



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

**LAGOS MEXICANOS, SUS EMERGENCIAS
HIDROECOLÓGICAS Y CONTINGENCIAS
AMBIENTALES.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

PRESENTA

GRACIELA MARTÍNEZ SERRATOS

DIRECTORA DE TESIS: DRA. GUADALUPE DE LA LANZA ESPINO

MÉXICO, DISTRITO FEDERAL

FEBRERO, 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

**LAGOS MEXICANOS, SUS EMERGENCIAS
HIDROECOLÓGICAS Y CONTINGENCIAS
AMBIENTALES.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

PRESENTA

GRACIELA MARTÍNEZ SERRATOS

DIRECTORA DE TESIS: DRA. GUADALUPE DE LA LANZA ESPINO

MÉXICO, DISTRITO FEDERAL

FEBRERO, 2010

LAGOS MEXICANOS, SUS EMERGENCIAS HIDROECOLÓGICAS Y CONTINGENCIAS AMBIENTALES.

INTRODUCCIÓN

Aspectos geofísicos.

Aspectos antropogénicos.

Aspectos ecológicos y biológicos.

OBJETIVO

METODOLOGÍA

1.- Manual de lagos

2.- Manual de brotes de botulismo

3.- Manual de Atención de Emergencias Hidroecológicas y contingencias Ambientales por Muerte Masiva de Peces

4.- Guía para la Identificación de Peces Continentales en México relacionados con Emergencias Hidroecológicas y Contingencias Ambientales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencias hidroecológicas (EH) y contingencias ambientales (CA) en al ámbito nacional.

Registros de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en los lagos mexicanos estudiados.

LAGOS MEXICANOS, SUS EMERGENCIAS HIDROECOLÓGICAS Y CONTINGENCIAS AMBIENTALES.

RESUMEN

Como consecuencia del desarrollo de las poblaciones humanas y actividades antropogénicas los sistemas acuáticos como ríos, lagos y embalses se han visto afectados, es por ello la necesidad de un manejo integral para la conservación y uso racional del recurso agua, mediante la implementación de manuales y guías en donde se establezcan los lineamientos, procedimientos técnicos y canales de comunicación para la planeación estratégica y atención de las emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en el territorio nacional.

Los manuales y la guía aquí propuestos, son una contribución en el nivel nacional y pioneros en el desarrollo e implementación de actividades encaminadas hacia la comprensión de los sistemas acuáticos, principalmente afectados por actividades antropogénicas. Incluyen descripciones generales de los sistemas acuáticos, de los organismos y su clasificación, así como las acciones de preparación, atención, trabajo en campo, técnicas de análisis de calidad del agua en campo, técnicas de análisis para determinar el diagnóstico de las mortandades, interpretación de las causas de origen y acciones posteriores de interpretación de eventos e incluso propuesta de sanciones legales.

Todas estas actividades están encaminadas hacia el planteamiento de acciones llevadas a cabo por los diferentes actores, en la atención de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales para que se de un diagnóstico adecuado y se establezcan las actividades a realizar siguiendo una línea de acción efectiva, que a corto plazo conlleve a un control, prevención y resolución de las emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales, a fin de proteger los recursos naturales y su entorno, contra las situaciones de riesgo o desastre y protección de la salud humana.

El presente documento esta constituido por una integración de los siguientes manuales y guía:

Manual de lagos

Manual de brotes de botulismo

Manual de Atención de Emergencias Hidroecológicas y contingencias Ambientales por Muerte Masiva de Peces

Guía para la Identificación de Peces Continentales en México relacionados con Emergencias Hidroecológicas y Contingencias Ambientales, mismos que se anexan.

INTRODUCCIÓN

Aspectos geofísicos.

La gran variedad de cuerpos de agua, su flora y fauna ricas en especies nativas (endémicas) se ven beneficiadas por la ubicación y la accidentada topografía de nuestro país, de ahí la importancia de los sistemas acuáticos que son fundamentales desde el punto de vista ecológico y debido a ello se crea la necesidad del manejo integral de estos ecosistemas para la supervivencia de sus especies (CONABIO, 1998).

La actividad antrópica es una gran amenaza para los sistemas acuáticos ocasionando el deterioro de su calidad y provocando la reducción del volumen de aguas superficiales y subterráneas interiores disponibles, demostrando así que estos recursos no son inagotables. Es bien sabido, que el bienestar social y económico de un país depende, en gran medida, de la capacidad que tienen los ecosistemas acuáticos de ofrecer sus servicios ambientales; por ello es necesario que su uso sea racional y sustentable (CONABIO, 1998).

México tiene una superficie territorial de 1,964,375 km², de los cuales 1,959,248 km² son continentales y 5,127 km² costeros, además de la Zona Económica Exclusiva de mar territorial, que comprende 3,149,920 km², en suma la superficie total del país es de 5,114,295 km² (Orvañanos, 1889 y CONABIO, 1998).

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2008), se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas en el país, las cuales, se han agrupado y/o subdividido en 728 cuencas hidrológicas. Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas, y estas a su vez están agrupadas en las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (Figuras 1 y 2).



Figura 1.- División del país en 37 regiones hidrológicas.
FUENTE: CONAGUA. 2008.



Figura 2.- División del país en 13 regiones hidrológicas-administrativas
FUENTE: CONAGUA. 2008. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir del Reglamento Interior de la Conagua y con base en el Acuerdo de Circunscripción Territorial de los Organismos de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua publicado en el DOF el 12 de diciembre de 2007.

Los sistemas lóuticos del país constituyen una red hidrográfica de 633 mil kilómetros, en la que destacan 50 ríos principales por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial del país y cuyas cuencas cubren el 65% de la superficie de la extensión territorial continental que corresponde a 8,318 kilómetros (CONAGUA, 2008) (Figura 3).



Figura 3.- Principales corrientes superficiales en el territorio nacional.
 FUENTE: CONAGUA. 2008 Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de la Subdirección General Técnica.

Dentro de estos 50 ríos principales, destacan por su volumen de escurrimiento los ríos: Balsas, Santiago, Verde, Ometepec, Fuerte, Papagayo y San Pedro mientras que por su área de cuenca destacan: Balsas, Santiago, Yaqui, Fuerte, Sonora, San Pedro y Concepción. En cuanto a su longitud destacan los ríos: Culiacán Balsas, Santiago y Fuerte (Tabla 1).

Dos terceras partes del escurrimiento superficial pertenece a los ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Pánuco y Tonalá que vierten hacia el Golfo de México y cuya superficie de cuenca representa el 22% del total del país (CONAGUA, 2008).

Por lo que respecta a la vertiente interior, el río Lerma, según la CONAGUA (2008), tiene un escurrimiento natural medio superficial de 4,742 millones de metros cúbicos/año mientras que el río Nazas-Aguanaval, presenta 1,912 millones de metros cúbico/año a pesar de que su área de cuenca es mayor con 89,239 km² y muestra una longitud de 1,081 km comparado con el río Lerma cuya área de cuenca es de 47,116 km² con una longitud de 708 km.

Tabla 1.- Características de los principales ríos, jerarquizados por escurrimiento natural medio superficial.

No	Río	Región hidrológica administrativa	Escurrecimiento natural medio superficial ^a (millones de metros cúbicos/año)	Área de la cuenca (km ²)	Longitud del río (km)
1	Balsas	VI Balsas	16,587	117,406	770
2	Santiago	VIII Lerma Santiago Pacífico	7,849	76,416	562
3	Verde	V Pacífico Sur	5,937	18,812	342
4	Ometepec	V Pacífico Sur	5,779	6,922	115
5	Fuerte	III Pacífico Norte	5,176	33,590	540
6	Papagayo	V Pacífico Sur	4,273	7,410	140
7	San Pedro	III Pacífico Norte	3,417	26,480	255
8	Yaqui	II Noroeste	3,163	72,540	410
9	Culiacán	III Pacífico Norte	3,161	15,731	875
10	Suchiate ^b	XI Frontera Sur	2,737	203	75
11	Ameca	VIII Lerma Santiago Pacífico	2,236	15,214	205
12	Sinaloa	III Pacífico Norte	2,126	12,260	400
13	Armería	VIII Lerma Santiago Pacífico	2,015	9,795	240
14	Coahuayana	VIII Lerma Santiago Pacífico	1,867	7,114	203
15	Colorado ^b	I Península de Baja California	1,863	3,840	160
16	Baluarte	III Pacífico Norte	1,838	5,094	142
17	San Lorenzo	III Pacífico Norte	1,680	8,919	315
18	Acaponeta	III Pacífico Norte	1,438	5,092	233
19	Piaxtla	III Pacífico Norte	1,415	11,473	220
20	Presido	III Pacífico Norte	1,250	6,479	
21	Mayo	II Noroeste	1,232	15,113	386
22	Tehuantepec	V Pacífico Sur	950	10,090	240
23	Coatán ^b	XI Frontera Sur	751	605	75
24	Tomatlán	VIII Lerma Santiago Pacífico	668	2,119	
25	Marabasco	VIII Lerma Santiago Pacífico	648	2,526	
26	San Nicolás	VIII Lerma Santiago Pacífico	543	2,330	
27	Elota	III Pacífico Norte	506	2,324	
28	Sonora	II Noroeste	408	27,740	421
29	Concepción	II Noroeste	123	25,808	335
30	Matapé	II Noroeste	90	6,606	205
31	Tijuana	I Península de Baja California	78	3,203	143
32	Sonoyta	II Noroeste	16	7,653	311

^a representan el valor medio anual de su registro histórico incluyendo los escurrimientos de las cuencas transtronteras, ^b incluye importaciones de otros países. El área de la cuenca y longitud se refieren sólo a la parte mexicana.

FUENTE: CONAGUA. 2008. Subdirección General Técnica

Debido al régimen climático del país, en casi todos los ríos existe una diferencia notable entre el volumen de agua que llevan en la época de secas y la de lluvias. Esta variación se acentúa por las obras de retención de agua y su uso para irrigación, de tal manera que muchos de los ríos que originalmente eran permanentes ahora se vuelven intermitentes, por lo menos en algunos tramos de su recorrido. En amplias zonas, la deforestación y la erosión del suelo producen un aumento en el escurrimiento superficial y la disminución de la infiltración del agua de lluvia (CONABIO, 1998).

En cuanto a los ambientes de carácter léntico (lagos, lagunas y presas), se estima que en el país existen cerca de 70 lagos, cuyas extensiones varían entre mil y diez mil hectáreas, las cuales cubren en conjunto un área de más de 370 000 hectáreas. (De La Lanza *et al.*, 1995), dentro de los cuales el Lago de Chapala en Jalisco es el más extenso, seguido por Cuitzeo y Pátzcuaro en Michoacán y Catemaco en Veracruz cuyas áreas de cuenca van desde 1,116 km² hasta 75 km² (Tabla 2).

Tabla 2.- Área y volumen de almacenamiento de los lagos principales de México, según Región Hidrológico-Administrativa y entidad federativa en 2007

No.	Lago	Área de la cuenca propia (km2)	Capacidad de Almacenamiento (m.ll.m3)	Región Hidrológica Administrativa	Entidades (s) Federativa (s)
1	Chapala	1,116	8,126	VIII Lerma Santiago Pacífico	Jalisco y Michoacán de Ocampo
2	Cuitzeo	306	920 ^a	VIII Lerma Santiago Pacífico	Michoacán de Ocampo
3	Pátzcuaro	97	550 ^a	VIII Lerma Santiago Pacífico	Michoacán de Ocampo
4	Yuriria	80	188	VIII Lerma Santiago Pacífico	Guanajuato
5	Catemaco	75	454	X Golfo Centro	Veracruz de Ignacio de la Llave
6	Tequesquitengo	8	160 ^a	IV Balsas	Morelos
7	Nabor Carillo	10	12 ^a	XIII Aguas del Valle de México	México

^a volumen medio almacenado.

FUENTE: CONAGUA. 2008. Subdirección General Técnica

Existen alrededor de cuatro mil presas en México, de las cuales 667 están clasificadas como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés; CONAGUA, 2008). Dentro de las presas con mayor capacidad de almacenamiento y que representan casi el 70% de la capacidad total de almacenamiento del país existen 52 presas que se consideran las más importantes

por su capacidad de almacenamiento destacando entre ellas: Angostura, Amistad, Falcón, Cuchillo, en el norte, Aguamilpa. El Cajón, Zimapán, en el centro, Chicoasén, Mal Paso, Peñitas, hacia el sur (Figura 4).

La capacidad de almacenamiento de las presas del país es de 150 mil millones de m³ mientras que su volumen promedio de almacenamiento, en el periodo de 1990 a 2007, es de aproximadamente 64 mil Mm³ (Figura 5), lo que representa apenas un 43% de la capacidad de almacenamiento a nivel nacional. Este volumen depende de la precipitación y los escurrimientos en las distintas regiones del país. Por ejemplo, en el año 2002 se presentó un descenso en los volúmenes de almacenamiento de las presas que puede estar asociado a los fenómenos climatológicos que ocasionaron sequias extremas

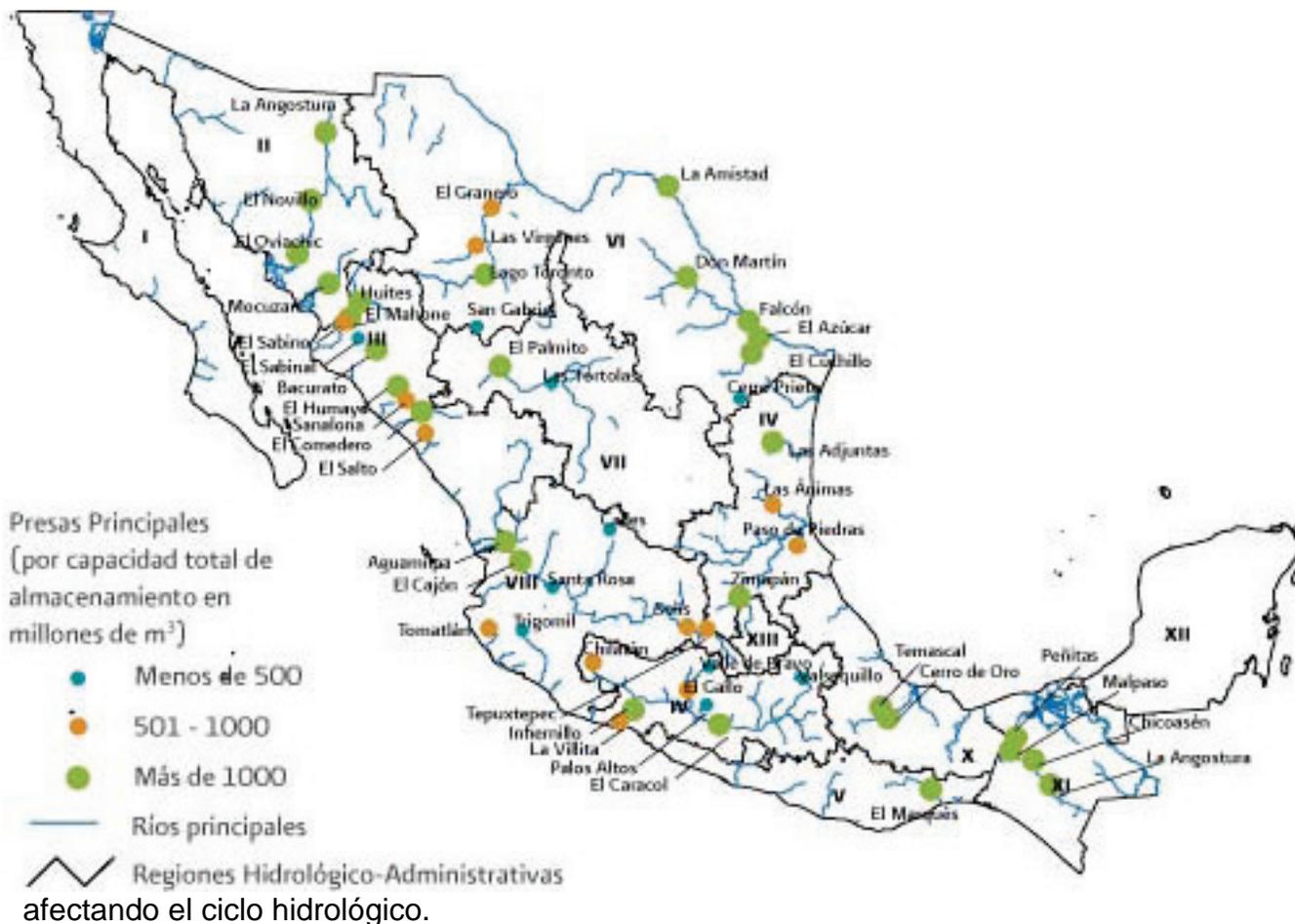


Figura 4.- Principales presas en México por su capacidad de almacenamiento en 2007.
FUENTE: CONAGUA. 2008. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de la Subdirección General Técnica.

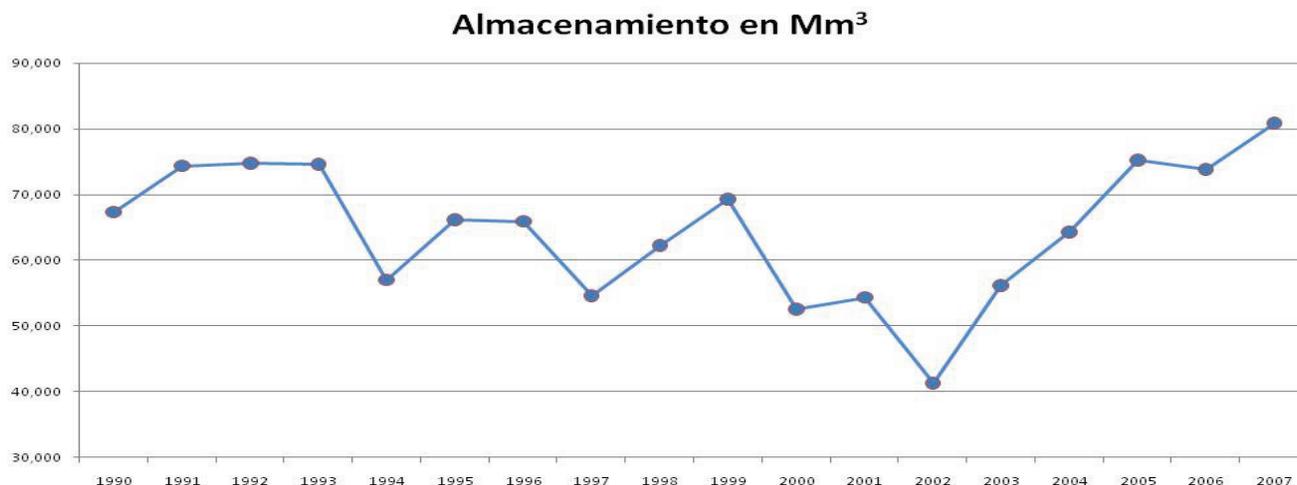


Figura 5.- Volúmenes totales anuales de almacenamiento de las presas del país, en el periodo de 1990 a 2007. El volumen almacenado se considera al 1° de octubre de cada año.

FUENTE: CONAGUA. 2008. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de la Subdirección General Técnica.

El Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la CONAGUA, tiene clasificados los usos del agua en dos rubros, que se han agrupado en cinco grandes grupos;

Consumitivos (volumen de agua nacional consumida en una actividad específica y que transforma sus características originales de calidad al ser descargada o vertida a un cuerpo de agua de propiedad nacional) (Ley de Aguas Nacionales, 2007)

- agrícola (principalmente utilizada para el riego de cultivos)
- abastecimiento público (incluye la totalidad del agua entregada a través de las redes de agua potable, que abastecen a los usuarios domésticos, así como a las diversas industrias y servicios conectados a las redes)
- industria autoabastecida (incluye la industria que toma su agua directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país, los principales giros industriales son la industria química y la producción de azúcar, petróleo, celulosa y papel)
- termoeléctricas (utilizada en centrales de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbogás y de combustión interna)

La figura 6 muestra que el uso para el riego agrícola, tiene el mayor volumen concesionado y que representa un 77% del total de los usos consuntivos, esto es debido a que México es uno de los países con mayor infraestructura de riego en el mundo (CONAGUA, 2008).

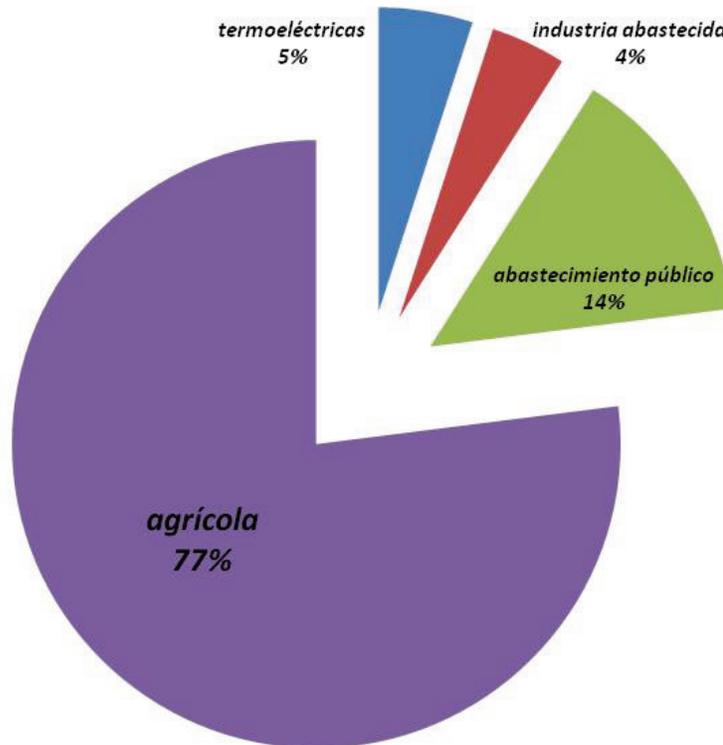


Figura 6.- Distribución porcentual de volúmenes concesionados para usos consuntivos. Datos provenientes declarados para el pago de derechos por extracción uso o aprovechamiento del agua
FUENTE: CONAGUA. 2008. Subdirección General de Administración.

Por otro lado, el 63% del agua utilizada en el país para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales tales como ríos, arroyos y lagos, mientras que el 37% restante proviene de fuentes subterráneas (Tabla 3).

Tabla 3.- Usos consuntivos según origen del tipo de fuente de extracción, 2007.

Miles de millones de metros cúbicos, km³

Uso	Origen		Volumen total
	Superficial	Subterráneo	
Agrícola ^a	40.5	20.1	60.6
Abastecimiento público ^b	4.2	6.9	11.1
Industria autoabastecida ^c	1.7	1.4	3.1
Termoeléctrica ^d	3.6	0.5	4.1
Total	50	28.9	78.9

^a incluye agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros

^b incluye público, urbano y doméstico

^c incluye industrial, agroindustrial, servicios y comercio

^d incluye todas las plantas generadoras de electricidad que no son hidroeléctricas

1 km³ = 1,000 hm³ = mil millones de m³.

FUENTE: CONAGUA. 2008. Subdirección General de Administración del Agua.

no consutivos

- hidroeléctrico

En el uso no consuntivo las centrales hidroeléctricas utilizaron 122.8 miles de millones de metros cúbicos de agua (CONAGUA, 2008)

Aspectos antropogénicos.

Las actividades humanas provocan efectos en el ambiente debido a la necesidad de emplear cierta superficie de su entorno para producir sus bienes de consumo, como servicios mismos que a su vez generan desechos además de considerar su reúso y reciclaje.

Según la Organización Redefiniendo el Progreso, plantea que la superficie biológicamente productiva de nuestro planeta es de aproximadamente dos hectáreas de terreno productivo per cápita, mientras que la huella ecológica por persona en 1997 era de 2.9 has. Lo que indica que los recursos se están explotando a una tasa superior a la que se generan y consecuentemente conlleva a una degradación del medio ambiente (Living Planet Report, 2000).

Asimismo, los efectos perceptibles en las ciudades son el cambio de uso del suelo y la generación de todo tipo de residuos contaminantes, por ejemplo la ciudad de México que desaloja sus aguas residuales a través de las corrientes fluviales de los estados de Hidalgo y Veracruz, presenta una gran presión sobre el recurso hídrico, debido a los fenómenos migratorios, que ocasionan que la concentración de la población se asiente en las zonas urbanas y como consecuencia se incrementa la demanda de servicios entre ellos el agua y con ello la contaminación (<http://www.icmyl.unam.mx/limnologia.html>).

Aspectos ecológicos y biológicos.

Los sistemas fluviales que en su gran mayoría sustentan ictiofaunas exclusivas, ya que hospedan una gran diversidad de especies de peces, crustáceos, moluscos e insectos, precisan de realizar un manejo integral contemplando factores tales como: la desecación, la contaminación, la deforestación, la construcción de caminos, el uso recreacional intensivo y otros tipos de explotación, ya que debido a una laxa normativa y en algunos casos la ausencia de ella, han sido degradadas en el tiempo (Cervantes, 1999). Por ejemplo, en México, los lagos con alta diversidad e incluso gran cantidad de endemismos, como el de Chapala, situado entre Jalisco y Michoacán; el lago de Catemaco, en Veracruz y las pozas de Cuatrociénegas, en Coahuila requieren de este manejo integral.

Asimismo, los lagos se consideran ecosistemas complejos, dinámicos y altamente productivos, proveen de hábitat, alimento, refugio, y áreas de crianza y reproducción a un elevado número de especies de peces, aves, anfibios, reptiles, mamíferos e invertebrados y juegan un papel ecológico importante en el control de la erosión, la sedimentación y las inundaciones; en el abastecimiento y depuración del agua, y en el mantenimiento de pesquerías (Arriaga, *et al.*, 2000).

Las alteraciones sobre la fauna y flora asociados a los sistemas lénticos son originados por factores antrópicos o naturales como la depredación, pesca, cambio del uso de la tierra, incendios, temblores, inundación de sus márgenes, así como la disminución del caudal (Vázquez *et al.*, 2006), situaciones que conllevan cambios en su procesos, por ejemplo en los sistemas lénticos cuyas aguas son frías, claras y oxigenadas los procesos fotosintéticos

se verán favorecidos sobre los procesos respiratorios aumentando su capacidad productiva, mientras que, en aquellos sistemas en donde las aguas son cálidas, turbias y anóxicas, dominarán los procesos respiratorios disminuyendo su capacidad productiva. Estos procesos están vinculados con la penetración de la luz, misma que se ve afectada por la cantidad de partículas suspendidas que son responsables de los procesos de reflexión, absorción, difracción y dispersión (De La Lanza *et al*, 1995). Por ejemplo en México los lagos considerados con una penetración de luz considerable son los de Zirahuén y la Poza de la Media Luna, ubicados en los estados de Michoacán y San Luis Potosí, presentan una visibilidad del disco de Secchi de siete y 20 metros, respectivamente (De La Lanza *et al*, 1995).

Emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales.

A través de la historia el desarrollo de las poblaciones humanas ha estado íntimamente ligado a los ríos, lagos y embalses, y es por ello que la incidencia de accidentes ambientales sobre los cuerpos de agua superficiales es un fenómeno cada vez más común. En particular esta situación se agrava, en los países en vías de desarrollo debido a la creciente utilización de sustancias tóxicas que se manejan en la industria o en la agricultura y al transporte de estas sustancias por medios terrestres (ferrocarriles, autotanques o camiones cisterna), poliductos y transportes marítimos, los cuales al tener un percance pueden ocasionar descargas puntuales de diversa magnitud e impacto. Asimismo, la inadecuada utilización o disposición final de estas sustancias tóxicas por el desconocimiento o negligencia pueden originar accidentes ecológicos de gran magnitud como el que sucedió en la Presa de Silva, en Guanajuato en 1996 (García, *et al.*, 2006).

Partiendo de la definición de accidente (Del lat. *accīdens*, *-entis*) y que significa un suceso eventual que altera el orden regular de las cosas, de la definición de ecología (De *eco* y *-logía*) que es la ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno, de la definición de emergencia (Del lat. *emergens*, *-entis*, *emergente*) y que es una situación de peligro o desastre que requiere una acción inmediata y de la definición de hidrología (De *hidro-* y *-logía*) que es la parte de las ciencias naturales que trata de las aguas.

Así como, de las definiciones establecidas en la NOM-EM-138-ECOL-2002 de “Contingencia Ambiental, que es una situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas” y “Emergencia Ambiental, que es un evento o circunstancia indeseado, que ocurre repentinamente y que resulta en la liberación no controlada, incendio o explosión de una o varias sustancias peligrosas para el ambiente y/o la salud humana, de manera inmediata o a largo plazo”.

Por otro lado, en el ámbito de la filosofía y de la lógica, una contingencia es el estado de aquellos hechos que desde un punto de vista lógico no son ni verdaderos ni falsos, por lo que la contingencias es lo opuesto a necesidad, es decir un acto o hecho contingente es lo que podría no haber ocurrido o tenido lugar, un acto o hecho que no es necesario. La contingencia se diferencia de la posibilidad en que esta última incluye afirmaciones o proposiciones que son necesariamente verdaderas como también algunas no necesariamente falsas; no se puede decir que una proposición es contingente si es necesariamente verdadera (Diccionario de la Lengua Española, 2005).

Por último, y según la MERCOSUR en materia de Cooperación y Asistencia ante Emergencias Ambientales define como “Emergencia Ambiental aquella situación resultante de un fenómeno de origen natural o antrópico que sea susceptible de provocar graves daños al ambiente o a los ecosistemas y que, por sus características, requiera asistencia inmediata”.

Estos accidentes ecológicos se pueden catalogar como una emergencia hidroecológica, que es una situación de peligro o desastre que requiere una acción inmediata y que se presenta en cuerpos de agua afectando las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno, se debe atacar inmediatamente y sus consecuencias son en la mayoría de los casos de corto plazo, asimismo pueden convertirse en una emergencia de salud pública si el agente causal además de afectar a los integrantes de un ecosistema causa daños a la población humana. En contraste las contingencias ambientales son posibilidades o riesgos de presencia de degradaciones graduales de un ecosistema debida a problemas de

contaminación ambiental cuyas consecuencias son a largo plazo y su solución normalmente lleva un tiempo largo (Martínez *et al.*, 2009).

Existen tres casos principales que pueden originar una emergencia hidroecológica o contingencia ambiental en cuerpos de agua nacionales: a) la descarga accidental o criminal de sustancias tóxicas a un cuerpo de agua superficial que afecta la fauna y flora presente y potencialmente a los seres humanos que tienen contacto con ella b) la presencia de organismos toxigénicos o patógenos en cuerpos de agua superficiales que afectan a la fauna presente en ese cuerpo de agua y c) la migración de una sustancia hacia un acuífero o a un cuerpo de agua superficial que lo contamina evidentemente y que puede representar un riesgo a la salud de los usuarios o a las instalaciones (riesgo de explosión), como por ejemplo las fugas de hidrocarburos de poliductos (García, *et al.*, 2006).

Las emergencias hidroecológicas requieren de una atención inmediata y de procedimientos especiales para detectar con oportunidad el agente causal y la magnitud del daño ambiental, con lo cual se podrán establecer las medidas más efectivas para su remediación (CONAGUA, 2004).

En México, la mayor parte de las emergencias hidroecológicas que se presentan relacionadas con cuerpos de agua superficiales, son mortandades masivas de organismos acuáticos o semiacuáticos como peces, crustáceos y batracios, o muertes masivas de aves locales y migratorias causadas por intoxicaciones químicas o epizootias fulminantes; sin embargo, pueden existir emergencias causadas por alguna sustancia química (como hidrocarburos) en fuentes de abastecimiento de agua potable, cauces o embalses de aguas que pueden significar un riesgo a la salud de los usuarios o de explosión y/o incendio que puede dañar la infraestructura hidráulica (Martínez *et al.* 2009).

OBJETIVOS

Proponer con base en un conocimiento limnológico ejemplificado, tres manuales y una guía la metodología específica para el registro, la atención e interpretación de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales, que se presenten en los lagos mexicanos.

Elaborar manuales y guías para la atención de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales eligiendo indicadores biológicos como peces y aves, que indiquen su incidencia y presencia:

1. Manual de lagos Vol. I Conceptos
2. Manual de atención de brotes de botulismo aviar que se presenten en cuerpos de aguas epicontinentales o bienes nacionales a cargo de la Comisión Nacional del Agua
3. Manual de atención de emergencias hidroecológicas por muerte masiva de peces
4. Guía para la identificación de peces continentales en México relacionados con emergencias hidroecológicas

Se anexan ejemplares

MÉTODO

Se proponen cuatro publicaciones como apoyo a la atención, seguimiento y resolución de eventos catalogados como emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales que se presenten en sistemas acuáticos dentro del territorio nacional.

1.- Manual de lagos

El Manual de Lagos Vol. I Conceptos, presenta una propuesta de metodología para la evaluación de la calidad del agua en lagos de altura, templados, tropicales y costeros desde el punto de vista limnológico. Esta aproximación asegura la representatividad de los datos obtenidos en campo, mediante la aplicación de metodologías para la evaluación de la calidad del agua en cada uno de los cuerpos de agua tipo (lagos de altura, templados,

tropicales y costeros), definición y calibración de procedimientos de evaluación (en laboratorio y campo) para la evaluación de calidad del agua en cada uno de los cuerpos de agua tipo (lagos de altura, templados, tropicales y costeros) (Vázquez *et al.* 2006).

El manual consta de los siguientes diez apartados:

1. Orígenes de los lagos.- en este se describe la clasificación de acuerdo a diversos autores como Hutchinson (1967), Wetzel (1991), Margalef (1983) y De la Lanza *et al.* (2000) con base en su origen, temperatura, geomorfología y aspectos físicos, químicos y biológicos
2. Parámetros morfométricos.- este apartado se refiere a las componentes morfométricas como la forma, dimensiones, descripción física de las cubetas lacustres, las técnicas para su determinación y en segundo término, a su entorno
3. Propiedades térmicas de los lagos.- aquí se describe la distribución vertical de temperatura (mezcla-estratificación) y su importancia.
4. Ciclo anual característico.- se describen como se producen los cambios característicos en las condiciones de estratificación y mezcla, y como afecta el balance de oxígeno y la calidad del agua.
5. Tipos de estratificación.- este apartado se refiere a las discontinuidades térmicas o estratificaciones a profundidades moderadas y un sistema de clasificación con base en los periodos de mezcla vertical anual.
6. Hidrodinámica.- en este apartado se explica la variación del flujo que responde a períodos estacionales, de precipitación así como a los escurrimientos y entradas de agua
7. Gases disueltos.- este apartado se refiere a la presencia de los principales gases disueltos en los ecosistemas acuáticos y que participan en los procesos biológicos importantes, así mismo se enuncia su comportamiento fisicoquímico y su fuente de origen de: oxígeno (O_2), nitrógeno (N_2), bióxido de carbono (CO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), metano (CH_4) y amoníaco (NH_3).
8. Factores que afectan la solubilidad de gases en el agua.- se enuncia la ley de Henry que establece que a temperatura constante la cantidad de gas que absorbe un volumen de líquido, es proporcional a la presión en atmósferas que el gas ejerce en

el medio y en donde la altitud, temperatura y salinidad son factores que afectan su solubilidad.

9. Niveles tróficos.- en este se describe la clasificación trófica de acuerdo con diversos autores como Carlson (1977), Dillon (1975), Banderas (1994), Margalef (1983) y Olvera (1986), con base en la relación teórica establecida entre latitud, altitud, tipo de estratificación y mezcla vertical del agua la entrada de nutrientes, principalmente fósforo.

10. Contaminantes.- en este apartado se señalan los diferentes tipos de contaminantes presentes en aguas residuales y que son vertidos a sistemas acuáticos.

El manual propuesto es usado por personal técnico de la CONAGUA, como un apoyo en la atención, resolución y seguimiento de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales y se compiló por personal adscrito a la Red Nacional de Monitoreo para el establecimiento de los Indicadores Ambientales de Calidad del Agua y está disponible en la Gerencia de Calidad del Agua, dependiente de la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua, con dirección en Av. San Bernabé No. 549, Colonia San Jerónimo Lídice, Delegación Magdalena Contreras, México D.F. C.P. 10200.

2.- Manual de brotes de botulismo

El manual de atención de brotes de botulismo aviar que se presenten en cuerpos de agua epicontinentales o bienes nacionales a cargo de la Comisión Nacional del Agua, solo considera las contingencias ambientales o emergencias hidroecológicas causadas por mortandades masivas de aves acuáticas generadas por la bacteria *Clostridium botulinum* presente en los cuerpos de agua nacionales que son responsabilidad de la CONAGUA, y en él se establecen los procedimientos técnicos para la atención de brotes de botulismo aviar. Se compone de ocho capítulos y un anexo.

1. Se describe el ciclo de vida de la bacteria *Clostridium botulinum* causante del botulismo aviar, su evolución y presencia en el nivel mundial.
2. Se definen las rutas migratorias tipos y características de la migración y su censo en México. Asimismo, se enuncia el papel de las aves migratorias y su situación actual; migraciones, tipos y sus características.

3. Se enlistan los principales embalses en México donde hay incidencia de brotes de botulismo y que se ubican dentro de la ruta migratoria del centro, en el período comprendido del año 1994 y hasta el año 2005.
4. En este capítulo se describe el modelo ecológico de evolución de botulismo, la patología y sintomatología de los organismos afectados por la bacteria del botulismo y los criterios de clasificación de las fases de afectación y sus principales características. Asimismo, se enlistan las acciones de control de brotes de botulismo que involucran la recolección de cadáveres de organismos muertos y la modificación del hábitat.
5. Se describen las responsabilidades de cada uno de los integrantes de las diferentes brigadas que se conformarán para formar el Grupo de Respuesta (GR), relacionadas con la calidad del agua, y los equipos y accesorios utilizados en las acciones de atención de emergencias hidroecológicas y/o contingencias ambientales.
6. Se describe el procedimiento para la evaluación ambiental mediante la observación de las características específicas de las áreas problema, censos poblacionales, especies afectadas y la determinación de sexo, edad, signos clínicos y poblaciones de riesgo. Asimismo, se describen las actividades a realizar para la estimación de la población de aves mediante las técnicas de transecto lineal, puntos de conteo, puntos fijos y redes de captura.
7. Se describe el procedimiento para el establecimiento de sitios de muestreo en cuerpos de agua lénticos y lóxicos y los parámetros que se analizan para determinar la calidad del agua de los sistemas acuáticos y su periodicidad.
8. En este capítulo se describe la manera en que se recolectan muestras de aves para la determinación de la causa de la muerte. Así como, la descripción de las técnicas para la recolección, conservación y disposición de animales muertos, selección de organismos y su disección, recolecta de tejidos y etiquetado de las muestras; conservación de organismos, tipo de envases, requerimientos básicos para el transporte de organismos, proceso de empaque, etiquetado y envío y las técnicas de eutanasia física y química, y por último un anexo que describe en fichas técnicas

los principales organismos afectados en los eventos por brotes de botulismo en el estado de Guanajuato, México.

3.- Manual de Atención de Emergencias Hidroecológicas y contingencias Ambientales por Muerte Masiva de Peces

Este manual es una herramienta mediante la cual se implementa un mecanismo de respuesta rápido, oportuno y eficiente ante una emergencia hidroecológica o una contingencia ambiental derivada de la muerte masiva de peces en los cuerpos de agua nacionales continentales. El manual consta de seis capítulos.

1. Se describe de manera general la morfología externa e interna, las formas y dimensiones de los peces mexicanos.
2. Este capítulo trata sobre la diversidad y distribución en México de las especies de peces de agua dulce, las provincias ictiofaunísticas, especies en riesgo, endémicas y exóticas.
3. Aquí se describe el hábitat y los hábitos alimenticios de los peces mexicanos, así como los factores ecológicos que influyen en sus ciclos de vida. Por otro lado se trata la estructura y densidad de las poblaciones de peces y los factores importantes de la calidad del agua en los sistemas acuáticos para la supervivencia de los peces y su empleo como especies indicadoras de calidad del agua.
4. Se refiere a la sintomatología, signos externos visibles y enfermedades en peces mediante la descripción de las enfermedades no infecciosas, los efectos de la toxicidad en el sistema acuático, enfermedades infecciosas causadas por bacterias, hongos, virus y parásitos.
5. Se describen las acciones de atención a eventos ocasionados por la muerte masiva de peces específicamente los criterios para la selección del tamaño de la muestra, métodos de captura, bioseguridad, mecanismos de dispersión limpieza y desinfección, muestreo, registro de datos, obtención de muestras, conservación y preservación de muestras y controles de calidad.

6. En este capítulo se tratan los mecanismos de integración e interpretación de resultados y la delimitación de ámbitos de competencia de las instituciones relacionadas en la atención de estos eventos.

4.- Guía para la Identificación de Peces Continentales en México relacionados con Emergencias Hidroecológicas y Contingencias Ambientales

La Guía incluye las características diagnósticas de cada familia de Peces, el listado de los organismos indicadores registrados con su estatus ecológico y su distribución actual registrada, así como la fotografía de cada género de las diferentes especies afectadas durante eventos de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales que derivan en muertes masivas de peces en aguas epicontinentales nacionales.

Se divide en dos apartados.

1. El primer apartado es una Clave Taxonómica de Familias de Peces Continentales Mexicanos (Modificada de Miller *et al.* 2005)
2. Se integra con 36 fichas técnicas de familias e incluye una descripción de sus características diagnósticas, su distribución y su estatus ecológico y finalmente de ocho fichas técnicas de las principales especies relacionadas con la muerte masiva de peces que se han presentado en el territorio nacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencias hidroecológicas (EH) y contingencias ambientales (CA) en el ámbito nacional.

En virtud del evento ocurrido en la Presa de Silva, en el estado de Guanajuato en el mes de diciembre de 1994 derivado de la muerte de aproximadamente 40,000 aves migratorias y nativas pertenecientes a 30 especies, entre las que se encontraban el pato cucharón, el tepalcate, las cercetas alas verdes, alas azules y alas cafés, el pato golondrino y la gallareta pico blanco (CCA, 1995), que año con año utilizan este embalse por presentar las características adecuadas para su descanso, anidación, alimentación y que se encuentra dentro de su ruta migratoria, surgió la necesidad de elaborar y publicar manuales y guías para la atención de este tipo de eventos.

Cuando aparecieron las primeras denuncias, la SEMARNAP a través de la CONAGUA, estableció una Comisión Regional integrada por organismos gubernamentales y sociales, que resolvió suprimir inmediatamente los aportes del río Turbio para evitar que la presa siguiera recibiendo aguas residuales. Más adelante la PROFEPA convocó a científicos y técnicos nacionales para integrar un Comité Técnico que se encargaría de investigar las causas de la mortandad y buscó la cooperación internacional a través de expertos extranjeros. Como recomendaciones fundamentales se plantearon las medidas para evitar las descargas residuales, así como para reforzar el establecimiento de infraestructura para el tratamiento de residuos industriales y municipales; también se planteó la necesidad de emprender acciones para la rehabilitación de las condiciones naturales de la presa (CCA, 1995).

La atención de esta emergencia hidroecológica que se catalogó como uno de los más grandes ocurridas en México (CCA, 1995), requirió de un gran esfuerzo por parte de diversas instituciones gubernamentales en los tres niveles de gobierno, organismos no gubernamentales y diversas instituciones de investigación y docencia, que llevaron a cabo acciones de supervisión de cuerpos de agua, investigaciones para determinar las causas de la mortandad de aves acuáticas en la presa, rescate de las aves enfermas,

identificación de especies afectadas, censo de las aves, rehabilitación y liberación de organismos sanos (CCA, 1995).

Con todas estas acciones se llegó a la conclusión de que la contaminación de la presa, a causa las aguas negras municipales no tratadas que recibía, contribuyó al estado eutrófico de la misma y que este factor que resultó determinante para el inicio de brotes de botulismo que fueron la causa de muerte de las aves migratorias en la presa de Silva. En el período de cinco meses en que se produjo la mortandad masiva de aves acuáticas, los síntomas observados en las aves afectadas fueron la presencia de parálisis parcial o total de las patas, incapacidad para volar, debilitamiento generalizado y, en algunos casos, prolapso del tercer párpado o de la membrana nictitante. Las aves afectadas en forma más seria estaban completamente echadas, sin poder mantener la cabeza erguida y con dificultad para respirar.

De esta experiencia surgió la necesidad de elaborar las cuatro publicaciones que se presentan con la finalidad de contar con una metodología de atención homogénea para poder obtener información efectiva comprensible y oportuna. Estas publicaciones también sirven para dar pauta a la toma de decisiones y acciones asertivas en la atención de eventos que se presenten en los cuerpos de agua de propiedad nacional, y en donde esta información pueda utilizarse más adelante para tomar decisiones racionales basadas en reportes técnicos.

De tal manera que a partir del año de 1996 y hasta el cuarto trimestre del año 2009 se han presentado 664 contingencias ambientales y 14 emergencias hidroecológicas en los cuerpos de agua del territorio nacional (Tabla 4 y Figura 7).

En todos y cada uno de ellos se han puesto en práctica las directrices y guías vertidas en las cuatro publicaciones para la atención de los eventos relacionados.

Tabla 4.- Relación de contingencias ambientales y emergencias hidroecológicas atendidas en el territorio nacional 1996-2009

AÑO	CONTINGENCIAS TOTALES	EMERGENCIAS TOTALES
1996	4	0
1997	73	10
1998	88	2
1999	98	1
2000	100	0
2001	80	0
2002	64	0
2003	37	1
2004	35	0
2005	30	0
2006	25	0
2007	9	0
2008	9	0
2009	12	0
Total 678		



Figura 7.- Evolución de las contingencias ambientales y emergencias hidroecológicas atendidas en el territorio nacional desde 1996 y hasta el tercer trimestre del año 2009.

De las 678 emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales que se han presentado dentro del territorio nacional, la incidencia de ellos se observa principalmente en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Sonora, Guanajuato y Tabasco, estados donde la actividad industrial es amplia o se encuentra en la fase de desarrollo como lo es el estado de Sonora cuya industria manufacturera, en donde destaca la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo representa casi un 20 % del porcentaje total de aportación al PIB estatal (INEGI. 2006) (Figura 8 Tabla 5).

Estas entidades en su conjunto, representan el 75% de incidencia de eventos en el ámbito nacional y cada uno de ellos representa: Tamaulipas (23%), Veracruz (19%), Sonora y Guanajuato (12%), y Tabasco (9%).

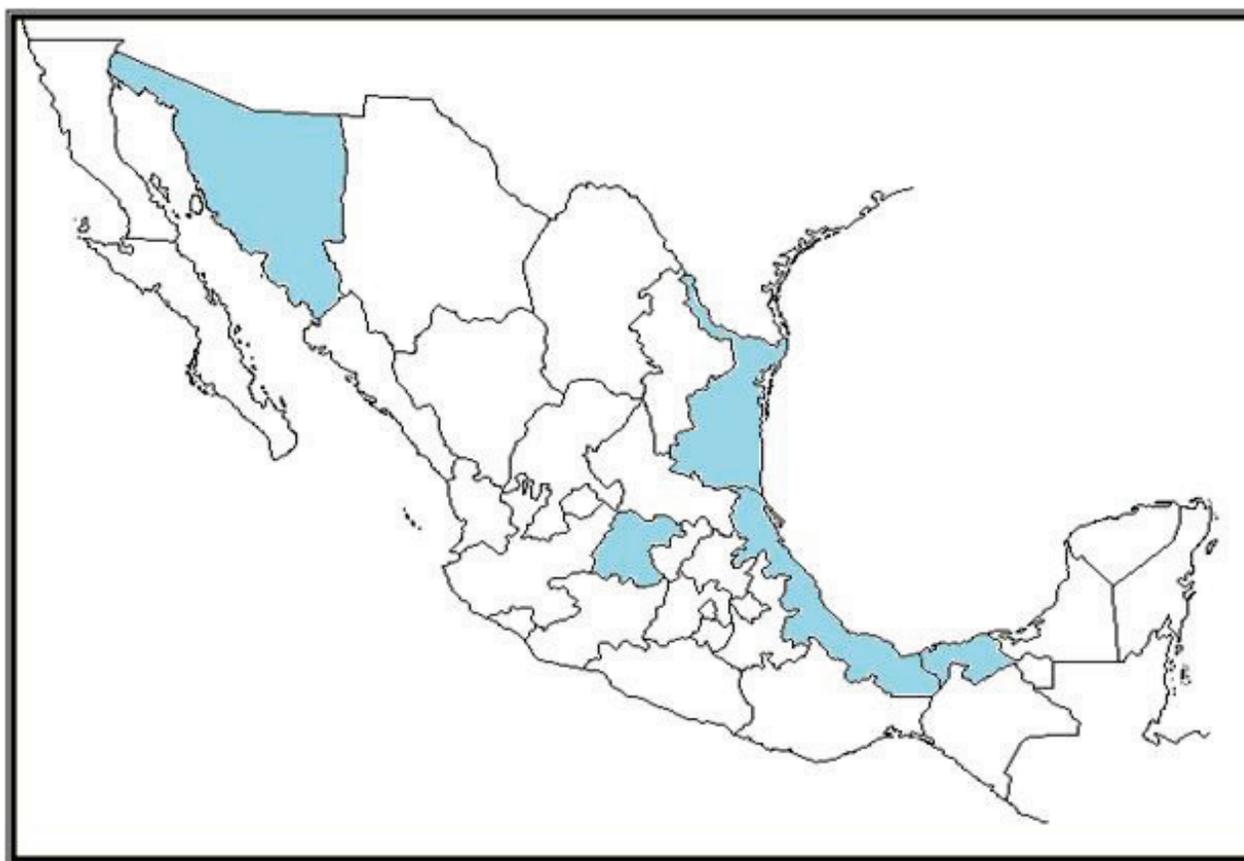


Figura 8.- Ubicación de las entidades con mayor incidencia de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en el territorio nacional durante el periodo de 1996 al cuarto trimestre de 2009.

Por otro lado, las emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en donde se involucra la afectación a organismos ya sea muerte de peces o aves representa el 44% del total presentados siendo el evento de muerte de peces, debido principalmente a la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, el de mayor incidencia; mientras que los eventos en donde se afectaron a terrenos agrícolas, carpetas asfálticas y vías de comunicación a causa de derrames de hidrocarburos o sustancias tóxicas por accidentes de autotransportes representan el 56% restante (Tabla 5).

Tabla 5.- Tabla que condensa la información de incidencia de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales por entidad federativa, tipo de sistema acuático afectado y trimestre de mayor incidencia.

AÑO	Organismos afectados		Cuerpos de agua afectados	EH y CA que no representaron ninguna afectación (suelo)	Estados con mayor incidencia de emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales	Trimestre de mayor incidencia de EH o CA
	peces	aves				
1996	0	1	Presa	3	Sonora, Hidalgo, Durango Guanajuato.	Cuarto
1997	36	0	Río (12) arroyo (8) costas (16) presas (19) suelo (27) pozos (1)	47	Veracruz, Sonora, Tabasco, Nuevo León, Tamaulipas.	Cuarto
1998	43	2	Río (20) arroyo (14) costas (22) presas (14) suelo (9) pozos (11)	45	Veracruz, Tabasco, Sonora, Tamaulipas, Guanajuato.	Tercer
1999	33	3	Río (23) arroyo (12) costas (17) presas (22) suelo (14) pozos (11)	63	Veracruz, Tabasco, Hidalgo, Tamaulipas, Sinaloa.	Primer
2000	31	5	Río (20) arroyo (15) costas (22) presas (16) suelo (21) pozos (6)	64	Veracruz, Guanajuato, Sinaloa, Sonora, Hidalgo, Tamaulipas.	Segundo
2001	34	2	Río (16) arroyo (20) costas (9) presas (19) suelo (15) pozos (1)	44	Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí.	Segundo
2002	20	2	Río (8) arroyo (23) costas (8) presas (11) suelo (13) pozos (1)	42	Tamaulipas, Veracruz, San, Luis Potosí, Nuevo León.	Tercero
2003	20	1	Río (3) arroyo (7) costas (10) presas (10) suelo (4) pozos (1)	17	Veracruz, Hidalgo, Sonora, San Luis Potosí, Zacatecas Y Tamaulipas.	Segundo
2004	16	1	Río (7) arroyo (3) costas (6) presas (14) suelo (4) pozos (1)	18	Veracruz, Aguascalientes, San Luis Potosí, Querétaro, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Nuevo León, Sonora, Tabasco.	Primer Y Tercer
2005	13	1	Río (4) arroyo (5) costas (3) presas (12) suelo (5) pozos (1)	16	Guanajuato, Jalisco, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz.	Primero
2006	12	2	Río (5) arroyo (1) costas (2) presas (10) suelo (6) pozos (1)	11	Tabasco, Tamaulipas, Querétaro, Guanajuato.	Segundo
2007	4	1	Río (4) arroyo (0) costas (1) presas (3) suelo (1)	4	Guanajuato, Tabasco, Veracruz.	Segundo Y Cuarto

2008	3	1	pozos (0) Río (2) arroyo (1) costas (1) presas (4) suelo (0)	5	Guanajuato.	Cuarto
2009	9	1	pozos (1) Río (3) arroyo (1) costas (2) presas (5) suelo (1) pozos (0)	2	Tamaulipas.	Segundo

El tipo de sistemas acuáticos afectados son en su mayoría corrientes superficiales; en el ámbito nacional se han afectado 127 ríos que representan el 19% de la incidencia total, 111 arroyos con 16%, 119 sitios en la zona costera que representa el 18%, 161 presas o embalses que representa el 24 %, 36 pozos o norias que representa el 5% y 124 sitios en terrenos agrícolas o carpetas asfálticas que representa el 18% total (Figuras 9 y 10).

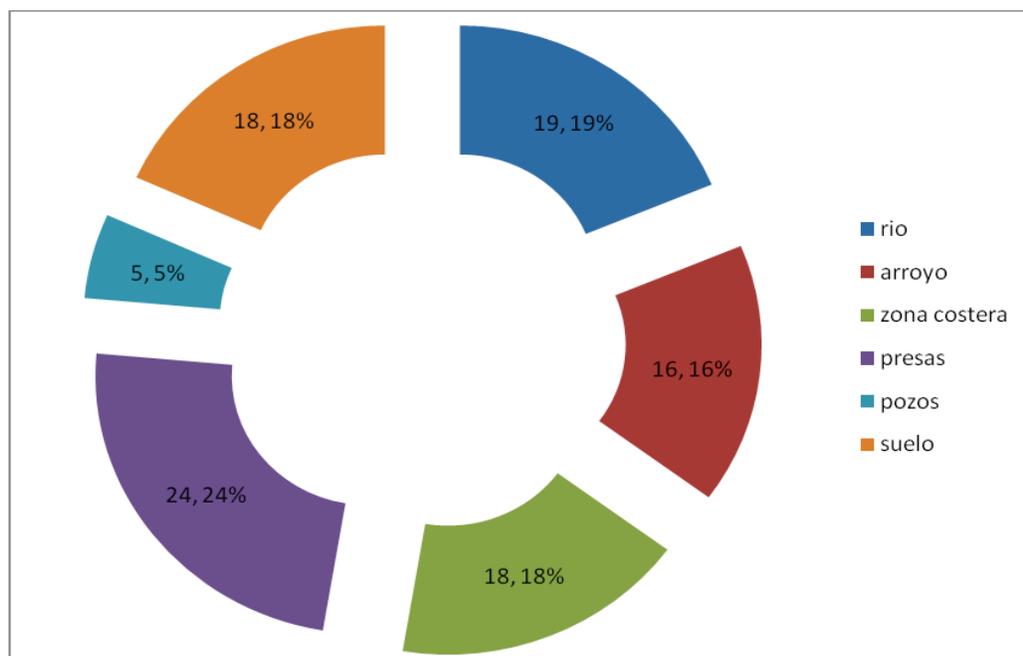


Figura 9.- Porcentaje de incidencia de emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales en los sistemas acuáticos en el ámbito nacional de 1996 a 2009.

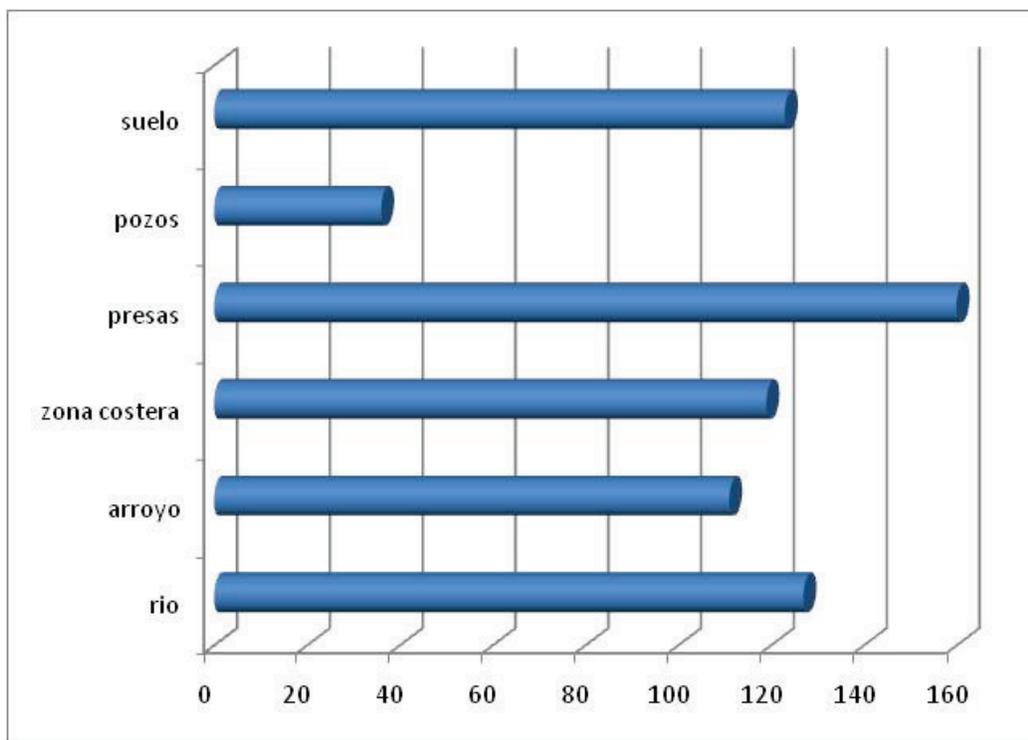


Figura 10.- Principales sistemas acuáticos afectados por emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales en el ámbito nacional de 1996 al 2009.

Los meses del año en que se presentaron el mayor número de emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales corresponden al segundo trimestre abarcando los meses de abril a junio, lo que puede asociarse con los cambios meteorológicos y prolongaciones de las condiciones de sequía. Cuando se presentan los mínimos niveles de agua en los sistemas acuáticos del país, esto ocasiona la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua que trae como consecuencia la presencia de factores benéficos para los brotes de botulismo, como la elevación de la temperatura en la columna de agua, concentración de materia orgánica y su consecuente descomposición. Así mismo en el cuarto trimestre del año se observa una tendencia estacional asociada a los eventos naturales hidroclimatológicos como descensos bruscos de temperatura y los primeros lixiviados de las escorrentías que se presentan en la mayor parte de las cuencas del país (Figura 11).

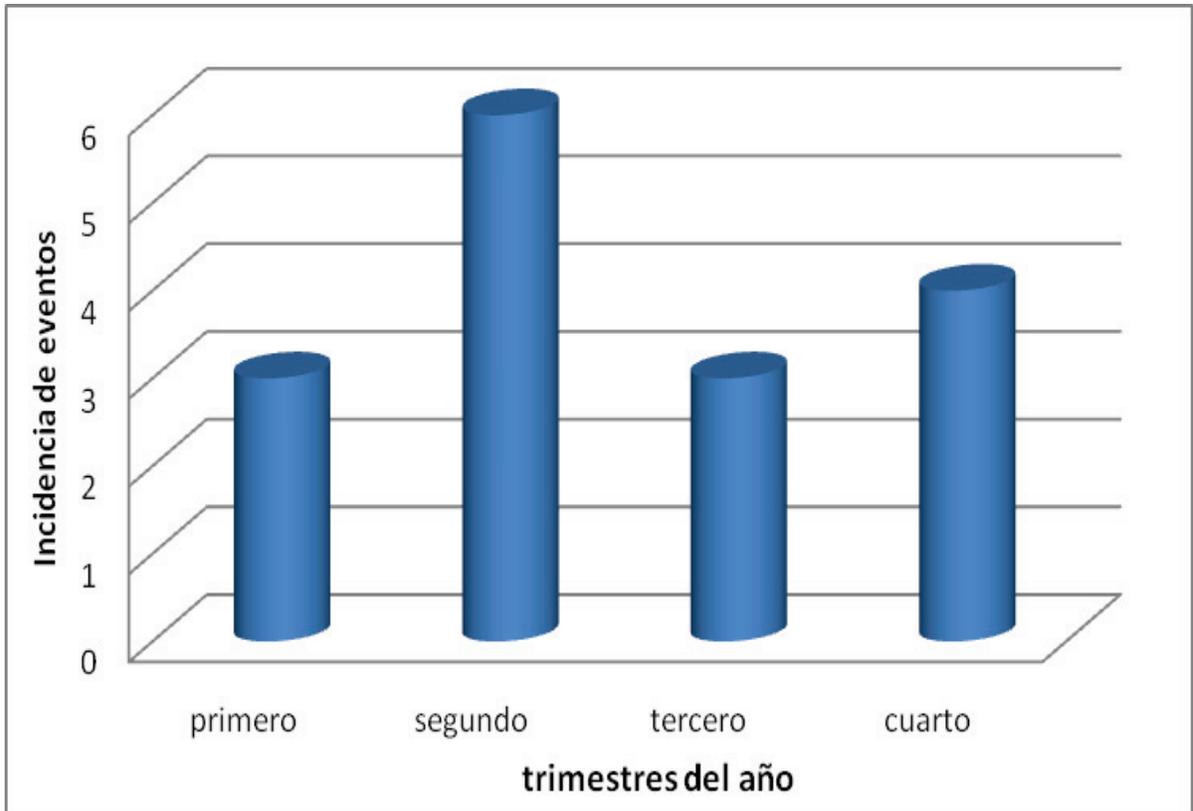


Figura 11.- Incidencia del total de emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales por trimestre de 1996 a 2009.

Las emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales presentados desde 1996 y hasta el tercer trimestre de 2009 han ido disminuyendo, debido a la aplicación oportuna de las medidas de atención, respuesta y acciones de atenuación de los eventos estipulados en los manuales y guías. Sin embargo, se requiere continuar con la elaboración de manuales o guías de atención para minimizar la incidencia de eventos cíclicos diversos y atenuar los efectos en los sistemas acuáticos.

Registros de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en los lagos mexicanos estudiados.

Respecto a los eventos derivados de la muerte de organismos acuáticos, existe una clara incidencia en la parte centro del territorio nacional y específicamente hacia el Golfo de

México (principalmente en Veracruz) asociados con derrames de hidrocarburos y cambios climáticos drásticos.

A pesar de que en condiciones naturales los sistemas acuáticos se azolvan o se inundan por la precipitación que cae sobre ellos, las actividades antropogénicas que se han ligado estrechamente con la calidad de los cuerpos de agua, ocasionan cambios en los regímenes climáticos y cambios en las condiciones naturales de los embalses (Martínez *et al*, 2009).

Asimismo, los desechos sólidos o líquidos provenientes de las zonas urbanas y rurales del país llegan a los sistemas acuáticos ocasionando cambios en la calidad del agua, cambios en sus regímenes de circulación, azolve, características físicas, químicas y biológicas, que ocasionan que los organismos que habitan el sistema y las especies relacionadas mueran, debido al gran aporte de materia orgánica que consume el oxígeno presente en la columna de agua de los sistemas (Martínez *et al*, 2009).

Las descargas de origen municipal y de diversos tipos de industrias presentan contaminantes físicos, entre los que se consideran: cambios de temperatura, de color, turbidez y espumas, contaminantes químicos: tanto orgánicos como inorgánicos, contaminantes biológicos: como bacterias, hongos y virus, responsables de la transmisión de enfermedades como el cólera, tifoidea, salmonelosis, así como, concentraciones altas de DBO₅, DQO y SST; coliformes totales y fecales, sustancias que inducen el crecimiento de algas causantes de la eutrofización por el incremento de nutrientes inorgánicos, disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua de los sistemas acuáticos, ocasionando que se restrinja el uso de estos cuerpos y consecuentemente se afecta la ecología y la salud humana (Martínez *et al*, 2009).

Todos estos factores son disparadores de emergencias hidrecológicas y contingencias ambientales, ya que las descargas de origen accidental o premeditada de sustancias ajenas al ambiente y deletéreos a un cuerpo de agua superficial afecta la fauna y flora presente y potencialmente a los seres humanos que tienen contacto con ella (Martínez *et*

al, 2009). Además la contaminación de un cuerpo de agua representa un riesgo a la salud de los usuarios y a las instalaciones, por ejemplo, la presencia de organismos patógenos en cuerpos de agua superficiales afectan a la fauna como en el caso de los eventos derivados por la presencia de brotes de botulismo en los sistemas acuáticos y cuyo origen es una infección alimentaria debida a la ingesta de la toxina neurotóxica producida por un microorganismo anaerobio estricto, *Clostridium botulinum*, cuando las aves se alimentan de larvas que se han desarrollado en tejidos en descomposición (García *et al.* 2006).

Los manuales y la guía que se presentan contienen capítulos y apartados que permiten establecer los lineamientos, procedimientos técnicos y canales de comunicación para la planeación estratégica y atención de las emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en el territorio nacional, en coordinación con las diversas instituciones involucradas, ya que la mayor parte de las emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales que se presentan relacionadas a sistemas acuáticos, son mortandades de organismos acuáticos como peces, crustáceos, batracios, así como aves locales y migratorias causadas por intoxicaciones químicas o epizootias fulminantes. Por lo anterior, los manuales incluyen descripciones generales de los sistemas acuáticos, de los organismos y su clasificación, así como las acciones de preparación, atención, trabajo en campo, técnicas de análisis de calidad del agua en campo, técnicas de análisis para determinar el diagnóstico de las mortandades, interpretación de las causas de origen y acciones posteriores de resolución de eventos e incluso propuesta de sanciones legales.

En este sentido, los manuales plantean las acciones que deben llevarse a cabo por los diferentes actores en la atención de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales para que se de un diagnóstico adecuado y se establezcan las actividades a realizar siguiendo una línea de acción efectiva, que a corto plazo conlleve a un control, incluso prevención y resolución de las emergencias hidroecológicas o contingencias ambientales, a fin de proteger los recursos naturales y su entorno, contra las situaciones de riesgo o desastre y protección de la salud humana.

Los manuales y la guía son una contribución en el nivel nacional y son los pioneros en el desarrollo e implementación de actividades encaminadas hacia la prevención y control de la contaminación en los sistemas acuáticos, principalmente afectados por actividades antropogénicas. Estos manuales ya se han empleado por diversas instituciones dentro del sector de recursos hídricos; como ejemplo, en ámbito nacional la CONAGUA ha instrumentado talleres de capacitación y difusión de estos manuales, en donde uno de los principales acuerdos logrados es la implementación y observancia de las acciones planteadas y en consecuencia su actuación con base en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, así como en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA). Por otro lado, a nivel internacional se han dado a conocer dentro de los planes de acción de la agenda del medio ambiente y bioprotección de la Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte (ASPA), la cual es un proceso trilateral entre Canadá, Estados Unidos de América y México, para mejorar la calidad del agua en América del Norte, evaluar y desarrollar acuerdos de intercambio de información sobre actividades de procuración y atención de emergencias en el sector hídrico.

Como elemento concluyente se estima que los manuales y la guía podrán ser empleados en los cuerpos de agua del territorio nacional para la atención de las emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales y sus organismos relacionados, como ya han sido empleados por instancias públicas, ya que están elaborados bajo las características ambientales del país.

En este sentido, la aplicación de los manuales y guía han contribuido a la interpretación de contingencias ambientales, a través de la implementación de acciones correctivas que inciden en la disminución de la evolución hacia emergencias hidroecológicas, como es el caso de la implementación de centros de atención al público para la denuncia de situaciones anómalas en los cuerpos de agua y la vigilancia constante y sistemática de los cuerpos de agua y que ha permitido a posterior disminuir la incidencia de eventos en el territorio nacional.

Los manuales y guía han contribuido a nivel nacional, al establecimiento de diversos grupos de trabajo para la atención de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en diferentes entidades del país. Por ejemplo, en el estado de Yucatán se ha establecido el grupo de trabajo de la Red Interinstitucional para la Atención a la Contingencia de la Marea Roja en las Costas de Yucatán, integrado por las Secretarías de Marina, de Ecología, CONAGUA y SEMARNAT del estado, así como el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Otro estado que ha establecido grupos de trabajo es el de Tabasco, en donde opera el Comité de Atención de Emergencias por Derrames de Hidrocarburos y el grupo del Plan Local de Contingencias para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas en el Mar, conformados por la Secretaría de Marina, el Instituto Nacional de la Pesca, PEMEX, CONAGUA y SEMARNAT. Así mismo, en el estado de Sonora opera el Comité de Atención a Contingencias de Recursos Naturales en donde participa la Secretaría de Marina, la Secretaría de Salud, Protección Civil, el Instituto de Acuacultura, el Ayuntamiento de Hermosillo, la Universidad de Sonora, el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, el Centro de Investigación en Comunidad y Biodiversidad, la Sociedad Civil, diversas Cooperativas de Pescadores, la CONAGUA y SEMARNAT del estado. En Guanajuato, derivado de las emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales ocasionadas por brotes de botulismo se constituyó el Comité de Atención a Contingencias en los Recursos Naturales; en dicho comité participan la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional del Agua (Conagua), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA), Secretaría de Gobierno del Estado de Guanajuato (SG), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA), la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de Guanajuato (PROPAEG), el Instituto de Ecología de Guanajuato (IEG), la Comisión Estatal del Agua en Guanajuato (CEAG), la Secretaría de Salud de Guanajuato (SSG), Protección Civil y la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) a través de la 16ava. Zona Militar, con el fin de efectuar las acciones destinadas a la protección de los recursos naturales y su entorno, contra las situaciones de riesgo, siniestro o desastre.

Bibliografía

Aguilar V., 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: un recuento actual. CONABIO, Comisión Nacional de Biodiversidad Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

«http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/aguasContinental.html» y «http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=3240:aguas-continentales-y-diversidad-biologica-de-mexico-un-recuento-actual&catid=39&Itemid=56».

Consultado el 26 de noviembre de 2009.

Alvarado O. J. M., García C. J., Martínez D. F., Martínez S. G., Rodríguez A. I., Viramontes N. 2006. Manual de Atención de Brotes de Botulismo Aviar que se presenten en Cuerpos de Agua Epicontinentales o Bienes Nacionales a Cargo de la Comisión Nacional del Agua. CONAGUA. México 117 pp.

Arriaga, C., L., V. Aguilar S. y J. Alcocer D. 2000, .Aguas continentales y diversidad biológica de México. CONABIO. México.

Banderas, A. G., 1994. Limnología del Lago El Sol, Nevado de Toluca, México. Tesis de Doctorado, Fac. de Ciencias, UNAM. 146 pp.

Bustillos, R. J., Benavidéz, Z. G Álvarez, 1994-2000
«www.ine.gob.mx/publicaciones/download/384.pdf». Consultado el 12 de enero de 2010.

Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. 22, 2, 361-369.

CCA, 1995. Secretaría de la Comisión para la Cooperación Ambiental. 1994-95. Informe del Secretariado de la CCA sobre la muerte de aves migratorias en la presa de Silva (1994-95) para el Consejo de la Comisión para la Cooperación Ambiental presentado al Consejo en conformidad al artículo 13 del acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte, Oaxaca, México. «<http://www.cec.org>». Consultado el 25 de noviembre de 2009.

Cervantes, R., M., 1999, Políticas relacionadas con el manejo de recursos hidráulicos en México Perspectiva histórica.

«<http://www.correodelmaestro.com/anteriores/1999/noviembre42/2anteaula42.htm>».

Consultado el 12 de diciembre de 2009.

CONABIO. 1998. Diversidad Biológica de México: Estudio de País. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

«.http://www.agua.org.mx/content/view/3240/56/». Consultado el 22 de diciembre de 2009.

CONAGUA, 2004. Manual de atención de emergencias hidroecológicas y contingencias ambientales en cuerpos de agua o bienes nacionales a cargo de la CNA. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. 3a edición, México, 256 pp.

CONAGUA. 2005. Estadísticas del Agua en México 2005, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Región XIII. México. Comisión Nacional del Agua, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 34 pp.

CONAGUA. 2006. IV Foro Mundial del Agua, Documento de la Región Asia-Pacífico. World Water Council 4th. World Water Forum, Comisión Nacional del Agua. 47 pp.

CONAGUA. 2008. Estadísticas del Agua en México 2008. ISBN 978-968-817-895-9. 1a. edición, Comisión Nacional del Agua. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 226pp.

Diccionario de la Lengua Española, 2005 Espasa-Calpe, Vigésima Segunda Edición, Madrid, España.

De la Lanza, E. G., y García C. J. L., 1995. Lagos y Presas de México. 1a. edición, Centro de Ecología y Desarrollo. México. 320 pp.

De la Lanza, E. G; Cáceres, M. C.; Adame, M. S. y Hernández, P. S., 1999. Diccionario de Hidrología y Ciencias Afines. Instituto de Biología, UNAM. México. 286 pp.

Dillon, P. J. 1975. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. Scientific Series, Canada Center of Inland Waters, Burlington, Ontario.

García, C. J., Martínez, S. G., Alvarado, O. J. M., Martínez, D. F., Rodríguez, A. I., Viramontes, N. J., 2006. Manual de Atención de Brotes de Botulismo Aviar que se presenten en cuerpos de agua epicontinentales o bienes nacionales a cargo de la Comisión Nacional del Agua. Comisión Nacional del Agua. México. 117pp.

Hutchinson, G. E. 1967 A Treatise on Limnology. Vol. 7 John Wiley & Sons Inc. New York. London. Sydney pp (123-186).

INEGI. 2006. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2001-2006. Instituto Nacional De Estadística, Geografía E Informática. 222 pp.

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, 2007. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Centro de Documentación, Información y Análisis. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992. Última Reforma DOF 18-04-2008. México.
«<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf>». Consultado el 20 de enero de 2010.

Living Planet Report, 2000. World-Wide Fund for Nature International, (WWF), UNEP World Conservation Monitoring Centre, Redefining Progress, Center for Sustainability Studies, 2000, WWF, Gland Switzerland.
«www.RedefiningProgress.org/programs/sustainability/ef/lpr2000/» y
«http://tsocial.ulagos.cl/apuntes/doc_2_huella_ecologica.pdf». Consultado el 30 de noviembre de 2009.

Margalef, R., 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España. 911 pp.

Martínez, S. G., Gaspar, D. T., Sandoval. L., Norzaga. A., 2009. Manual de Atención de Emergencias Hidroecológicas por Muerte Masiva de Peces. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México. 184 pp.

MERCOSUR/CMC/DEC. Nº 14/04. Protocolo Adicional al Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR en Materia de Cooperación y Asistencia ante Emergencias Ambientales

«<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/MERCOSUR/File/Dec%201404%20Protocolo%20de%20Emergencias.pdf>». Consultado el 9 de enero de 2010.

NOM-EM-138-ECOL-2002, Norma Oficial Mexicana de Emergencia, que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminación en Suelos Afectados por Hidrocarburos, La Caracterización del Sitio y Procedimientos para La Restauración. DOF. Diario Oficial de la Federación, 20 de Agosto 2002.

«http://uaip.guanajuato.gob.mx/publico/docoficiales/docto_detalle.php?dar_id=712»

Consultado el 20 de enero de 2010.

Vázquez, M. A., Martínez, S. G., Zamudio, D. M., Viramontes, N. J., 2006. Manual de Lagos. Volumen I: Conceptos, 1ª edición. CONAGUA. México. 41 pp.

Olvera, V. V. 1986. Metodología para evaluar la eutroficación en lagos cálidos. Subcoordinación de Calidad del Agua. Coordinación de Investigación. IMTA, SARH, México, 31 pp.

Orvañanos, 1889. Ensayo de Geografía Médica y Climatología de la República Mexicana «<http://biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/medica/caratula.html>» Consultado el 22 de diciembre de 2009.

Página Web ICMYL.UNAM. «<http://www.icmyl.unam.mx/limnologia.html>». Consultada el 27 de noviembre de 2009.

UNESCO. 2003. Agua para todos, agua para la vida, Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, resumen. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos.

Wetzel, R. G. y Likens, G. E. 1991. Limnological analyses. Springer-Verlag. New York. Ed. 2. 391 pp.