



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
"CAMILO CIENFUEGOS"  
FACULTAD DE INGENIERIAS QUÍMICA – MECANICA.**

# **MONOGRAFÍA**

**LA IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD  
INDUSTRIAL EN LA FORMACIÓN DE UNA  
CONCIENCIA MEDIOAMBIENTALISTA EN LOS  
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA QUÍMICA.**

Ing. Julio Serpa Suárez.

Ing. Alicia López Rodríguez

Departamento de Química e Ingeniería Química.

Noviembre, 2006

## **La importancia de la Seguridad Industrial en la formación de una conciencia medioambientalista en los estudiantes de Ingeniería Química.**

**Autores: Ing. Julio Serpa Suárez.**

**Ing. Alicia López Rodríguez**

**Dpto. de Química e Ingeniería Química**

### **Introducción**

En mayo de 1998 en Ginebra, Suiza, el Presidente de la República de Cuba, Dr. Fidel Castro Ruz planteó: "Nuestro mundo caótico de hoy necesita orden para que la naturaleza no sea destruida, los mares, los ríos y la atmósfera dejen de ser envenenados, los suelos no pierdan su capa fértil, los desiertos no crezcan, los bosques no desaparezcan, el clima no cambie y los 10 000 000 000 de habitantes que seremos dentro de sólo 50 años no mueran de enfermedad y hambre".

Fidel estaba planteando el mayor problema de la llamada economía sostenible, que implica el desarrollo de forma que la naturaleza no sea destruida y que el planeta sea habitable para las generaciones presentes y futuras.

El desarrollo intensivo de la producción industrial va acompañado de considerables alteraciones en las propiedades del medio natural que circunda al hombre. Por eso los intereses del desarrollo de la economía, con frecuencia, contradicen la solución del problema ecológico fundamental: la conservación de las condiciones óptimas del medio de vida (Paskang, 1983)

Los objetivos económicos y ecológicos deben coincidir en la utilización de los recursos naturales. Por eso, es necesario aplicar, cada vez con mayor frecuencia medidas especiales dirigidas a una conservación de las condiciones ecológicas del medio en el proceso de la producción social y para ello hay que dotar a las nuevas generaciones con los conocimientos necesarios para llevar a cabo esa importante tarea.

La función formadora de la universidad no se limita a conocimientos y habilidades, sino también, y a la par, a la formación y consolidación de valores. Las universidades deben ganar cada vez mayor conciencia de que los retos son académicos y científicos, morales y éticos (Vecino Alegret, 1997)

En la formación de los ingenieros químicos es de vital importancia el desarrollo de una conciencia medioambientalista ya que la Industria Química, por sus características, es una industria que origina en el proceso de producción una considerable cantidad de residuos, muchos de ellos tóxicos, pero además pueden producirse accidentes que atenten contra las personas y el medio ambiente por lo que se hace necesario la implementación de una cultura de seguridad industrial

desde las aulas universitarias en los futuros egresados, aspecto que trata este trabajo.

### **Desarrollo**

En la especialidad de Ingeniería Química en las asignaturas Ingeniería de Procesos IV y Preparación para la Defensa entre sus contenidos se les imparte a los estudiantes algunos conceptos referentes a la seguridad industrial y defensa civil, de manera que los mismos puedan tener una concepción de su importancia, así como en las diferentes asignaturas de la disciplina integradora Ingeniería de Procesos que se desarrollan en las industrias del territorio se constata en la práctica lo estipulado en cada centro de trabajo.

No obstante se considera que dada la importancia que tiene esta temática para la formación de valores en los estudiantes se hace necesaria la ampliación de las asignaturas donde de una manera u otra se trate este tema en función de los objetivos instructivos de cada una de estas asignaturas, para lo cuál se requiere por parte de los docentes de una revisión de los contenidos de sus respectivas asignaturas y una posterior inclusión de algunos aspectos de seguridad industrial vinculados a ellos.

Los fenómenos tecnológicos están presentes en relación con el desarrollo industrial y la tecnología utilizados en el proceso empleado. A partir de lo anterior se determinan un conjunto de riesgos, de los cuales en el presente trabajo se trata sólo el riesgo tecnológico.

El crecimiento industrial y rural del país ha aumentado, y también el número de actividades en que se manipulan sustancias químicas peligrosas y otras; por lo que ha crecido también el transporte de estas, como por ejemplo el cloro y el amoníaco, que son críticos debido a su amplio uso en todo el país.

Las condiciones de vulnerabilidad en Cuba se han reducido considerablemente en los últimos treinta años. Las principales razones de esta reducción son:

- La creación de un sistema de medidas de protección de la población, la economía y el medio ambiente contra los efectos de potenciales fenómenos destructivos.
- La incorporación de medidas de prevención y mitigación de desastres en el proceso de planificación del crecimiento y las inversiones.
- El desarrollo de un cuerpo legislativo para la utilización de suelo, la regulación de aguas, bosques y obras de construcción.
- El cumplimiento de medidas estructurales, tales como: construcción de depósitos para garantizar el abastecimiento de agua a la población, su empleo en industria y agricultura, y también con un carácter regulador de las crecidas repentinas.

- La creación y el desarrollo posterior de sistemas de vigilancia y alarma sobre los principales peligros que actúan en el país, así como el fortalecimiento de las instituciones científicas.
- La mejora de las condiciones de vida de la población en sentido general y de los indicadores de salud y sociales.

Sin embargo, las mismas características socioeconómicas y físico-geográficas anteriormente descritas, tienen en sí mismas las causas de la actual vulnerabilidad de la población. Cerca de 1.740.000 personas están expuestas a producciones industriales tóxicas, debido a su utilización, almacenamiento o transporte. Los trabajadores de industrias químicas peligrosas y las poblaciones que viven en las zonas circundantes tienen un nivel de protección adecuado.

En la Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres Naturales, que tuvo lugar en Yokohama, Japón, se aprobó el *Programa de Actuación del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales*. De acuerdo con éste, dentro de los objetivos mencionados se encuentran:

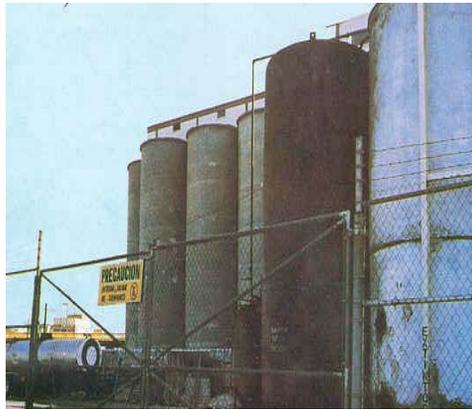
- Fortalecer y desarrollar los recursos humanos y la capacidad logística institucional para controlar los desastres, aumentando la movilización constante de recursos, por medio de la formulación de proyectos (de colaboración técnica), de la participación de agencias de *Naciones Unidas*, organizaciones no gubernamentales y el sector privado (empresas mixtas, asociaciones extranjeras autorizadas dentro del país y otras).
- Elaborar un plan nacional para la reducción de desastres, que incluye la continuidad y desarrollo del *Programa Técnico-Científico de Defensa Civil* (programa de investigación multidisciplinar para la reducción de desastres), el perfeccionamiento del *Plan de Medidas ante Desastres* (planes y respuestas de emergencia a diferentes niveles) y el perfeccionamiento y la ampliación a otros riesgos de los programas de educación y capacitación.
- Adoptar y desarrollar políticas y mecanismos de control y ejecución, que garanticen la incorporación de medidas de prevención y alivio en el proceso de desarrollo e inversiones en planificación del crecimiento y las inversiones.
- Reforzar y desarrollar el *Centro de Documentación y Referencia de la Defensa Civil* a nivel nacional, por medio de la colaboración internacional, particularmente de las oficinas de *Naciones Unidas* y las relaciones con otras instituciones regionales e internacionales.
- Elaborar un amplio programa de experiencias científicas, dirigido a continuar con la coordinación intersectorial y el desarrollo de objetivos multidisciplinarios para el control de desastres, así como a permitir el intercambio de experiencias con la comunidad científica internacional.
- Lograr la incorporación del país a los sistemas de alerta a nivel mundial y regional, así como fortalecer y desarrollar los sistemas de vigilancia, alerta y alarma rápida, para fenómenos epidemiológicos, sísmicos y meteorológicos.

Se deben tener en cuenta los siguientes conceptos que deben ser de conocimiento de los estudiantes:

**Peligro.-**Evento extraordinario o extremo, de origen natural o provocado por el hombre, que puede afectar desfavorablemente la vida humana, la economía o las actividades al extremo de causar un desastre.

**Desastre.-** Suceso de una magnitud que destruye las estructuras básicas y el funcionamiento normal de una sociedad(comunidad), ocasionándole pérdidas de vidas humanas, material o ambiental que sobrepasan la capacidad de la misma para dar respuesta utilizando sus propios recursos.

**Prevención.-** Medidas que forman parte del manejo de desastres y que deben realizarse en una etapa muy temprana del proceso de planificación del desarrollo con el fin de evitar que se produzcan situaciones de desastres. Incluye actividades diversas de carácter técnico en lo fundamental.



**Riesgo químico.-** Están clasificados dentro de las EMERGENCIAS QUÍMICAS, las cuáles representan una situación extrema de carácter local, ocasionada por la aparición de la contaminación química del aire, el agua o el terreno con el consiguiente peligro para la salud y la vida de las personas o animales o daños a los cultivos, que exija realizar acciones inmediatas y excepcionales. Estos riesgos químicos pueden estar provocados por accidentes en objetivos con peligro químico ó en transportes de productos tóxicos industriales que ocasionen el escape gaseoso o el derrame de estas sustancias.

Un factor común a cualquiera de las variantes de origen de las emergencias químicas lo es la existencia de contaminación de diferentes elementos del medio ambiente surgida de improviso y que ejerce su acción lesiva en un territorio relativamente extenso por un plazo que puede oscilar desde varias horas a varios días. Las afectaciones masivas a los seres humanos son ocasionadas generalmente por la acción de los gases y vapores de los productos tóxicos industriales (PTI) a través de las vías respiratorias. Los estudios realizados en el país a partir de experiencias internacionales, arrojan que la mayoría de los accidentes químicos se producen durante la manipulación de gases y líquidos volátiles. Esta consideración está avalada por las conclusiones del estudio realizado para elaborar el PROGRAMA REGIONAL DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PARA LA REGIÓN DE LAS AMÉRICAS.

En general existen coincidencias en que la mayor cantidad de emergencias químicas se han debido al cloro y el amoníaco, aunque no deben dejarse de tener en cuenta las ocasionadas por sustancias reactivas (nitrate de amonio, óxido de acetileno), gases o vapores inflamables (propano, etileno, etc.) o por accidentes tóxicos ocasionados por plaguicidas.

Riesgo.- Es la pérdida esperada a causa de un peligro determinado en un elemento de riesgo durante un período específico en el futuro. Según se defina el elemento expuesto el riesgo puede medirse como el número de vidas perdidas, las pérdidas económicas esperadas y la extensión de las pérdidas físicas.

¿Cuáles son los objetivos fundamentales de la seguridad en industrias y otras instalaciones políticas, sociales y económicas?

- Proteger al hombre
- La sociedad
- El medio ambiente

En la actualidad los principios básicos de seguridad se fundamentan en los principios de defensa de profundidad tomando en cuenta la prevención y la mitigación, el peso fundamental en esto lo tiene la preparación y respuesta de la entidad explotadora.

Trabajar en el nivel de cultura de seguridad, incluir en los planes de estudios a fines en las carreras universitarias elementos de seguridad y protección contra incendios, dar elementos de las normas ISO y normas cubanas del grupo 96, trabajar sobre los conceptos de defensa en profundidad como parte de la seguridad integrada es esencial en la formación integral de nuestros especialistas.

Es importante tener en cuenta las consecuencias fatales derivadas de la violación de normas de seguridad, por ejemplo, el accidente que se produjo en Seveso (Italia) en 1976, por la ruptura de un disco en un reactor de la planta Icmesa Chemical Company, donde hubo emisión de sustancias tóxicas, una de ellas dioxina (TCDD), de elevada toxicidad y probados efectos cancerígenos, reportándose numerosos intoxicados y daños muy graves en cultivos, suelos y medio ambiente. Otro caso semejante fue el accidente ocurrido en Bhopal (India).

Cuando se trabaja con sustancias inflamables es posible sufrir incendios y explosiones, y los reactores químicos no son una excepción. El incendio o explosión puede ocurrir dentro del propio reactor o en el exterior del mismo, tras la descarga total o parcial de sus contenidos. Una pérdida de contención puede resultar un peligro grave aunque las sustancias emitidas no sean inflamables o no se produzca su inflamación. Otro riesgo potencial es el vertimiento industrial incontrolado tanto para las personas como el medio ambiente.

Hoy día, casi todos los trabajadores están expuestos a algún tipo de riesgo químico porque se utilizan productos químicos en casi todas las ramas de la industria, desde la minería al trabajo en oficinas, pasando por la soldadura, la mecánica y las fábricas, etc. De hecho, los riesgos químicos son el riesgo más

grave para la salud de los trabajadores hoy día. La primera línea de defensa contra los productos químicos es conocer lo más posible las sustancias con las que se trabaja y evitar exponerse a ellas, por muy "seguras" que se piense que sean o por muy "seguras" que le hayan dicho a uno que son.

Los productos químicos pueden penetrar en el organismo (**vías de penetración**) por:

- **inhala**ción a través de los pulmones;
- **absorción** a través de la piel;
- **ingestión** a través de la boca.

Una vez que un producto químico penetra en el organismo, puede provocar distintos efectos perniciosos, entre ellos efectos inmediatos (agudos) o a largo plazo (crónicos), que pueden no aparecer hasta años después de la exposición. Los productos químicos tóxicos también pueden provocar consecuencias locales y sistémicas, según la naturaleza del producto y la vía de la exposición.

### **¿Qué tipos de efectos puede tener un producto químico tóxico?**

Hay distintos factores que determinan el tipo de efecto tóxico que puede provocar un producto químico:

- la composición química de la sustancia peligrosa (algunas sustancias son más peligrosas que otras, por su estructura química);
- la forma material del producto químico (polvo, vapor, líquido, etc.);
- la vía de penetración del producto químico en el organismo (los productos químicos tienen distintas vías de penetración. Algunos pueden entrar en el organismo por más de una vía. Según la vía de penetración, se producen distintos efectos en la salud);
- los tejidos y órganos concretos en los que el producto químico se acumula o localiza;
- la frecuencia, la concentración y la duración de la exposición; y
- la reacción de cada trabajador al producto químico, que puede variar mucho de una persona a otra.

El cuadro siguiente muestra algunos de los tipos de efectos tóxicos que determinadas sustancias químicas industriales pueden provocar. En el cuadro se indica la propiedad tóxica del producto (por ejemplo, si es carcinógeno, venenoso, provoca una reacción alérgica, etc.), la parte del organismo a la que afecta, cuánto tarda en desarrollarse la afección, el tipo de efecto que el producto químico ocasiona y algunos ejemplos de productos que provocan esos efectos.

Cuadro

**Tipos de efectos tóxicos provocados por sustancias químicas industriales**

Propiedad tóxica	Parte del organismo afectada	Tiempo que tarda en aparecer la afección	Efecto	Ejemplo
Irritante o corrosiva	Cualquiera, pero normalmente los ojos, los pulmones y la piel	De unos minutos a varios días	Inflamación, quemaduras y ampollas de la zona expuesta. Con frecuencia se cura tras una exposición aguda. La exposición crónica puede provocar daños permanentes.	Amoníaco, ácido sulfúrico, óxido de nitrógeno, sosa cáustica.
Fibrógena	Normalmente los pulmones	Años	Pérdida gradual acumulada de la función de los pulmones que provoca discapacidad y muerte si hay una exposición crónica.	Polvo de bauxita, amianto, bagazo
Alérgica	Cualquiera, pero frecuentemente los pulmones y la piel.	De días a años	En los pulmones puede provocar enfermedades crónicas similares al asma e incapacidad permanente. En la piel puede producir dermatitis profesional.	Diisocianato de tolueno (DIT), endurecedores por aminas para resinas epóxido.
Dermatítica	Según la piel.	De días a años.	Sarpullidos con inflamación y escamación de la piel. Puede proceder de una exposición crónica a productos irritantes, agentes alérgicos, solventes o detergentes.	Ácidos muy ionizados, álcalis, detergentes, tetracloruro de carbono, tricloroetileno.

Carcinógena	Cualquier órgano, pero frecuentemente la piel, los pulmones y la vesícula.	De 10 a 40 años.	Cáncer en el órgano o el tejido afectado. A largo plazo, puede provocar muerte prematura.	2-naftilamina, algunos alquitranes y aceites, benzidina, amianto.
Venenosa	Cualquier órgano, pero frecuentemente el hígado, el cerebro y los riñones.	De pocos minutos a muchos años.	Muerte de células de órganos vitales con imposibilidad del órgano de desempeñar importantes funciones biológicas. Puede ocasionar la muerte.	Tetracloruro de carbono, mercurio, cadmio, monóxido de carbono, cianuro de hidrógeno.
Asfixiante	Pulmones	Minutos	Los gases sustituyen el contenido normal de oxígeno del aire.	Acetileno, dióxido de carbono

Como se ha visto incendios, explosiones y escapes de sustancias peligrosas son los tres tipos de accidentes graves principales, y las medidas de seguridad que se adopten estarán encaminadas a impedirlos.

Para impedir y minimizar estas situaciones referidas en el trabajo se concibe un conjunto de acciones las cuales preestablece la seguridad industrial que se pueden ordenar de la siguiente forma: Medidas y precauciones de seguridad durante el enfrentamiento a emergencias, Sistema de clasificación de riesgos, Placas de identificación, Guías de respuestas a emergencias químicas, Control de incendios y derrames, Medios de protección personal, Requisitos para el aislamiento inicial y distancias de acción protectora en accidentes provocados por cloro y amoniaco.

Los fundamentos jurídicos son determinantes en el cumplimiento de las normas de seguridad y cuidado del medio ambiente, como la necesidad del acatamiento a la Resolución 58/98 que pone en vigor las **REGULACIONES GENERALES PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES EN SITUACIONES EXCEPCIONALES**, formando parte del sistema integral de protección.

Los aspectos expuestos en éste trabajo son de plena incidencia en las disciplinas y asignaturas de la carrera de Ingeniería Química y se puede concretamente citar en algunas como: Ingeniería de Procesos IV y de forma general en la IP, también

en las Operaciones y Procesos Unitarios específicamente VII y IX; en Principios de Ingeniería Química II tiene gran aplicación.

En la formación del ingeniero químico es obvia la necesidad de un conocimiento amplio sobre la seguridad industrial, las normas de cuidado del medio ambiente y la adopción de una cultura jurídica al respecto.

La tabla que se presenta a continuación es el resultado de un trabajo de análisis de accidentes provocados por derrames de amoníaco y cloro, que representa algunos de los conocimientos que debe tener el graduado de la carrera, para el desarrollo de sus responsabilidades profesionales, políticas, económicas y sociales, en su desempeño posterior.

**TABLA DE DISTANCIAS DE AISLAMIENTO INICIAL Y ACCIÓN PROTECTORA**

<i>Sustancias</i>	<i>Derrame pequeño</i>			<i>Derrame grande</i>		
	<i>Zona de aislamiento</i>	<i>Zona Protectora</i>		<i>Zona de aislamiento</i>	<i>Zona protectora</i>	
		<b>Día</b>	<b>Noche</b>		<b>Día</b>	<b>Noche</b>
	-			-		
<i>Amoniaco</i>	<i>30 m</i>	<i>0,2 km</i>	<i>0,3 km</i>	<i>95 m</i>	<i>0,3 km</i>	<i>0,8 km</i>
<i>Cloro</i>	<i>60 m</i>	<i>0,3 km</i>	<i>0,8 km</i>	<i>185 m</i>	<i>0,8 km</i>	<i>3,1 km</i>

Esta tabla en los ejemplos de emergencia de accidente de amoníaco o cloro da la medida de la respuesta a la situación.

### **CONCLUSIONES**

En la formación de los ingenieros químicos es de vital importancia el desarrollo de una conciencia medioambientalista ya que la Industria Química origina una considerable cantidad de residuos, muchos de ellos tóxicos, pero además pueden producirse accidentes que atenten contra las personas y el medio ambiente por lo que se hace necesario la implementación de una cultura de seguridad industrial desde las aulas universitarias en los futuros egresados.

El trabajo desarrolla un conjunto de aspectos teóricos a modo de ejemplo que dan una visión de la necesidad de integrar los mismos a los conocimientos en las disciplinas integradoras y específicas de la carrera de Ingeniería Química, así

como de la actividad de Seguridad Industrial de forma breve, relacionada con el cuidado del medio ambiente.

Sobre la base de la revisión del Plan de Estudio, se propone la inclusión en algunas disciplinas de contenidos que aborden la Seguridad Industrial para una mayor formación profesional de los graduados, teniendo en cuenta las normas y regulaciones jurídicas relacionadas con seguridad y medio ambiente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Almirola, Isaura. Manual de Respuestas a Emergencias Químicas. Dpto de Extinción. Cuerpo de Bomberos. 2001
- Paskang, K. V. Protección y transformación de la naturaleza. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, 1983
- Santamaría, J. y otros. Ingeniería de Reactores. Editorial SINTESIS. Madrid. 2001