., R.H. Webb, and J.C. Schmidt. 1996. *Dams and Rivers-A Primer on the Downstream Effects of Dams.* U.S. Geological Survey Circular 1126, June 1996. Tucson, Arizona.
- Eisler, R. 1985. *Cadmium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review.* Biological Report No. 85(1.2), Contaminant Hazard Reviews Report No. 2. U.S. Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. July 1985.
- Eisler, R. 1986a. *Chromium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review.* Biological Report No. 85(1.6), Contaminant Hazard Reviews Report No. 6. US Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. January 1986.
- Eisler, R. 1986b. *Polychlorinated Biphenyl Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review.* Biological Report No. 85(1.7), Contaminant Hazard Reviews Report No. 7. US Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD, April 1986.
- Eisler, R. 1986c. *Diazinon Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review.* Biological Report No. 85(1.9), Contaminant Hazard Reviews Report No. 9. US Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. August 1986.
- Eisler, R. 1988. *Arsenic Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review.* Biological Report No. 85(1.12), Contaminant Hazard Reviews Report No. 12. US Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. January 1988.
- Eisler, R. 1990. *Chlordane Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review.* Biological Report No. 85(1.21), Contaminant Hazard Reviews Report No. 21. US Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. July 1990.
- Eisler, R. 1991. *Cyanide Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review.* Biological Report No. 85(1.23), Contaminant Hazard Reviews Report No. 23. US Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. December 1991.
- Lewis, W.M., R.C. Heidinger, M.H. Paller, and L.J. Wawronowicz. 1980. *Effects of Municipal Sewage on Fish Communities in Selected Illinois Streams.* In: The Warmwater Streams Symposium, Louis A. Krumholz, editor, American Fisheries Society Southern Division, March 1980.
- Lewis, S.J., M. Kaltofen, and G. Ormsby. 1991. *Border Trouble: Rivers in Peril. A Report on Water Pollution Due to Industrial Development in Northern Mexico.* National Toxic Campaign Fund, Boston, MA. 35 pp.

- U.S. Environmental Protection Agency.
1980c. *Ambient Water Quality Criteria for Arsenic*. Document No. EPA 440/5-80-021, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980d. *Ambient Water Quality Criteria for Beryllium*. Document No. EPA 440/5-80-024, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980e. *Ambient Water Quality Criteria for Chlordane*. Document No. EPA 440/5-80-027, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980f. *Ambient Water Quality Criteria for Chloroform*. Document No. EPA 440/5-80-033, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980g. *Ambient Water Quality Criteria for Chromium*. Document No. EPA 440/5-80-035, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980h. *Ambient Water Quality Criteria for Copper*. Document No. EPA 440/5-80-036, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980i. *Ambient Water Quality Criteria for DDT*. Document No. EPA 440/5-80-038, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980j. *Ambient Water Quality Criteria for Endosulfan*. Document No. EPA 440/5-80-046, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980. *Ambient Water Quality Criteria for Endrin*. Document No. EPA 440/5-80-047, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980. *Ambient Water Quality Criteria for Hexachlorocyclohexane*. Document No. EPA 440/5-80-054, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980k. *Ambient Water Quality Criteria for Lead*. Document No. EPA 440/5-80-057, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980m. *Ambient Water Quality Criteria for Mercury*. Document No. EPA 440/5-80-058, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980n. *Ambient Water Quality Criteria for Polychlorinated Biphenyls*. Document No. EPA 440/5-80-068, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980o. *Ambient Water Quality Criteria for Selenium*. Document No. EPA 440/5-80-070, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980p. *Ambient Water Quality Criteria for Silver*. Document No. EPA 440/5-80-071, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980q. *Ambient Water Quality Criteria for Thallium*. Document No. EPA 440/5-80-074, October 1980. USEPA, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency.
1980r. *Ambient Water Quality Criteria for Zinc*. Document No. EPA 440/5-80-079, October 1980. USEPA, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency.
1983. *Methods for Chemical Analyses of Water and Wastes*. Report No. EPA-600/4-79-020, Revised March 1983. USEPA, Washington, DC.

Quality. USEPA Office of Policy, Planning and Evaluation, Washington D.C. 103 pp.

U.S. Environmental Protection Agency.
1985. *Ambient Water Quality Criteria for Cadmium-1984*. Document No. EPA 440/5-84-032, January 1985. USEPA, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency.
1986a. *Ambient Water Quality Criteria for Nickel-1986*. Document No. EPA 440/5-86-004, October 1980. USEPA, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency.
1986b. *Quality Criteria for Water*. Document No. 440/5-86-001. Office of Water Regulation and Standards. Washington, D.C.

U.S. Environmental Protection Agency.
1988. *Ambient Water Quality Criteria for Chloride*. Document No. EPA 440/5-88-001. USEPA, Duluth, MN.

U.S. Environmental Protection Agency.
1989. *Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Water to Freshwater Organisms, 2nd ed.* Report No. EPA/600/4-89/001, USEPA, Cincinnati, Ohio.

U.S. Environmental Protection Agency and International Boundary and Water Commission. 1994. *Binational Study Regarding the Presence of Toxic Substances in the Rio Grande/Rio Bravo and its Tributaries Along the Boundary Portion Between the United States and Mexico*. El Paso, TX.

U.S. Environmental Protection Agency. 1996. *U.S./Mexico Border Environmental Report-Surface Water*