

RIESGO QUÍMICO ASOCIADO A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Humberto Bravo Álvarez¹
Rodolfo Sosa Echeverría¹
Pablo Sánchez Álvarez¹
Arturo Butron Silva¹

Resumen

Las características fisiográficas, localización geográfica, longitud de sus costas en el Golfo de México asociados con la meteorología propia de la región, hacen del estado de Veracruz una zona vulnerable a fenómenos hidrometeorológicos, que asociados a los riesgos químicos producto de su actividad municipal (plantas de potabilización de agua, plantas de tratamiento de aguas residuales), industrias en general, actividades petroleras (exploración, explotación, refinación, petroquímica), pueden ocasionar daños a la población y a los ecosistemas. Los huracanes Katrina y Rita que afectaron enormemente las costas de Louisiana en los Estados Unidos, una vez terminado el fenómeno hidrometeorológico, dejaron una gran extensión de terreno contaminado, cubierto con residuos, varios de ellos peligrosos. Por lo anteriormente expuesto, se propone que en los planes de desarrollo industrial contemplado para el estado de Veracruz, se agregue, de una manera integral, la evaluación de los riesgos hidrometeorológicos conjuntamente con los riesgos químicos.

Palabras clave: riesgo hidrometeorológico, riesgo químico, sustancias peligrosas, estado de Veracruz.

Abstract

Characteristics such as physiology, geographical location, costal lengths of the Mexican gulf coast associated with the meteorological climate of the specific region, make the state of Veracruz an area vulnerable to hydro-meteorological phenomena. When such risks are associated with chemical risks produced by municipal activities (residual and drinking water plants), industries in general,

¹ Sección de Contaminación Ambiental. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Distrito Federal, México. C.P. 04510; e-mail: hbravo@servidor.unam.mx

petroleum activities (exploration, exploitation, refining, petrochemicals), can cause damage to the local population and ecosystem. In the case of the hurricanes Katrina and Rita, which enormously affected the Louisiana coast of the United States, once the hydro-meteorological phenomenon had passed by; a large land area was left contaminated and covered with dangerous residues. Considering the above mentioned evidence, it is proposed that the industrial development plans contemplated for the state of Veracruz should include a way of integrating the evaluation of hydro-meteorological risks in accordance with imminent chemical risks.

Key words: hydro-meteorological risks, chemical risks, dangerous substances, state of Veracruz.

Introducción

Localización geográfica

El estado de Veracruz se localiza en la porción oriental de nuestro país, en la franja intertropical, cuenta con una extensión territorial de 72,815 km²; por superficie es el décimo estado de la república, su extensión litoral abarca desde el río Pánuco hasta la ciudad de Coatzacoalcos logrando una franja costera de 745 kilómetros de longitud. Colinda con los estados de: Tabasco al sureste, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla al oeste, Oaxaca y Chiapas al Sur y Tamaulipas al norte. El territorio veracruzano se conforma por grandes montañas, bosques serranos, bosques mesófilos, selvas tropicales, fértiles llanuras, caudalosos ríos, cascadas, lagunas y costas. Su privilegiada posición geográfica hace de Veracruz un espacio de gran potencial para el desarrollo nacional.

El estado de Veracruz está contenido en las coordenadas geográficas extremas siguientes: al norte 22°28', al sur 17°09' de latitud norte; al este 93°36', al oeste 98°39' de longitud oeste (INEGI, 1999).

Parte de la cordillera neovolcánica atraviesa su territorio y comprende al pico de Orizaba, el volcán más alto de México (5,747 m).



Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Veracruz.

Antecedentes sobre huracanes en el estado de Veracruz

La localización geográfica de Veracruz y, en particular, su litoral de 745 km en el Golfo de México, y los límites de la llanura costera con la cordillera volcánica al oeste del estado, lo hace vulnerable a fenómenos naturales como las tormentas tropicales que se presentan periódicamente. Existe información sobre ciclones tropicales que tocaron o se acercaron a unos 100 km de la ciudad de Veracruz, del siglo XVI al XX (Téllez, 2004).

Las fechas indican el contacto dentro de un radio de 100 km o que finalizó el trayecto:

- 4 de septiembre de 1552. El huracán causó pérdidas humanas y daños en San Juan de Ulúa y La Antigua, Veracruz. Según información, el huracán al que nos referimos atravesó la Península de Yucatán (Luna, 1987). A este primer evento lo llamaremos huracán Ulúa 1.

- 17 de septiembre de 1600. El huracán causó severos daños a la flota de Escobar; por las crónicas se puede decir que la probable trayectoria fue de recurva en la bahía de Campeche.
- 14 de agosto de 1661. La tormenta tropical causó severos daños en Ulúa y Veracruz.
- 15 de septiembre de 1665. La depresión o tormenta tropical causó daños en Veracruz.
- 4 de septiembre de 1787. El huracán causó severos daños en Veracruz.
- 8 de septiembre de 1806. La tormenta tropical causó daños en Veracruz.
- 8 de septiembre de 1888. El huracán ingreso desde el Atlántico, cruzando el norte de Cuba y la Península de Yucatán, finalmente afectando las costas de Veracruz (wxp.atms.purdue, 1979).
- 28 de septiembre de 1926. La tormenta tropical destruyó buena parte del balneario (Villa del Mar) y del Club de Regatas. El ciclón alcanzó una velocidad del viento máxima de 200 km/h, entró de lleno hacia las 10:00 horas. Arribó con fuerza sobre la ciudad, hundiendo cinco pailebotes, dos remolcadores y una lancha; se llevó los techos de las casas, arrancó árboles y cables de electricidad (García, 1994). La trayectoria de la misma tormenta inicio desde el Caribe, cruzó la Península de Yucatán entrando por la bahía de la Asunción y penetrando al Golfo, entre Campeche y Laguna de Términos, después se desplazó hacia Veracruz (Luna, 1994).
- 18 de agosto de 1931. Una tormenta tropical procedente del Caribe, alrededor de los 18° N, cruzó el sur de la Península de Yucatán, salió por Campeche, pasó frente a Veracruz y tocó tierra cerca de los 20° N.
- 16 de septiembre de 1931. Un huracán desde el Caribe, cruzó la península de Yucatán con trayectoria casi recta alrededor de los 19° N, ingresó por el norte de Alvarado y afectó Veracruz.
- 3 de octubre de 1932, el huracán, con trayectoria similar al anterior, afectó las costas de Veracruz.
- 10 de octubre de 1950. El huracán Ítem, con trayecto parabólico desde el norte de la Bahía de Campeche, afectó principalmente Antón Lizardo y Boca del Río.
- 29 de septiembre de 1955. Con trayectoria parecida a la de agosto de 1931, la banda exterior del huracán Janet afectó Palma Sola, La Antigua y Veracruz.
- 30 de junio de 1961. Una depresión tropical frente a las costas de Tabasco-Coatzacoalcos, con dirección oeste afectó el norte de Veracruz con abundantes lluvias.
- 15 de septiembre de 1984. Arriba de los 20° N, en la curva de 180° la tormenta tropical Eduardo se acercó a las costas de Antón Lizardo, Alvarado y Veracruz.
- 21 de octubre de 1995. El huracán Roxana, desde el mar Caribe cruzó la Península de Yucatán por los 20° N, ingresando a la bahía de Campeche para comportarse erráticamente en el Golfo de México debido a la influencia de dos eventos de frentes fríos, hasta descender a la altura del centro del Estado de Veracruz.

Fenómenos hidrometeorológicos

Las tormentas tropicales; y los huracanes

Jurkán o Huracán, que llamaban *corazón del cielo y de la tierra*, es voz lingüística de los mayas Kiche de Guatemala. Su etimología es *hum*: un, uno; *ra*: suyo, su de él; *kan*: pie. *Huracán*, El de un pie, o el unípodo. Este fue conocido con diferentes nombres en las culturas del Caribe y México (Comunicación Personal, Téllez, 2005).

Los fenómenos hidrometeorológicos se identifican con nombres femeninos y masculinos de un listado preestablecido por el Comité de Huracanes de la Región IV de la Organización Meteorológica Mundial conforme se van presentando (Rosengaus, 1998). Estos fenómenos naturales se clasifican de acuerdo con su intensidad en cinco grupos en la escala de Saffir-Simpson (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación Saffir-Simpson.

Saffir-Simpson (Categoría)	Velocidad del viento (km/hr)	Marejada Altura de la Ola, (metros)	Daños
Categoría I	De 119 - 153	1.5 a 1.9	Mínimo
Categoría II	De 153 -177	2.0 a 2.5	Moderado
Categoría III	De 177 - 209	2.6 a 3.9	Extensivo
Categoría IV	De 209 - 250	4.0 a 5.5	Extremo
Categoría V	Mayores de 250	Mayor a 5.6	Catastrófico

El fenómeno por sí mismo no guarda relación aritmética con su categoría. Su comportamiento es continuo en su intensificación y decaimiento. Su permanencia en un punto dado puede ser causa de mayor riesgo y afectación en sitio determinado.

Existe un acervo bibliográfico bastante sustantivo sobre este fenómeno en su aspecto meteorológico y con una experiencia acumulada enorme que se aplica por organismos nacionales e internacionales a través de comités de protección civil, que atienden efectos de estos fenómenos en operaciones de rescate y acción posterior al desastre y, en algunos casos, de planeación para minimizarlos.

Se proporcionan medidas de emergencia y recomendaciones a la población en general como también se aplican planes bien definidos como el Plan DN-3 de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA). Antes de la atención a la emergencia existen recomendaciones principalmente dirigidas para evitar el daño por el viento y la precipitación pluvial (inundaciones, interrupción de la energía, oleaje, niveles máximos en crecidas de ríos, carreteras y otros). También información completa se puede encontrar sobre el origen, trayectorias y probabilidad de impacto en áreas de interés. Esta información puede ser consultada tanto en la página web del Servicio Meteorológico Nacional (smn.cna.gob.mx), Centro Nacional para la Prevención de Desastres (www.cenapred.unam.mx), como en la página web de la National Oceanic and Atmospheric Administration (www.noaa.gov).

En específico, para el caso de las costas se puede tener una referencia de los efectos esperados por estos fenómenos hidrometeorológicos con base al oleaje esperado según la categoría del fenómeno tal y como es presentado en la tabla 2, (Landsea, 2006). Estos efectos dependerán, entre otros factores, de la batimetría, tipo de terreno en la costa y construcciones en el litoral.

Tabla 2. Descripción de daño por categoría de ciclón.

Categoría	Nivel de daño	Descripción del daño	Ejemplo
I	Mínimo	Daño a vegetación: arbustos, follaje, no daño a estructuras. Daño a vivienda pobremente construida. Inundación en carreteras y zonas no bien drenadas.	Huracán Earl (1998)
II	Moderado	Daño considerable a la vegetación (caída de árboles). Campamentos de exploración, señalamientos carreteros, anuncios, muelles de madera, marinas, y otros.	Huracán Georges (1998)
III	Extenso	Daño en estructuras, inundaciones. Cierre de carreteras 3-5 horas antes del arribo del huracán. Evacuación de asentamientos en zonas bajas	Huracán Frank (1996)

		susceptibles a inundación o cercanos a las playas o a 10-15 kilómetros de las playas.	
IV	Extremo	Carreteras cerradas 3-5 horas antes que el centro del huracán se presente. Evacuación de la población a una distancia de 4 kilómetros de la playa. Evacuación de zonas de construcción pobre sobre de 10-24 kilómetros de distancia de las playas.	Huracán Betsy (1965)
V	Catastrófico	Árboles destruidos, señalizaciones destruidas. Daños a ventanas, puertas. Edificios, industria, inundaciones. Destrucción de casas, puentes en ríos, carreteras.	Huracán Gilberto (1988) Huracán Katrina (2005) Huracán Camille (1969)

La experiencia en los Estados Unidos de América en el año 2005

Es posible entender a través de los problemas que se presentaron durante los eventos meteorológicos recientes (huracanes Katrina y Rita) que afectaron la costa de los Estados Unidos (EU), evaluando y aprendiendo de estas experiencias para desarrollar nuestra metodología partiendo de las carencias que se demostró existían para atender estos efectos en los EU y aplicarla a nuestro estado para evitar, minimizar y controlar los riesgos antes de sufrir las consecuencias ocurridas en otros países.

El huracán Katrina afectó en gran escala a municipios (parishes) en el estado de Louisiana que alojaba 66 plantas químicas, almacenes y otros establecimientos; todos estos establecimientos generaban residuos tóxicos en aproximadamente 2723 millones de toneladas (Toxic Release Inventory, TRI, 2002). El TRI es el inventario de compuestos tóxicos que las industrias deben reportar anualmente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA).

Estos compuestos pueden ser emitidos al ambiente o ser generados como residuos, por lo que se presume que pueden estar presentes en el sitio de reporte en un tiempo dado.

Aunque el TRI reporta información sobre la generación de 581 sustancias, en México, el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) sólo demanda el reporte de 104 sustancias anualmente.

Los compuestos químicos con los efectos en la salud más graves que se detectaron en Louisiana fueron:

Amonio: Neurotoxina corrosiva
Formaldehído: Carcinógeno, neurotóxico.

Acetonitrilo: Carcinogénico y neurotóxico.

N-Hexano: Neuro tóxico, interfiere con el sistema reproductivo.

Xileno: Neurotóxico,

Benceno: Carcinógeno neurotóxico.

Cianuros neurotóxicos algunos carcinógenos, desarrollan toxinas, interfieren con el sistema reproductor.

El monitoreo realizado tanto en cuerpos de agua continentales como marinas, mostró la presencia de coliformes totales como de *Escheriquia coli* a niveles arriba de los límites recomendados por las autoridades sanitarias.

Así también, se encontró presencia de compuestos químicos, tanto volátiles como semivolátiles. Dentro de los volátiles se identificaron benceno y tolueno metales pesados (Cd, Pb, Cr hexavalente, As, Se, pesticidas, herbicidas, bifenilos policlorados (PCB's), ácidos orgánicos como el 2.4- dicloro fenil acetico.

Se debe considerar que una vez que el fenómeno meteorológico se terminó, una gran cantidad de terreno contaminado quedó expuesto y cubierto por una gran cantidad y variedad de residuos, los cuales deben ser retirados del terreno afectado realizando para esto actividades de detección, separación, tratamiento y disposición por metodologías especialmente diseñadas para este propósito.

Los residuos animales igualmente deben ser manejados como residuos peligrosos.

Por lo anteriormente mencionado se sugiere que en el estado de Veracruz, a la brevedad posible, funcione un laboratorio para caracterizar las condiciones ambientales existentes, cuando menos en las zonas sujetas al embate potencial de este tipo de fenómenos, con el fin de poder comparar la calidad ambiental antes y después de éste.

Riesgos químicos e hidrometeorológicos en el estado de Veracruz

Además de estas sustancias químicas presentadas como ejemplo, existen en la industria localizada en el estado de Veracruz una gran cantidad de sustancias tóxicas que son solubles en el agua y pueden ser lixiviadas al subsuelo, o bien, ser depositadas en los cuerpos de aguas superficiales y aun llegar al sistema marino, lo cual representa un importante riesgo tanto a nivel individual como poblacional⁴.

En la **tabla 3** se describen los usos y extracción del agua en México, reportados en 1998. (CNA, 1999).

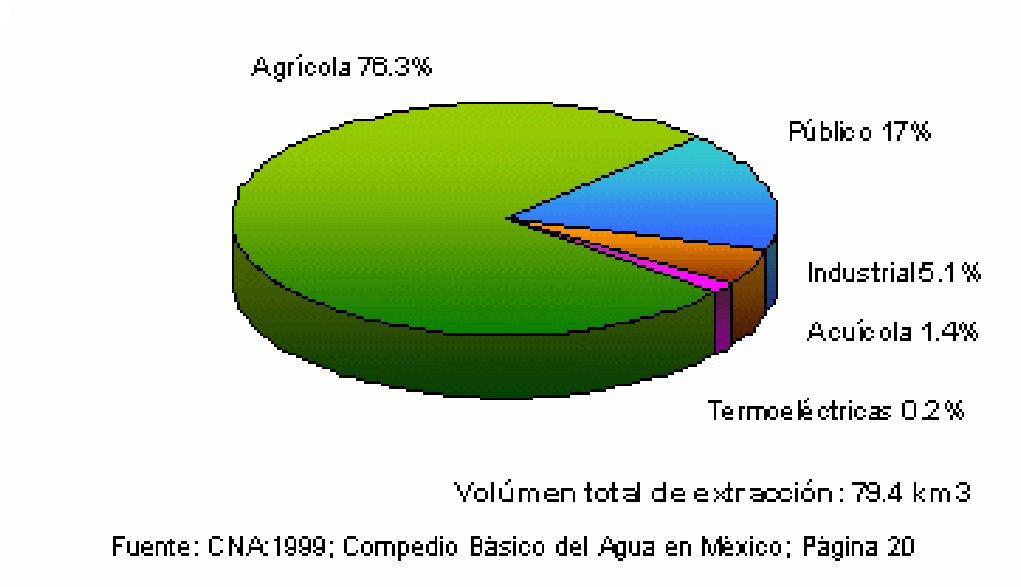
Tabla 3. Uso del agua en México.

Uso	Superficial (km ³)	Subterráneo (km ³)	Volumen total (km ³)
Agrícola	44.4	16.1	60.5
Público (incluye industria y servicios)	4.1	9.4	13.5
Industrial	1.6	2.5	4.1
Acuícola	1.1	0	1.1
Termoeléctricas	0.	0.2	0.2
Total	51.2	28.2	79.4

Fuente: CNA, 1999 Compendio Básico del Agua en México. Página 20.

Así mismo, en la figura 2 se describen los porcentajes de extracción de usos consuntivos.

Figura 2. Porcentaje de agua en México extraída para usos consuntivos.



Por último, en la figura 3 se muestran los porcentajes en volumen de descargas de aguas residuales por los diferentes giros en México.

Figura 3. Porcentaje de descargas de aguas residuales en México.



En la siguiente tabla (4) se muestra la dotación promedio de agua según el clima de México.

Clima	Población rural (l/hab/día)	Población urbana (l/hab/día)
Cálido	185	242
Semi-cálido	130	197
Templado	100	175

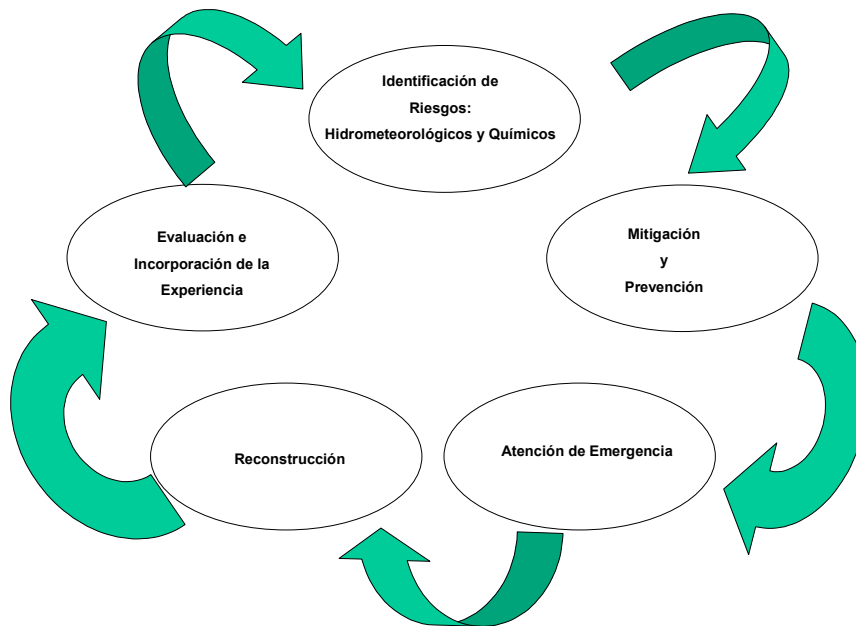
Tabla 4. Disponibilidad del agua en México según el tipo de clima.

De esto se concluye la gran importancia que tiene el proteger de los eventos hidrometeorológicos las industrias, operaciones, tratamientos de aguas municipales e industriales, rellenos sanitarios, cubiertas sanitarias y basureros al aire libre como también letrinas, fosa sépticas, escuelas, hospitales y otros.

Por estas razones y haciendo un buen uso de la gran información existente (CNA, CENAPRED, INAH), en relación a las inundaciones, velocidad del viento, topografía e hidrología y otras características de la zona, se sugiere determinar y considerar el riesgo químico como prioritario en el estado de Veracruz, haciendo una labor de prevención adecuada para evitar, en caso de una contingencia producto de huracanes, la contaminación en los ecosistemas, el agua, el aire y el suelo, con el fin de salvaguardar la salud pública en el Estado.

La figura 5, presenta el ciclo recomendado por el CENAPRED con la incorporación del concepto de Riesgo Hidrometeorológico y Químico.

Figura 5. Incorporación del concepto de riesgo hidrometeorológico y de riesgo químico, CENAPRED.



Este capítulo tiene como finalidad señalar la importancia que tiene investigar el riesgo ambiental a la población por eventos meteorológicos como son los ciclones y huracanes.

A su vez, estos fenómenos naturales pueden ocasionar que se presenten otro tipo de riesgos como los químicos. Es decir, un huracán puede originar que se afecte al sector industrial y municipal, provocando que se incorporen al ambiente sustancias peligrosas (sólidas, líquidos o gaseosas), roturas de tuberías, daños a sistemas de almacenamiento, por ejemplo sistemas que transportan sustancias peligrosas etc., obteniéndose, como consecuencia, que estos materiales se incorporen al ambiente y, en el peor de los casos, tengan un efecto directo e indirecto sobre la población y los ecosistemas.

Asimismo, el estado de Veracruz cuenta con un gran número de industrias, destacándose las industrias petrolera, petroquímica, azucarera, química, generación de energía eléctrica, alimentaria, agrícola, etc.

El uso de sustancias químicas sin duda representa un riesgo para la población cercana a estos sitios en donde se manejen dichas sustancias, así como en los lugares por donde se transportan.

Las materias primas que utiliza la industria se transportan por diversas vías entre las que se pueden mencionar: carreteras, ferrocarriles, barcos y tuberías. El transporte de estas sustancias representa un riesgo, ya que en el caso de presentarse un accidente se puede tener eventos como fuga, incendio, explosión o derrame. Debido a lo anterior, se debe conocer en dónde se producen las sustancias químicas, las rutas utilizadas en su transporte, los sitios donde se almacenan, así como los residuos generados y sus características de peligrosidad.

De acuerdo al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), los riesgos que implica una actividad industrial pueden ser clasificados como:

Riesgos convencionales

Riesgos específicos

Grandes riesgos potenciales

Riesgo intrínseco del proceso industrial

Riesgo de instalación

Este tipo de riesgo depende de las características del sitio en donde se encuentre ubicado y en donde pueden existir factores que magnifiquen los riesgos que puedan derivar en accidentes. Estos factores pueden ser: condiciones meteorológicas, vulnerabilidad de la población, ecosistemas frágiles, infraestructura para responder a accidentes, etc.

En este último tipo de riesgo (de instalación) es cuando el problema es más complejo que el que representa uno de tipo natural, como lo es un huracán, pues se adicionan los riesgos de tipo químico, como producto de la interacción de los compuestos químicos presentes (materia prima, productos y residuos) con los factores propios del huracán (vientos, inundaciones, derrumbes, deslaves, etc.).

La actividad productiva en las diferentes instalaciones industriales generalmente implica el manejo y almacenamiento de sustancias químicas. Muchas de estas sustancias son peligrosas debido a sus propiedades de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, reactividad y corrosividad.

Clasificación oficial de sustancias peligrosas

Las sustancias peligrosas son clasificadas por:

Secretaría de Trabajo y Previsión Social para los centros de trabajo de acuerdo con la NOM-018-STPS-2000. "Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas".

Secretaría de Comunicaciones y Transportes "Reglamento para el Transporte Terrestre de Sustancias y Materiales Peligrosos".

NOM-002SCT-2003 “Listado de sustancias y materiales más usualmente transportados”.
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales: “Primero y segundo listados de actividades altamente riesgosas”.

NOM-052-ECOL-1993 “Características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente”.

El 11 de abril de 1997 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo mediante el cual la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) establece los mecanismos y procedimientos para obtener la Licencia Ambiental Única (LAU), mediante un solo trámite, así como la actualización de la información de emisiones contaminantes, en el primer cuatrimestre de cada año, mediante la Cédula de Operación Anual (COA).

Ambos instrumentos forman parte del Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental de la Industria (SIRG).

Recientemente la autoridad ambiental federal (SEMARNAT) ha promulgado el Reglamento en Materia del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), que exige el reporte anual de sustancias consideradas como peligrosas apoyándose con un listado de 104 sustancias que aparecen en la norma NMX-118. Este registro puede y debe hacer uso de la LAU y la COA.

La información que se debe de tomar como punto de partida será la Licencia Ambiental Única y la Cédula de Operación Anual, las cuales son exigidas por el Gobierno Federal y consiste de datos técnicos de emisiones y descarga al aire, agua o suelo. Al incorporarse el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, el reporte se podrá aumentar en número de sustancias identificadas cualitativa y cuantitativamente, además de incorporarse la transferencia de contaminantes.

Las características de la LAU son:

- Única por establecimiento industrial
- Integra: Impacto Ambiental
 - Emisiones a la atmósfera
 - Residuos peligrosos
 - Servicios hidráulicos
- Es obligatoria para establecimientos de jurisdicción federal en materia de atmósfera, nuevos o que deban regularizarse.
- Puede solicitarse de manera voluntaria vía relicenciamiento.
- Se emite por única vez. Deberá actualizarse por aumento de la producción, ampliación de la planta o cambio de razón social.

Ahora bien, las características de la Cédula de Operación Anual son:

- Genera información anual multimedios sobre la emisión y transferencia de contaminantes.
- Da seguimiento a la operación del establecimiento.
- Permite actualizar, si es el caso, las condiciones de licenciamiento.
- Apoya a la toma de decisiones en materia de protección ambiental.
- Contribuye a la formulación de criterios y políticas ambientales.

Establecimientos (fuentes fijas) a los que se aplica la LAU de jurisdicción federal son los siguientes sectores:

1. Petróleo y petroquímica
2. Química
3. Pinturas y tintas
4. Metalúrgica (incluye siderúrgica)
5. Automotriz
6. Celulosa y papel
7. Cemento y cal
8. Asbestos
9. Vidrio

10. Generación de energía eléctrica
11. Tratamiento de residuos peligrosos

Adicionalmente a estos giros industriales se deben considerar las actividades en municipios como tratamiento de agua potable, residual, gasolineras, hospitales, manejo de residuos sólidos, aeropuertos, tintorerías, escuelas, etc.

La secuencia de actividades que se propone para hacer la evaluación de riesgos químicos es la siguiente:

1. Identificar y localizar (inventario) las industrias que manejan sustancias peligrosas.
2. Identificar y localizar las instalaciones de servicios que usan o almacenan materiales peligrosos.
3. Determinar tipo y cantidad de sustancias peligrosas que se manejan.
4. Identificar las propiedades físicas y químicas de las sustancias peligrosas.
5. Identificar las condiciones de almacenamiento y sistemas de seguridad.
6. Identificar la trayectoria, longitud y diámetro de las tuberías que transportan sustancias peligrosas.
7. Identificar las rutas de transporte y distribución de sustancias y materiales peligrosos.
8. Identificar y evaluar la naturaleza de los peligros asociados.
9. Conocer la naturaleza de los efectos más probables por una liberación de material peligroso. Las situaciones que se pueden presentar son: incendio, explosión, fuga de nube tóxica, derrames, lixiviación o arrastre a cuerpos de agua superficiales y subterráneos, etc.

Conclusiones y recomendaciones

La atención al riesgo químico potencial a consecuencia de fenómenos hidrometeorológicos en el estado de Veracruz, debe de ser una actividad prioritaria, ya que estos fenómenos tienen lugar de manera permanente obedeciendo al ciclo climático anual.

Dependiendo de la intensidad de estos fenómenos hidrometeorológicos será proporcional el daño y el riesgo químico potencial existente.

El proyectado crecimiento acelerado, tanto industrial como poblacional en el estado de Veracruz estará íntimamente ligado con los daños esperados en zonas vulnerables, de no considerarse un programa de prevención y atención adecuado a las emergencias suscitadas por riesgos químicos.

El programa de prevención y atención a riesgos hidrometeorológicos existente y establecido por varias instancias gubernamentales (CENAPRED, Secretaría de Marina, Secretaría de la Defensa Nacional, Secretaría de Gobernación, Protección Civil, etc.), deben considerar los riesgos químicos potenciales que pueden desencadenar estos fenómenos hidrometeorológicos.

Integrar a los análisis de riesgos hidrometeorológicos ya existentes, los riesgos químicos producidos o incrementados por este fenómeno.

Desarrollar un inventario de fuentes de contaminación ambiental en el estado de Veracruz.

La industria, tanto en el ámbito estatal como federal deberá contar con los análisis de riesgo adecuados.

Hacer uso de la información existente en la Licencia Ambiental Única (LAU) y en la Cédula de Operación Anual (COA), así como en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Las industrias de competencia estatal y municipal deberán presentar a las autoridades correspondientes, los registros similares a los requeridos por la Federación (LAU, COA, RETC).

Integrar la información obtenida por los registros anteriores mediante un análisis matricial adecuado.

Establecer un laboratorio para el conocimiento de factores ambientales con el propósito de caracterizar el medio ambiente antes y después de presentarse los fenómenos hidrometeorológicos y químicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo prestado por las siguientes personas: Dra. Georgina Fernández e Ing. Enrique Bravo (CENAPRED), M. en I. José Hernández Téllez (INAH, Veracruz) y Dr. Víctor Magaña (Sección de Meteorología Tropical Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM).

Referencias bibliográficas

CENAPRED (2004) *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*.

CNA, (1999). *Compendio Básico del Agua en México*,.20 p.

García Díaz Bernardo (1992). *Veracruz: Imágenes de su historia, Puerto de Veracruz*, 234 p.

[<http://wxp.atms.pusdne.edu/hurricane/atlantic/1888/strick>]. Marzo, 2006.

INEGI. (2000). *Marco Geoestadístico*,

INEGI-DGG. Superficies Nacional y Estatales 1999.

Landsea Chris (2006). *Subject: D1) How are Atlantic hurricanes ranked?* [www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfact/D1.html] 13 de marzo, 2006].

Luna B.C. (1987). *70 años de datos climáticos en Veracruz*. Centro de Previsión del Golfo de México/ H. Ayuntamiento de Veracruz, 38 p.

Luna B.C. (1994). *Crónica de los Huracanes en el Estado de Veracruz*. Gobierno del Estado de Veracruz – Llave. *Testimonios*, 133p. Xalapa.

NET.org Environmental health Toxic stew: Hazardous Chemicals in Hurricane Katrina floodwaters. [http://www.net.org/health/Katrina_toxics.vtln]. Último acceso 27-02-06. USA.

Téllez H.J. (2004). *Condiciones meteorológicas en la ciudad y puerto de Veracruz, del siglo XVI al XXI*. Colección Historias de San Juan de Ulúa en la Historia. Volumen V. INAH, México. 159 pp.

Téllez M. J. (2005). Comunicación Personal.

Rosengaus M. (1998). *Efectos destructivos de ciclones tropicales*. MAPFRE.

US-EPA (2003). Toxic Release Inventory.