

203.3

88 MA



CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA
SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE
CEPIS

LIBRARY
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND
SANITATION (IRC)

MANUAL DE EVALUACION Y MANEJO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN AGUAS SUPERFICIALES



ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Programa de Salud Ambiental



203.3 - 88 MA - 5072

MANUAL DE EVALUACION Y MANEJO DE SUSTANCIAS TOXICAS
EN AGUAS SUPERFICIALES

RESUMEN EJECUTIVO

Diciembre de 1988

Ing. Henry J. Salas
Coordinador del Proyecto
CEPIS

Ing. Alberto Flórez Muñoz
Director
CEPIS

LIBRARY OF THE
GENERAL SECRETARIAT OF THE
AMERICAN STATES
Washington, D.C. 20540
Tel. (301) 512-2000

ISBN: 5072
LO: 2033 88 MA

Se agradece la colaboración de:

Ing. José Leómax Dos Santos
Profesional Joven, CEPIS
DAEE, Brasil

Ing. José E. Lobos
Profesional Joven, CEPIS
INCYTH, Argentina

Ing. Enrique Ortíz
Profesional Joven, CEPIS
SEDUE, México

Biól. Paloma Martino
Oficial Profesional Asociado
España

RESUMEN EJECUTIVO

Tabla de Contenido

	<u>Página</u>
1. ANTECEDENTES	i
2. ESTUDIOS DE CASO	ii
3. MANUAL	iii
3.1 Sección 1 - Perspectiva	iii
3.2 Sección 2 - Evaluación y Manejo del Riesgo	iv
3.3 Sección 3 - Evaluación Preliminar Rápida	v
3.4 Sección 4 - Modelos del Destino de Sustancias Tóxicas	vii
3.5 Sección 5 - Orientación para Muestreo, Monitoreo y Análisis de Datos	viii
3.6 Sección 6 - Control de Sustancias Tóxicas	x
3.7 Sección 7 - Desarrollo de Programas Nacionales/Regionales/ Locales	xi
LISTA DE SIGLAS	xiii

1. ANTECEDENTES

El mundo actual depende, sin excepción, de productos químicos, ya sea para aumentar la producción de alimentos, proteger la salud y facilitar la vida diaria. Además, cada vez es mayor el número de estas sustancias que es necesario extraer y concentrar a partir de materiales naturales, o de procesos de síntesis en el laboratorio.

Muchos de esos productos químicos son peligrosos, y es necesario evaluar los riesgos para la salud, directos o indirectos, al utilizarlos, almacenarlos o evacuarlos. Su descarga al medio ambiente, intencional o no, puede causar serias consecuencias. Cuando se generan y manejan grandes cantidades de estos químicos que no existían en la naturaleza se plantean grandes problemas, en especial cuando no se cuenta con procesos físicos y biológicos conocidos que puedan degradarlos hasta convertirlos en formas inocuas.

Obviamente, la existencia de riesgo o de daño a la salud humana obliga a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través de su Programa de Salud Ambiental (HPE), a desarrollar una acción que se traduzca en beneficio a los países de la Región. Para ello se ha dado al Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) la misión de coordinar un Proyecto Regional, en América Latina y el Caribe, para el desarrollo y diseminación de metodologías y técnicas para la evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas superficiales, con especial atención a aquellos que son fuente de abasto público.

Se pretende identificar no sólo los principales problemas potenciales de contaminación por sustancias tóxicas en la Región, sino también a las instituciones con infraestructura adecuada y suficientes recursos humanos para absorber, aplicar y adaptar las tecnologías en esta área y difundirlas mediante la operación de una red cooperante. Esta red recibe orientación y cooperación técnica a través de un agente catalítico, el CEPIS, de: "Manhattan College" de Nueva York, "Vanderbilt University" (ambos de los Estados Unidos) y el "Bureau of Chemical Hazards, Health and Welfare of Canada"; todas ellas instituciones de reconocido prestigio y experiencia en estos problemas. Asimismo, se cuenta con la contribución de expertos en calidad analítica de laboratorio de Japón, aporte de la "Japan International Cooperation Agency (JICA)", y la contribución de especialistas alemanes, colaboración de la "Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ)" de la República Federal de Alemania.

La meta es que el mayor número posible de los países de América Latina cuente con proyectos específicos de manejo de sustancias tóxicas como componentes de programas nacionales de control de la contaminación del agua.

Además, como producto final del esfuerzo cooperativo, se pretende lograr la capacidad autosuficiente de dichos países para evaluar adecuadamente el destino de sustancias tóxicas en aguas superficiales y los riesgos relacionados con ellas; y establecer asignaciones de descargas permisibles de sustancias químicas que protejan la salud pública y reduzcan los impactos ecológicos adversos.

El mecanismo para llegar a la concertación de un programa de trabajo conjunto es un Núcleo Técnico compuesto de expertos en el tema de países técnicamente más desarrollados, y de profesionales pertenecientes a instituciones de la Región con conocimiento no sólo de los problemas y necesidades nacionales, sino también de la capacidad técnica y económica para afrontarlos. Este Núcleo Técnico proporciona el conocimiento (manuales y guías) y la orientación, estableciendo los lineamientos generales del plan de trabajo para el Núcleo Ejecutivo que, a su vez, se responsabiliza principalmente de los estudios de caso.

Este programa se inició oficialmente con la convocatoria, en enero de 1985 en el CEPIS, del Núcleo Técnico compuesto por el Dr. Robert Thomann (modelos del destino de sustancias tóxicas), del Manhattan College, representantes de Argentina, Brasil, Cuba y Perú, así como funcionarios de la OPS-HPE/CEPIS. El propósito de este encuentro fue evaluar y formalizar el programa y los detalles de su ejecución.

Posteriormente se celebraron tres reuniones anuales del Núcleo Técnico:

- La Segunda Reunión en Sao Paulo, Brasil, en marzo de 1986, coauspiciada por la Companhia de Tecnologia de Saneamento (CETESB),
- la Tercera Reunión en el CEPIS, Lima, Perú, en marzo de 1987,
- la Cuarta Reunión en el CEPIS, Lima, Perú, en marzo de 1988.

En 1986 se incorporó al Núcleo Técnico el Dr. Roy Hickman, del Canada Health and Welfare (evaluación de riesgo) y en 1987 el Dr. Wesley Eckenfelder, de la Universidad de Vanderbilt (tratamiento de efluentes industriales). Asimismo en 1986 se incorporaron representantes de Colombia, Chile y México y en 1988 de Ecuador y Venezuela. Los propósitos básicos de estas reuniones fueron revisar y discutir el progreso del Proyecto, los estudios de caso y los borradores de este manual.

2. ESTUDIOS DE CASO

Aparte de la innovación que supone la existencia de un Núcleo Técnico que catalice el conocimiento existente para traducirlo en metodologías y técnicas, tenemos la oportunidad de probar la viabilidad del manual, mediante su

aplicación a estudios de caso de problemas representativos de la Región y, de esta manera, evaluar sus limitaciones y complejidades y asegurar su adaptación al contexto socioeconómico de América Latina y el Caribe. Al completarse estos estudios de caso serán publicados independientemente e incorporados al manual como Secciones adicionales. Los estudios de caso ya en marcha o propuestos son:

- ARGENTINA: La cuenca del Río Negro. Provincias de Neuquén/Río Negro (INCYTH). Contaminación por plaguicidas (iniciado en 1986).
- BRASIL: Río Paraíba do Sul. Estados de Sao Paulo/Río de Janeiro (CETESB/FEEMA). Contaminación por productos industriales y agrícolas (iniciado en 1986).
- COLOMBIA: Río Bogotá y sus tributarios en la vecindad de la ciudad de Bogotá (EAAB/CAR). Criterios de tratamiento. Contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos (iniciado en 1987).
- CUBA: Las fuentes superficiales de abastecimiento de agua de la zona minero-industrial de Moa (MIN. SALUD). Contaminación por cromo, níquel y cobalto (iniciado en 1987).
- ECUADOR: Río Esmeraldas o río Guayas o río Chona (IEOS/EMAP-Q). Contaminación por plaguicidas (propuesto).
- MEXICO: Sistema Lerma-Chapala-Santiago (SARH/SEDUE). Contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos (iniciado en 1987).
- PERU: Río Rímac (CONAPMAS/MIN. SALUD). Contaminación por metales pesados provenientes de la industria minera (propuesto).
- VENEZUELA: Río Tuy (MARNR coauspiciado por el PNUD). Contaminación por productos industriales y agrícolas (propuesto).

3. MANUAL

Como producto final del trabajo de cuatro años se tiene este manual que ha sido preparado con el fin de diseminar la tecnología propuesta. En él, el problema de las sustancias tóxicas en aguas superficiales es tratado en sus diferentes aspectos. Este servirá como texto básico para una serie de cursos sobre el tema, el primero de los cuales se llevó a cabo en marzo de 1988 en el CEPIS.

A continuación se presenta un breve resumen de los aspectos más sobresalientes de las secciones del manual:

3.1 Sección 1 - Perspectiva

Después de una breve introducción, esta sección se inicia con las definiciones de sustancia tóxica, desde varios puntos de vista. De éstas se adopta una definición funcional dentro del marco de la preservación y utilización de cuerpos de agua superficiales que es: "una sustancia química se vuelve tóxica cuando está presente en el medio ambiente acuático (columna

líquida, sedimento u organismos acuáticos) en concentraciones que interfieren con un uso deseable del recurso hídrico por su impacto negativo sobre la salud humana o sobre el ecosistema acuático". Se hace notar que, de acuerdo con esta definición, casi todas las sustancias pueden volverse tóxicas. Entre estas sustancias se destacan los metales pesados, los plaguicidas y gran cantidad de otras sustancias orgánicas de origen industrial.

Se comparan tres listas de contaminantes prioritarios:

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (126 sustancias)
- Organización Mundial de la Salud (88 sustancias)
- Comisión Internacional para la Protección del Río Rin (87 sustancias)

Las diferencias entre éstas se discuten y se puntualiza que cada país debería desarrollar un listado propio de contaminantes prioritarios inherentes a su realidad, basándose en el listado de todos los países. Posteriormente se determinaría la necesidad de adoptar un listado Regional.

Se discuten las razones de los problemas y limitaciones severas de los laboratorios latinoamericanos sobre la confiabilidad de los datos de calidad de agua. La magnitud del problema se hizo evidente en la evaluación de desempeño de 44 laboratorios nacionales de la Región inscritos en los Programas GEMS/AGUA y PRELAB, en el cual 61% de las mediciones de trazas de metales estuvo fuera del límite aceptable de confiabilidad. Este estudio se realizó en 1983.

Basados en una encuesta efectuada por el CEPIS a través de las Representaciones de la OPS en la Región, se citan algunos problemas inherentes a la presencia de sustancias tóxicas en cuerpos de agua superficiales. Esta descripción muy preliminar, cualitativa y limitada a algunos casos notorios, se señala sólo con la intención de mostrar que el problema ya existe.

Asimismo se presenta una sinopsis de las estrategias de control de descargas de desechos. Este tema se trata con mayor detalle en la Sección 7.

3.2 Sección 2 - Evaluación y Manejo del Riesgo

Esta sección presenta el concepto de riesgo y la distinción entre la evaluación y el manejo del riesgo. La información sobre las propiedades tóxicas de una sustancia química se obtiene a través de las siguientes clases de investigación:

1. Investigaciones con animales
2. Investigaciones epidemiológicas controladas
3. Estudios clínicos o reportes de casos de seres humanos expuestos

Se presentan las metodologías disponibles para medir toxicidad.

Se continúa con la presentación del parámetro fundamental de ingestión diaria aceptable (ADI) y los factores de seguridad que se aplican a éste. Se presenta un modelo tipo "multiestados" utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para describir el riesgo en un ciclo de vida (o sea, la probabilidad) de contraer cáncer a una dosis determinada. Este se simplifica y se demuestra una aplicación. Se discute el concepto de "Riesgo Aceptable" y la evaluación de la exposición.

Se continúa con la presentación de los criterios de calidad de agua propuestos por la EPA para un nivel de riesgo de 10^{-6} , esto es, un caso adicional de cáncer en una población de un millón de habitantes, en un ciclo de vida. Las concentraciones de agua mostradas son para las rutas de agua más alimento y alimento sólo de origen acuático.

Asimismo se muestra una tabla de valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud para agua de abastecimiento. También se presenta una tabla con los estándares para alimentos de origen acuático usados en los Estados Unidos de América. Estos estándares han sido usados como base para certificar que se pueden vender pescados y mariscos en los mercados. Asimismo se presentan los criterios de calidad de agua aplicados en Canadá.

Se presenta una discusión acerca de los efectos sobre el ecosistema acuático, en la que se describen investigaciones de bioensayos y el concepto de unidad de toxicidad. Asimismo se presentan los niveles agudos y crónicos recomendados por la EPA de 0,3 unidades (criterio de concentración máxima) y 1,0 unidades (criterio de concentración continua), respectivamente.

Se continúa con una presentación del riesgo dentro de un contexto comparativo, tal como:

1. Comparación de los niveles "de base" naturales,
2. comparación de los riesgos de alternativas,
3. comparación con peligros no relacionados pero bien conocidos,
4. comparación con beneficios.

Se termina esta sección con una discusión del manejo del riesgo, incluyendo una evaluación rápida. Asimismo se enfoca la tendencia reciente y necesaria del manejo integral del riesgo en la cual los contaminantes en diversos medios se evalúan en forma integrada.

3.3 Sección 3 - Evaluación Preliminar Rápida

En esta sección se presentan los componentes básicos de una evaluación preliminar rápida con un mínimo de detalles técnicos, la misma que consiste de lo siguiente:

1. Descargas de sustancias químicas
2. Naturaleza del cuerpo de agua receptor de la sustancia química
3. Criterios/guías/estándares de calidad de agua

Se discute que las sustancias tóxicas se pueden considerar desde el punto de vista de sustancia química individual (por ejemplo, sustancias químicas específicas, tales como plomo, clordano o lindano) o desde el punto de vista de toxicidad total del efluente. Para este último, la unidad de toxicidad del efluente se utiliza entonces como la variable relevante sustituta con propósitos de control. Se presentan ventajas relativas para ambas aproximaciones.

Se continúa con una discusión sobre la evaluación de las escalas de espacio y tiempo. Las escalas espaciales abarcan desde la mínima local que involucra el área de zona de mezcla local hasta la máxima a nivel global de la cuenca. En términos de las escalas temporales de los problemas de sustancias tóxicas, éstas se extienden en un rango muy amplio. Las escalas de tiempo corto que consideran las oscilaciones de hora a hora y día a día son de importancia para los efectos agudos en el ecosistema y para la salud pública a través de concentraciones altas por períodos cortos de tiempo. Las escalas de tiempo mayores de año a año, hasta una década o más, incorporan los efectos crónicos potenciales sobre la salud pública para períodos de ciclo de vida. Se presentan las complejidades resultantes de extender ambas escalas.

Las descargas de sustancias tóxicas se separan en dos grupos mayores: a) fuentes puntuales y b) fuentes dispersas. Se presentan algunas recopilaciones de concentraciones y cargas de fuentes puntuales para varias categorías de industrias y varios aportes municipales. Asimismo, se discuten las fuentes dispersas no urbanas, tales como: construcción, agricultura, selvicultura, manejo de residuos (plantas de tratamiento), modificaciones hidrológicas y minería y los modelos matemáticos disponibles que permiten estimar estas descargas dispersas. Se presenta un ejemplo de aplicación. También se discuten descargas dispersas de áreas urbanas y las causadas por precipitación de contaminantes atmosféricos.

En la práctica, para la mayoría de los problemas la concentración máxima de la sustancia tóxica de una descarga puntual específica será en el punto de descarga. Por lo tanto, una primera evaluación consistirá en aplicar un modelo simple de dilución y comparar el resultado con la guía de calidad de agua. Se discuten aspectos clave en dicha aplicación, tales como la selección de la guía apropiada de calidad de agua, la incorporación de consideraciones agudas y crónicas a través de la inclusión de aspectos de duración de exposición y la frecuencia permitida de excedencia, y la selección del flujo para el cálculo de dilución. Se presentan las sugerencias de la EPA de los Estados Unidos del criterio de concentración máxima (CCM) para niveles agudos (una hora) y criterio de concentración continua (CCC) para niveles crónicos

(cuatro días) que no deben ser excedidos más de una vez cada tres años. Asimismo, se presentan las frecuencias y duración del flujo a ser aplicadas.

Se continúa con una evaluación simplificada para estimar el destino de una sustancia química aguas abajo, la cual será necesaria en dos situaciones: 1) hay un punto de uso crítico aguas abajo, como por ejemplo, una bocatoma de agua, o 2) hay varias descargas de la misma sustancia química o varios aportes de toxicidad a lo largo del río y tiene que estimarse la concentración total o toxicidad total. Se discute la dependencia de esta evaluación con respecto a: 1) las propiedades del río, tales como profundidad, velocidad y dilución aguas abajo debida a mayor volumen por infiltración de aguas subterráneas o aportes de afluentes tributarios, y 2) las propiedades físicas, biológicas y químicas de la sustancia, tales como volatilización, biodegradación o partición con los sólidos, entre otras. Para primeras aproximaciones se estima que los metales pesados, toxicidad y sustancias químicas orgánicas con solubilidad en agua menor que 1 µg/l se pueden considerar como conservativas. Para las sustancias no conservativas se discuten guías preliminares a fin de hacer un estimado de la tasa de pérdida. Asimismo se presentan guías para estimar la fracción de la sustancia química que está en la forma disuelta.

3.4 Sección 4 - Modelos del Destino de Sustancias Tóxicas

Para evaluar el efecto de una sustancia potencialmente tóxica, al usuario del abastecimiento de agua o del ecosistema acuático, es necesario estimar o predecir la concentración de la sustancia química en varios lugares dentro del cuerpo de agua a través del tiempo. Uno de los mecanismos para calcular estas concentraciones es a través del uso de modelos del destino de sustancias químicas en un sistema de agua superficial.

Se hace notar que los modelos de destino de sustancias químicas son similares a otros modelos más clásicos de calidad de agua que se han usado tradicionalmente para contaminantes convencionales tales como: cloruros, demanda bioquímica de oxígeno y efectos sobre oxígeno disuelto. Se revisan los principios de los modelos tradicionales de calidad de agua, pero el énfasis se centra en los mecanismos adicionales que deben ser reconocidos en modelos de sustancias tóxicas. Estos mecanismos adicionales incluyen:

1. Sorción y desorción entre la sustancia química y las partículas (sólidos inorgánicos y orgánicos).
2. Sedimentación, resuspensión, disposición e incorporación de los sedimentos de fondo del cuerpo de agua.
3. Difusión del tóxico al o del agua almacenada en los poros del sedimento.
4. Intercambio entre la sustancia química en la atmósfera y en el agua.

5. Pérdida de la sustancia química debido a:
 - a. Biodegradación microbiana
 - b. Fotólisis
 - c. Hidrólisis
6. Bioconcentración por los organismos acuáticos.
7. Transferencia de la sustancia química en la cadena alimenticia hacia organismos acuáticos de nivel trófico superior (por ejemplo, peces empleados en la alimentación humana).

Se presenta en detalle el parámetro "coeficiente de partición" y su papel importante para definir en qué medio (líquido o sólido) se concentran las sustancias químicas. Asimismo, se discute su medición y valores tomados de la literatura científica.

Se introduce el coeficiente de partición octanol/agua para sustancias químicas orgánicas y que la sorción de estas sustancias es una función de la fracción del peso del carbono orgánico de las partículas.

Los modelos del destino de sustancias químicas son de estado permanente y se inician con el caso de un lago completamente mezclado, seguido por los casos de un río y un estuario. Después de presentar el desarrollo detallado de estos modelos, se discuten simplificaciones de las interacciones complejas de éstas por medio de cálculos de la tasa de pérdida total de la sustancia química.

Se continúa con el desarrollo de modelos de acumulación en la cadena acuática alimenticia. Se finaliza la sección con problemas ejemplo.

3.5 Sección 5 - Orientación para Muestreo, Monitoreo y Análisis de Datos

El propósito de esta sección es suministrar guías y orientación general para el muestreo y monitoreo de sustancias tóxicas en aguas superficiales. Se presentan diversas consideraciones esenciales que gobiernan la extensión y magnitud del esfuerzo del muestreo y del monitoreo que incluyen: a) la naturaleza del contexto del problema, b) los recursos financieros disponibles, y c) la capacitación técnica de los recursos humanos disponibles.

Se discuten los principales componentes de un plan de muestreo, así como también las formas de las sustancias químicas y las consideraciones de naturaleza especial y temporal. El punto central se basa en el desarrollo del muestreo y monitoreo como apoyo a programas de manejo de sustancias tóxicas. Por tal motivo, el texto no presenta los detalles de los análisis de sustancias tóxicas en laboratorios, ni los procedimientos de laboratorio recomendables.

Se define la información necesaria sobre las propiedades básicas de las sustancias químicas y se citan algunas fuentes de información. Se describen en detalle las varias escalas de espacio y tiempo y se concluye como guía general que, durante las investigaciones de campo, deben conducirse a escala de espacio intensiva y en forma semanal o bisemanal, varias veces al año. Las investigaciones estacionales deben realizarse durante períodos de bajos flujos y durante períodos de erosión potencial de sedimentos si hay partición de la sustancia química a los sólidos suspendidos.

Se puntualiza que es preferible este esquema de monitoreo, en el cual se realizan varios muestreos intensivos durante el año, a un programa de monitoreo más disperso a lo largo del año y con pocas estaciones de monitoreo. Para llenar los intervalos entre los muestreos intensivos sucesivos se pueden mantener varias estaciones clave de monitoreo - estaciones de control con muestras semanales durante el año.

Asimismo se hace notar que la colocación de biomonitores en el campo, tales como peces o mariscos, permite obtener una muestra integrada por un período más largo (por ejemplo, semanas) con un esfuerzo considerablemente menor que el que se haría para efectuar una muestra compuesta a partir de muestras individuales tomadas en el mismo lapso.

Se continúa con una descripción de muestreos de las descargas puntuales y dispersas. Asimismo, se discute la relación entre concentración y flujo, que depende de tres factores: 1) el tipo de descarga (fuente puntual vs fuente dispersa), 2) el grado de adsorción de la sustancia química a los sedimentos y 3) la presencia en cuerpos de agua de estructuras de control, tales como presas.

Se presentan metodologías para medir flujo, velocidad y dispersión, utilizando trazadores. Asimismo se discuten los parámetros que deben ser medidos en la columna de agua y sedimentos.

Se citan ciertas situaciones en las que la elaboración de un inventario completo de las sustancias químicas presentes y sus concentraciones individuales pueden resultar difíciles o imposibles de realizar, o cuando hay una interacción toxicológica entre estas sustancias. En estos casos puede ser útil la determinación de la toxicidad total de las descargas al cuerpo de agua y también la del cuerpo de agua mismo. Se describen los procedimientos experimentales para medir toxicidad aguda y crónica y la unidad de toxicidad. Se cita un procedimiento desarrollado por la EPA de los Estados Unidos que permite la selección de los tipos de estudios de toxicidad recomendables, los que se basan en una comparación entre el caudal de las aguas receptoras y el caudal de descarga.

Se continúa con una breve descripción del muestreo de sustancias químicas en organismos acuáticos. Asimismo se discuten los experimentos de

laboratorio para medir: a) partición de sólidos, b) degradación, c) toxicidad, d) factor de bioconcentración para peces residentes, e) constante de Henry, y f) coeficiente de partición octanol-agua. Se citan las referencias específicas para éstos y otros parámetros, tales como hidrólisis y fotólisis.

Se termina la sección con sugerencias sobre el análisis estadístico y presentaciones de los datos, incluyendo datos del tipo "por debajo del límite de detección".

3.6 Sección 6 - Control de Sustancias Tóxicas

Tradicionalmente, los procesos de tratamiento de aguas servidas fueron diseñados para eliminar el problema ocasionado por contaminantes convencionales. Sin embargo, la presencia de nuevos contaminantes, como metales pesados, tóxicos orgánicos y plaguicidas, ha determinado que se deban desarrollar nuevas alternativas tecnológicas para solucionar estos problemas.

El control de sustancias tóxicas ha sido dividido de acuerdo a las características de las descargas en: fuentes puntuales y fuentes dispersas.

Se desarrolla un procedimiento para la evaluación de tecnologías aplicable a la reducción de toxicidad de fuentes puntuales, el cual considera aguas servidas que contienen mezclas de sustancias orgánicas e inorgánicas. Con este procedimiento se determina a cuál de los siguientes tipos pertenecen los desechos: a) no biodegradables y tóxicos, b) biodegradables pero con umbral de toxicidad, o c) sin toxicidad aparente. Todas las evaluaciones de toxicidad se efectúan mediante la técnica del LC50 (concentración letal que mata 50% de los organismos).

Para los dos primeros tipos, y de acuerdo a las características de los mismos, se proponen las siguientes tecnologías de tratamiento:

- Sustancias químicas orgánicas: oxidación química y por aire húmedo, adsorción con carbón
- Sustancias orgánicas volátiles-amonio: remoción por aire o vapor.
- Metales pesados: oxidación-reducción, precipitación, filtración.

También, aunque todavía no se encuentra muy desarrollado, se propone el empleo de resinas macroreticulares para el tratamiento de compuestos orgánicos específicos.

La tecnología de remoción de metales pesados es tratada en forma extensa para cada uno. Se muestran también las concentraciones de metales que

se obtienen en el efluente, conforme a cada tipo de tratamiento. Se demuestra que la reducción de la concentración del metal en el efluente tiene un efecto de mejora significativa en el LC50, brindándose información al respecto.

La mayoría de los compuestos tóxicos orgánicos es removida por medio de tratamientos biológicos. Esta remoción, sin embargo, puede ocurrir por uno o más mecanismos denominados: sorción, arrastre con aire ("stripping") o biodegradación. Estos procesos se presentan en detalle y se dan tablas y gráficos con la eficiencia de cada uno frente a distintos compuestos orgánicos.

La adsorción de compuestos orgánicos por medio de columnas con carbón activado granular o carbón activado en polvo, integrado al proceso de lodos activados, constituye un método efectivo de tratamiento. El empleo de esta tecnología requiere tener en cuenta numerosos factores que incluyen: las propiedades fisicoquímicas del compuesto a adsorber, las características del carbón a emplear y el diseño de los diferentes sistemas de tratamiento en sí, considerando el adsorbente, el adsorbato y la eficiencia deseada.

En esta sección se presentan numerosas tablas y gráficos con datos de eficiencias, características fisicoquímicas, velocidades de reacción y disminución de toxicidad. Se incluyen además esquemas de plantas de carbón activado, particulado y granular.

Para el caso de algunos compuestos orgánicos resistentes a otros tratamientos es necesario el empleo de la oxidación química. Los oxidantes más comunes incluyen: el ozono, el permanganato de potasio y el peróxido de hidrógeno.

Se establecen tres niveles de oxidación, dependiendo del grado de ruptura de las cadenas hidrocarbonadas:

- degradación primaria, mejora de la biodegradabilidad
- degradación aceptable, hay reducción de la toxicidad
- degradación última, ruptura total de las cadenas de carbono

A efecto de ilustrar el tema, se presentan gráficos y figuras.

Con referencia al control de fuentes dispersas de origen agrícola y urbano, se hace una evaluación de los factores que intervienen y un resumen de las medidas de control a aplicarse.

3.7 Sección 7 - Desarrollo de Programas Nacionales/Regionales/Locales

El propósito de esta sección es presentar los principales aspectos que serán considerados para el desarrollo de programas de control de contaminación de aguas superficiales por sustancias tóxicas en América Latina. Considerando los distintos niveles de desarrollo tecnológico e institucional de los países

de la Región y también las diferentes estructuras político-administrativas existentes, no se pretende sugerir conceptos que pueden ser indistintamente aplicados en los diversos países. En realidad, el énfasis de esta sección se da a la evaluación de las diferentes formas de cómo el problema ha sido tratado en los diversos países y también a la sugerencia de distintos criterios que podrían ser utilizados para el desarrollo de los planes nacionales, regionales y locales en los países.

Se presenta una revisión de las estructuras organizacionales y legales existentes en los siguientes países: Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México y Perú. Sobre la base del análisis de la situación institucional existente y teniendo como objetivo la implantación de programas de evaluación y control, se proponen esquemas de estructuras operacionales a nivel nacional y Regional. Se hace un análisis de las infraestructuras propuestas, con sus ventajas e inconvenientes, a fin de facilitar la toma de una decisión propia para la situación de cada país.

En los siguientes elementos se trata el planeamiento y aplicación de un programa de control de sustancias tóxicas y procedimientos para el establecimiento de estándares.

Se continúa con estrategias alternativas de control para descargas de desechos. Se cita que la descarga no controlada de desechos generados por las actividades industriales a los cuerpos naturales de agua, combinada con la escorrentía de áreas agrícolas con utilización de plaguicidas, está incrementando las concentraciones químicas en estos cuerpos de agua a niveles que son, tal vez, dañinos para el ambiente acuático y para la salud humana, y estas consecuencias potenciales no están recibiendo la suficiente prioridad. La industrialización a cualquier costo no es una alternativa válida y no sería posible sostener un crecimiento a largo plazo, un desarrollo y un mejoramiento en el nivel de vida, si los cuerpos de agua están contaminados al grado de no poder ser usados.

Inherente y previa a la imposición de estrategias específicas de control es la inclusión de programas de minimización de desechos industriales, y las prácticas más recomendables para manejo de agricultura, aunque la especificación detallada de éstas está fuera del marco de este manual.

Se continúa con una descripción detallada, incluyendo ventajas y desventajas de las siguientes estrategias de control: 1) asignación de descargas permisibles basadas en el concepto de capacidad asimilativa, 2) estrategias de control de efluentes mínimos basados en tecnología, y 3) concepto de cuotas de resarcimiento por contaminación.

Se termina la sección con una descripción de monitoreo de cumplimiento y participación de la comunidad.

Lista de Siglas

INCYTH	Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico
FEEMA	Companhia Estadual de Meio Ambiente
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
CAR	Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suárez
IEOS	Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias
EMAP-Q	Empresa de Agua Potable de Quito
SARH	Secretaría de Recursos Hidráulicos
SEDUE	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
CONAPMAS	Comité Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud
MARNR	Ministerio de Recursos Naturales Renovables
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
GEMS	Global Environmental Monitoring System (Sistema Mundial de Monitoreo Ambiental)
PRELAB	Programa Regional de Laboratorios
EPA	Environmental Protection Agency