

BASES PARA EL MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS, EN LABORATORIOS DE DOCENCIA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, UNIVERSIDAD DE CARABOBO.

Colmenares, M. Cristina
Centro de Investigaciones Ambientales de la Universidad de Carabobo (CIAUC).
Valencia. Estado. Carabobo. Venezuela.
e-mail: mariacristina134@gmail.com

Resumen: Este trabajo plantea las bases para el manejo de sustancias químicas peligrosas, de acuerdo a las normativas, en laboratorios de docencia de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo. Incluye diagnóstico de condiciones de manejo en aspectos ambientales que involucran sustancias químicas peligrosas en actividades de laboratorios, para minimización, reutilización, tratamiento y disposición de los desechos. La escuela, según el Decreto 2635, puede considerarse gran generadora de desechos químicos, ya que la cantidad de sustancias peligrosas descartadas, con riesgo clase 4, supera en 85% al límite establecido de 100 Kg o más al año. Además, de acuerdo al inventario, se manejan materiales peligrosos inflamables, corrosivos, reactivos y tóxicos generando alto riesgo. Se debe implementar un manejo adecuado y sus respectivos tratamientos fisicoquímicos. Se recomienda realizar investigaciones para trabajos en micro escala en vez de métodos tradicionales de laboratorio.

Palabras clave: Sustancias químicas peligrosas, manejo de materiales peligrosos, laboratorios, alternativas de tratamiento.

BASIS FOR MANAGEMENT OF HAZARDOUS CHEMICALS IN TEACHING LABORATORIES OF THE UNIVERSITY OF CARABOBO'S CHEMICAL ENGINEERING SCHOOL

Abstract: This paper proposes a management for hazardous chemicals, based on existing standards in teaching laboratories of the University of Carabobo's Chemical Engineering school. It includes diagnosis of handling conditions and current status of environmental issues that involve hazardous chemicals in laboratory activities for minimization, reuse, treatment and disposal of waste. The school, according to the 2635 decree, can be seen as a major generator of chemical waste, as the amount of hazardous substances discarded, with risk level 4, exceeds by 85% the limit of 100 kg / year. Besides, according to the inventory, dangerous materials (that are flammable, corrosive, reactive and toxic) are handled, which is a high risk; so, an appropriate management and their physicochemical treatments should be implemented. It is advisable to do research by resorting to micro scale work instead of traditional laboratory methods.

Key words: Hazardous chemicals, hazardous materials, laboratories, treatment alternatives.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los problemas ambientales son una convergencia de varios aspectos interdependientes que se manifiestan a través del cambio climático, la disminución de la disponibilidad de agua, la disminución de tierras fértiles, la pérdida de biodiversidad, los cuales son causados, la mayoría de las veces, por el hombre. Dentro de este marco de ideas muchas universidades consideran los asuntos ecológicos como un eje transversal dentro de sus programas curriculares. En el interior de las instituciones del mundo entero han surgido diferentes alternativas para solucionar esta crisis ambiental, tales como el reciclaje, reutilización y uso de nuevas tecnologías, entre otras; visión que se enmarca no sólo en lo meramente legal ambiental, sino en el marco de la responsabilidad social de las empresas. (Cortinas de Nava, 2005).

En las universidades venezolanas se están dando algunos pasos en materia ambiental; éstos han sido y son la base fundamental de pequeños pero valiosos cambios. Quizás su debilidad ha sido la poca sensibilización de la ciudadanía y la aplicación no rigurosa del marco jurídico ambiental existente.

En todos los casos, el manejo deficiente de los desechos peligrosos puede ser la causa de situaciones de deterioro ambiental que se reflejan en una pérdida del bienestar de la población y pone en riesgo la salud de aquellos sectores de la comunidad que, directa o indirectamente, están en contacto con desechos peligrosos.

En estos aspectos es donde radica la importancia del presente trabajo que tiene por finalidad plantear las bases para manejo integral de las sustancias químicas peligrosas, de acuerdo a la normativa vigente, en los laboratorios de docencia de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo (EIQ-UC); ya que el manejo inadecuado y la acumulación de los desechos generados en dichos laboratorios, puede constituir una de estas situaciones de deterioro ambiental.

METODOLOGÍA

Para llevar cabo la investigación planteada, se parte del hecho de que cada objetivo específico corresponde con los pasos para alcanzar el objetivo general del estudio (Balestrini, M., 2001). En atención a lo anterior los procedimientos metodológicos están organizados en tres fases que representan los objetivos que se pretende alcanzar:

Fase 1: Diagnóstico de las condiciones en el manejo de las sustancias químicas peligrosas para los laboratorios en estudio.

Para el diagnóstico de las condiciones de manejo en los laboratorios de docencia en la Escuela de Ingeniería Química, se desarrollaron las siguientes actividades específicas: una revisión del pensum de la Escuela de Ingeniería Química para determinar los laboratorios de docencia que manejan sustancias químicas peligrosas, en la cual se realizó una revisión del contenido programático de cada uno de los laboratorios, detallando las actividades de las prácticas que se desarrollan en los mismos para así determinar en cuáles de ellas se presenta el manejo de sustancias químicas peligrosas como condición crítica, permitió escoger las áreas a evaluar en esta investigación.

Luego se elaboró un inventario de todos los materiales químicos peligrosos utilizados en los diferentes laboratorios para su respectiva clasificación; de acuerdo con lo que establece la normativa vigente en nuestro país en la materia, el Decreto 2635, gaceta oficial 5.245, en el cual se presentan los lineamientos a seguir en el manejo y disposición de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos. A partir de éste se definen las características de peligrosidad que presentan las sustancias químicas que se manipulan en los laboratorios de docencia respectivos, así como sus efectos a la salud y al medio ambiente. Por último, para completar el diagnóstico se realizó una observación directa de las actividades que se llevan a cabo con los materiales químicos peligrosos que generan sustancias químicas peligrosas, en los diferentes laboratorios. En

esta actividad se llevaron a cabo las visitas a los laboratorios dirigidas por el personal técnico, para observar en forma directa las áreas que son utilizadas en cada práctica, así como también los estantes y cuartos de reactivos utilizados para el almacenamiento, ya que sirven como depósito para los recipientes que contienen sustancias químicas peligrosas sólidas y líquidas.

Es importante destacar que además se consideraron las papeleras, los drenajes de los lavaderos y otros equipos que se encuentran dentro de las instalaciones de cada laboratorio que puedan generar desechos peligrosos; y así elaborar un listado de las actividades que generan sustancias químicas peligrosas para descartar.

Fase 2: Establecer la situación actual de los aspectos ambientales de acuerdo a las actividades que se realicen en los laboratorios de docencia estudiados según la normativa vigente.

Para el desarrollo de esta fase se llevaron a cabo las actividades de acuerdo a los aspectos ambientales que se determinaron en el diagnóstico, los cuales se describen a continuación: la determinación de las cantidades y características de las descargas de sustancias químicas peligrosas generadas al agua residual la cual se basó en el listado de actividades identificadas como generadoras de las mismas, en cada laboratorio evaluado. Se realizó una revisión de la normativa para determinar las diferentes etapas de muestreo a seguir para las descargas de aguas residuales a los drenajes, las cuales se describen a continuación: se localizaron los puntos de muestreo en lugares donde las condiciones del flujo favorecen la obtención de una mezcla homogénea del mismo y se seleccionaron los puntos de acuerdo a una inspección en las zonas en las que se genera el efluente. Luego se ubicaron los puntos de muestreo en los tapones de drenaje de los sifones de cada lavadero, para cada laboratorio, garantizando una muestra representativa para el análisis.

La ubicación de los puntos de muestreo se realiza de esta manera debido a que no se

cuenta con información de planos del sistema de alcantarillado de la Facultad de Ingeniería, así como también, por la limitante económica para los trabajos de plomería que se pueden efectuar (rompiendo las tuberías) en los drenajes de los lavaderos.

El método utilizado es el volumétrico, debido a que arroja resultados confiables y no requiere de grandes inversiones o modificaciones en las prácticas. A través de este método, se mide el volumen generado por el efluente en cierto periodo de tiempo.

Para obtener una representación real de los efluentes se consideran muestras compuestas que resultan de mezclar cierto número de alícuotas (mezclas simples), recolectadas durante el periodo de muestreo.

El volumen total de muestras compuestas captadas fue de 4 litros (L) en un recipiente de plástico. El periodo de captación total de la muestra fue de aproximadamente cuatro (4) horas, debido al tiempo promedio de duración de las prácticas, en cada uno de los laboratorios. (COVENIN 2709-02).

El embalaje y transporte de las muestras hacia el laboratorio especializado donde se realizó el análisis, fue en recipientes de plásticos con una cava térmicamente aislada y utilizando hielo para garantizar que la temperatura se encuentre por debajo de 4 °C. (APHA-AWWA-WPCF, 1995). Las muestras destinadas a la determinación de metales fueron filtradas luego de su recolección y acidificadas hasta pH 2, ya que se mantuvieron almacenadas durante un mes, por disponibilidad para el análisis en el laboratorio donde se realizaron, antes de su análisis. (APHA-AWWA-WPCF, 1995)

Luego se caracterizaron las muestras recolectadas según las normas COVENIN 2709-02, Aguas residuales industriales, guía para técnicas de muestreo y la preservación de las muestras según el procedimiento y las condiciones establecidas por APHA-AWWA-WPCF, (1995). Estas especificaciones varían de acuerdo a los parámetros que se analizarán en cada una de las muestra, en cada

laboratorio en particular; las condiciones de preservación respectivas y los parámetros estudiados en los efluentes de los diferentes laboratorios, los cuales se escogieron de acuerdo a los componentes de las sustancias químicas peligrosas descartadas y a los requerimientos del Decreto 3219 (normativa vigente).

Fase 3: Análisis de alternativas de minimización de desechos químicos peligrosos

Se plantearon las alternativas de recuperación, reúso, reciclaje, para las sustancias químicas peligrosas de los laboratorios en estudio, con base en sus propiedades físicas, químicas y biológicas según la legislación del parlamento europeo (LPE).

Estas alternativas se fundamentaron en los tratamientos planteados en la Figura 1 y así lograr la minimización requerida para las sustancias químicas peligrosas descartadas.

Por último se realizó una investigación e identificación de las tecnologías disponibles para tratamiento, almacenamiento y disposición final de las desechos químicos peligrosos, donde se identificaron las alternativas en función a los fundamentos legales establecidos en el decreto 2635, Ley N° 55 y Ley integral de la basura.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este aparte se presenta el análisis de los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados, en las fases de estudio. En la fase 1, inicialmente en el diagnóstico realizado de acuerdo al contenido programático de las prácticas de docencia que se realizan en cada uno de los laboratorios pertenecientes a la escuela de Ingeniería Química, se encontró que las prácticas desarrolladas en los laboratorios de Química Analítica (LQA), Fisicoquímica (LFQ) y Química Orgánica (LQO) presentan el manejo de sustancias químicas peligrosas como una condición crítica, por la variedad de reactivos que involucran sus actividades, ubicando la investigación en estas áreas.

Con base en esto se realiza la clasificación establecida en el Decreto 2635, con la recopilación de las hojas de seguridad (MSDS) de los diferentes materiales químicos peligrosos existentes en los laboratorios en estudio, además se utilizó, para suministrar una información más detallada en el inventario, la base de datos empleada por la compañía fabricante de productos químicos J.T. Baker, la cual es un método codificado en colores para organizar adecuadamente las áreas de almacenamiento de sustancias químicas.

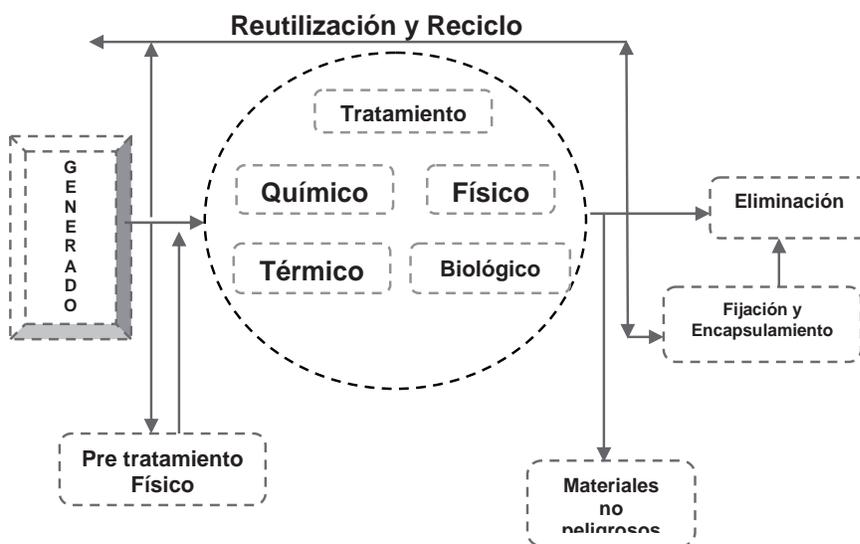


Figura 1. Sistemas de tratamientos de residuos.

Fuente: Márquez, 2007

Este sistema conocido como SAF-T-DATA®, establece un color específico en la etiqueta que indica el tipo de almacenamiento requerido, para que se almacenen juntos los productos que tienen igual color, siguiendo las recomendaciones de seguridad para cada clase de sustancias y también separando los productos con incompatibilidades específicas dentro de cada color. Como se observa en la figura 2, los ocho (8) primeros materiales están clasificados con un color amarillo (Yellow), representado con la letra Y, esta coloración es para materiales reactivos y si se evalúa en la columna de Re**, de esta figura, se encuentra que con respecto a la clasificación numérica es igual a 3, siendo su significado como muy peligroso en reactividad, la cual es la característica principal que se debe tomar en cuenta para su almacenamiento.

Si se observan los otros seis (6) materiales encontrados en la figura 2, la coloración es azul (Blue), representado con la letra B, siendo la característica principal a tomar en cuenta para su almacenamiento su toxicidad para la salud, y son desde muy peligrosos hasta mortales por ser tóxicos.

El inventario se realizó para las sustancias químicas peligrosas utilizadas en cada una de las prácticas de docencias que se realizan en los laboratorios estudiados y además se consideraron los reactivos vencidos y en desuso encontrados en cada uno de ellos, los cuales se pueden evaluar como materiales peligrosos recuperables o desechos peligrosos.

Con esta clasificación de acuerdo al decreto 2635, que se muestra en las figuras 3, 4 y 5, para los tres (3) laboratorios estudiados, se observa que existe una manipulación de sustancias químicas peligrosas muy diversas, para lo cual se amerita establecer un procedimiento adecuado para el buen desarrollo en su manejo. Clasificados todos los materiales que se encuentran en los laboratorios, se procedió a agruparlos por características de peligrosidad (por el color según saf-t-data), con la finalidad de determinar la variedad de materiales peligrosos, que existen en los laboratorios de EIQ.

Planilla de Inventario

Inventario de Materiales peligrosos utilizados en Laboratorio de Química Analítica

Composición del Material	Estado Físico	N° CAS	S**	I**	Re**	C**	Color**	Característica de Peligrosidad*	Nivel de Riesgo *	Cantidad en inventario (L ó Kg)	Ubicación Actual
Nitrato de Potasio	Sólido	7757-79-1	1	0	3	1	Y	H 10	Clase 3	3,70 Kg	CR LQA
Nitrito de Potasio	Sólido	7758-09-0	2	0	3	2	Y	H 10	Clase 3	1,00 Kg	CR LQA
Permanganato de Potasio	Sólido	7722-64-7	2	0	3	2	Y	H 10	Clase 3	0,25 Kg	CR LQA
Clorato de Sodio	Sólido	7775-09-9	1	0	3	1	Y	H 10	Clase 3	0,35 Kg	CR LQA
Nitrato de Sodio	Sólido	7631-99-4	1	0	3	1	Y	H 10	Clase 3	1,30 Kg	CR LQA
Nitrato de Plata	Sólido	7761-88-8	3	0	3	3	Y	H 10	Clase 3	0,30 Kg	CR LQA
Nitrito de Sodio	Sólido	7632-00-0	2	0	3	2	Y	H 10	Clase 3	1,00 Kg	CR LQA
Oxido de Cromo (III)	Sólido	1333-82-0	4	0	3	3	Y	H 10	Clase 4	0,50 Kg	CR LQA
Nitrato de Bario	Sólido	10022-31-8	3	0	3	1	B	H 6.1	Clase 4	1,20 Kg	CR LQA
Oxido de Plomo (IV)	Sólido	1314-41-6	3	0	1	1	B	H 6.1	Clase 3	1,30 Kg	CR LQA
Fluoruro de Amonio	Sólido	12125-01-8	3	0	1	2	B	H 6.1	Clase 3	1,00 Kg	CR LQA
Vanadato de Amonio	Sólido	7803-55-6	3	0	1	1	B	H 6.1	Clase 3	0,50 Kg	CR LQA
Arsénico cristal	Sólido	1327-53-3	4	0	1	1	B	H 6.1	Clase 4	0,30 Kg	CR LQA
Sulfato de Atropina	Sólido	5908-99-6	3	1	0	1	B	H 6.1	Clase 3	1,00 Kg	CR LQA

S: Salud; I: Inflamabilidad; Re: Reactividad; C: Al contacto; Color: indica zona ubicación según norma, R: Rojo(Inflamable), Y:Amarillo(Reactivo), B: Azul(Tóxico), W: Blanco (Corrosivos), V: Verde (Riesgo moderado) RS: Raya Roja (Incompatible con inflamables), WS: Raya blanca (Incompatible con corrosivos), YS: Raya amarilla (Incompatible con reactivos); 0: Sin riesgo, 1: poco peligroso, 2: peligroso, 3: muy peligroso, 4: mortal* Según Decreto 2635; **: Información de Saf-t-data. CR: Cuarto Reactivos

Figura 2. Ejemplo de la planilla completa y diseñada para el inventario, para el LQA.

Se observa que las sustancias químicas que presentan mayor cantidad en cada uno de los laboratorio son de las clase 1 y 2, de acuerdo al Decreto 2635, pero existe una gran variedad de materiales peligrosos (Inflamables, reactivos, tóxicos o corrosivos) dentro de las sustancias químicas que se manipulan en los laboratorio estudiados, lo cual permite determinar el alto nivel de riesgo que se tiene en la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo (EIQ-UC).

También se realizó un recorrido en cada uno de los laboratorios donde se observaron las actividades que se desarrollan en los mismos, así como las diferentes áreas que se involucran en el manejo y almacenamiento de los materiales químicos peligrosos y los desechos peligrosos. En recorrido por el LQA se observó que carece de capacidad acorde para la cantidad de reactivos que son almacenados, tal como se muestra en la Figura 6, donde se observa la presencia de recipientes colocados en el piso.

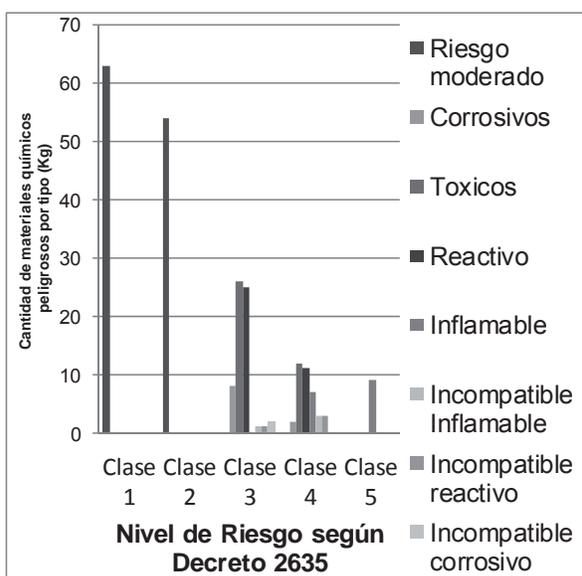


Figura 3. Materiales químicos peligrosos existentes en el LQA

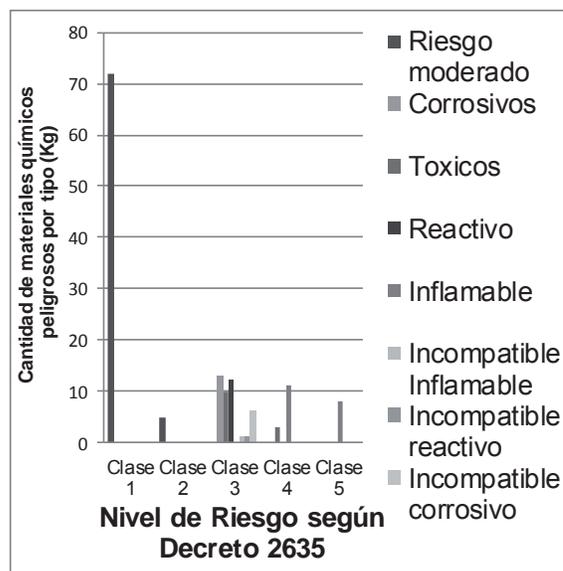


Figura 4. Materiales químicos peligrosos existentes en el LFQ

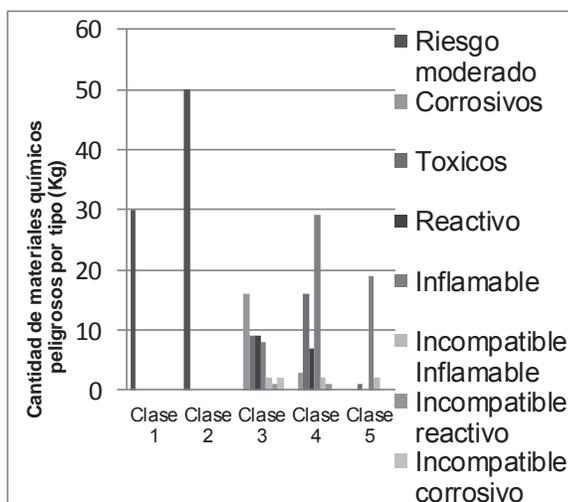


Figura 5. Materiales químicos peligrosos existentes en el LQO



Figura 6. Laboratorio de Química Analítica (LQA)

Las prácticas del LQA se realizan fuera de las campanas extractoras; éstas sólo son utilizadas para el almacenamiento de los reactivos (ácidos e hidróxidos) empleados en las prácticas. Esto se debe a que, en general, durante el desarrollo de las prácticas no se generan gases tóxicos.

En cuanto al Laboratorio de Fisicoquímica (LFQ), no se cuenta con un área definida para el almacenamiento de los reactivos sino con estantes dispuestos en el área de trabajo o práctica del laboratorio (Figura 7).

En estos estantes se almacenan los reactivos organizados según el tipo de sustancia y separados de materiales incompatibles. Así mismo, el laboratorio cuenta con un inventario que refleja los reactivos que se encuentran en existencia. Los envases que contienen los reactivos se encuentran identificados con etiquetas con información de los proveedores.



Figura 7. Laboratorio de Fisicoquímica (LFQ)

Por otra parte, el Laboratorio de Química Orgánica (LQO) no cuenta con un almacén adecuado (Figura 8), porque el espacio disponible no es suficiente para la cantidad de reactivos almacenados, ya que se observan reactivos en el piso, sobre los mesones del laboratorio y almacenados dentro de las campanas extractoras. Existen reactivos que no están debidamente identificados. El LQO no posee un inventario de reactivos, por lo tanto, fue necesaria su elaboración.

En el recorrido de todos los laboratorios se encontró que están desprovistos de equipos de protección personal, así como medidas de seguridad para un manejo adecuado de los materiales peligrosos de las diferentes clases de niveles de riesgos encontradas en el inventario realizado.



Figura 8. Laboratorio de Química Orgánica (LQO)

En función a las observaciones de las actividades que se realizan, con respecto a los daños al medio ambiente, en los laboratorios en estudio existen los siguientes aspectos involucrados en la generación de desechos peligrosos:

- ✓ Descargas de aguas residuales (drenajes): inexistencia de un recipiente destinado para el descarte de ácidos u otros químicos contaminantes y la disposición de dichas aguas residuales en la descarga a redes cloacales.
- ✓ Generación de sustancias químicas peligrosas: solventes orgánicos e inorgáni-

cos residuales, recipientes que contengan reactivos químicos, aceites y ácidos, entre otros; así como también, las servilletas de papel contaminadas por los restos de reactivos utilizados en los laboratorios, descargadas a las papeleras comunes.

estudio, para los cuales se tiene que el valor máximo del rango que se muestra para las prácticas del LQA es superior al que presentan las del LQO y éste a su vez superior a las del LFQ ; este hecho contribuye directamente en la dilución de los contaminantes presentes en

Tabla N°1. Volúmenes de agua residual descargados por práctica en los Laboratorios de la EIQ

Laboratorio	Rango del Volumen promedio descargado (V ± 0,6) L
LQA	80 – 410
LFQ	25 – 60
LQO	80 - 129

Para la fase 2 se realizó la determinación de las cantidades y características de las sustancias químicas peligrosas generadas, para lo cual primero se determinó el rango (para cada laboratorio) en que varía el volumen promedio descargado por semana y así evaluar la carga volumétrica que representan los efluentes de cada uno de los laboratorios estudiados en la Escuela de Ingeniería Química para la red cloacal. En la tabla N°1 se observan los volúmenes promedios de los laboratorios en

el agua residual proveniente del LQA; sin embargo el gasto de importantes volúmenes de agua influye negativamente en las descargas de efluentes a la red cloacal aumentando las cargas hidráulicas de contaminantes en el medio ambiente.

En la tabla N°2 se muestran los resultados obtenidos para los parámetros evaluados en los laboratorios en estudio, donde se evidencia que las prácticas del LQA, LFQ y LQO generan

Tabla N°2. Valores de los parámetros fisicoquímicos en las muestras de aguas residuales de los LQA, LFQ y LQO

Parámetros	LQA	LFQ	LQO	Límite del Decreto 3219
Cadmio (mg/L)	246,4	---	---	0,1
Cloruros (mg/L)	3350,5	---	9951,3	1000
Cobre (mg/L)	124,2	---	---	0,5
Cromo (mg/L)	156,6	---	---	2
DBO5,20 (mg/L)	2401,0	86,4	5881,8	60
DQO (mg/L)	9864,2	2193,3	22086,6	350
Detergentes (mg/L)	1618,8	7,7	661,3	2
Fósforo (mg/L)	54,8	---	168,8	1
Hierro (mg/L)	145,8	---	347,3	10
Manganeso (mg/L)	87,2	---	9,3	2
Níquel (mg/L)	19,0	---	---	1
Nitrógeno (mg/L)	886,2	---	402,5	10
Sulfatos (mg/L)	7953,9	---	12203,6	600
Zinc (mg/L)	84,3	---	46,5	5
pH	7,7	4,0	8,4	6-9

efluentes líquidos que causan contaminación, ya que ninguno de los parámetros cumple con los límites máximos establecidos con el Decreto 3219; por lo tanto, se considera necesario proponer y evaluar la eliminación del descarte de estos vertidos a las aguas de los desagües que se encuentran en cada uno de los laboratorios, con la finalidad de mejorar la situación ambiental de los mismos. Entre los parámetros que ocasionan contaminación se encontró que en la mayoría de las muestras evaluadas para los laboratorios en estudio la DBO5, DQO y detergente no cumplen con los límites establecidos (60 mg/L, 350 mg/L y 2 mg/L respectivamente) según el Decreto 3219. Además los niveles de fósforo, sulfatos, nitrógeno y cloruros que se están descargando a los desagües por los LQA y LQO ocasionan un daño al medio ambiente ya que no cumplen con la normativa vigente.

Además es importante resaltar que si se evalúa con respecto al Decreto 2635, que establece en su artículo 5, que son sustancias peligrosas las contenidas en anexos C y D del mismo, donde están los compuestos con cadmio, cobre, cromo, níquel, zinc y cloruros entre otros, los cuales se encuentran en algunas de las descargas evaluadas en el LQA, por lo que se pueden considerar estos efluentes como materiales peligrosos que requieren de un plan de manejo adecuado, así como un almacenamiento con las condiciones establecidas en este mismo decreto.

Para la fase 3 se determinaron las propiedades físicas, químicas y biológicas según la legislación del parlamento europeo (LPE) de las sustancias químicas descartadas en los laboratorios estudiados, las cuales se presentan en la tabla N°3

Tabla N°3. Clasificación de las sustancias descartadas de acuerdo a su característica de peligrosidad

Sustancias Químicas descartadas	Características peligrosas			
	Inflama	Tóxico	Reactivo	Corroe
	Disolventes halogenados	X		
Disolventes no halogenados	X			
Disoluciones acuosas inorgánicas (Bases)		X		
Disoluciones acuosas inorgánicas con metales pesados			X	
Disoluciones acuosas orgánicas (Bases)				X
Ácidos inorgánicos				X
Ácidos orgánicos		X		
Sólidos inorgánicos		X		
Sólidos orgánicos	X	X		
Material descartable contaminado	X	X		
Productos especiales: Bases con sulfuros y cianuros			X	
Líquidos orgánicos con aromáticos y fenoles	X			

y se clasifican de acuerdo a las características establecidas por SAF-T-DATA® para el almacenamiento de los mismos y a la norma COVENIN 2670, la cual es la basada en la Organización de las Naciones Unidas. Es importante resaltar que en los LQA y LQO existen sustancias que pertenecen a los seis (6) grupos que establece la LPE, lo cual ratifica que existe, al igual que en los materiales o reactivos peligrosos, una gran variedad de los mismos. Para el LFQ se encontró que se generan solo desechos que pertenecen a cuatro (4) de los seis (6) grupos, como disolventes no halogenados, disoluciones acuosas, ácidos y sólidos; además un menor número de sustancias descartadas, pero que exhiben características peligrosas.

Luego para el planteamiento de las alternativas de minimización de los desechos químicos peligrosos (DP) se utilizó el Decreto 2635, el cual en su artículo 9 establece: *“La recuperación de los materiales peligrosos tendrá como objetivo fundamental el reuso, el reciclaje, la regeneración o el aprovechamiento de dichos materiales a escala industrial o comercial, con el propósito de alargar su vida útil, minimizar la generación y destrucción de desechos peligrosos y propiciar las actividades económicas que empleen estos procesos o se surtan de estos materiales.”*

De acuerdo a este planteamiento se realizó una recopilación bibliográfica sobre alternativas de minimización de generación de desechos químicos peligrosos en los laboratorios estudiados, a través de prácticas de reducción, reuso y reciclaje.

De acuerdo a lo que se presenta en la tabla N°4 entre los procedimientos para minimizar los desechos generados en la EIQ se tiene la segregación de los desechos, el cual es muy importante porque permite tener un mayor controlen la generación de los mismos.

En la figura 10 se plantea un procedimiento detallado para la segregación de las sustancias descartadas en la EIQ, el cual se debe aplicar en cada uno de los laboratorios estudiados para un mejor desarrollo de las actividades de manejo de estos desechos.

También con la minimización se pretende la generación de menores cantidades de desechos, por lo que se recomienda la planificación de las prácticas de laboratorios con la **sustitución de materia prima** o reactivos químicos, lo cual consiste en el uso alternativo de reactivos que no generen desechos peligrosos o con menor toxicidad. Como por ejemplo el uso

Tabla N°4. Alternativas de minimización para materiales recuperables (MPR) generados en la EIQ

Listado de MPR	Minimización		
	Evitar o reducir	Reúsa	Recicla
Disolventes Halogenados	Sustitución de materia prima	PD	NE
Disolventes no Halogenados	Segregación de los desechos	PD	AE
Disoluciones Acuosas Inorgánicas (Bases)	Buena práctica operacional	NE	NE
Disoluciones Acuosas Inorgánicas con metales pesados	Segregación de los desechos	NE	NE
Disoluciones Acuosas orgánicas (Bases)	Segregación de los desechos	NE	AE
Ácidos inorgánicos	Buena práctica operacional	NE	NE
Ácidos orgánicos	Segregación de los desechos	NE	AE
Sólidos inorgánicos	Buena práctica operacional	NE	NE
Sólidos orgánicos	Segregación de los desechos	NE	AE
Material descartable contaminado	Buena práctica operacional y segregación de los desechos	NE	NE
Productos especiales: Bases con sulfuros y cianuros	Sustitución de materias primas	NE	NE
Líquidos orgánicos con aromáticos y fenoles			AE

NE: No encontrado; PD: Proceso de destilación. AE: Aprovechamiento energético

Fuente: Universidad de Concepción, Chile. 2005

de benceno, como compuesto que presenta menor toxicidad, para sustituir el tolueno en estudios de reacciones con compuestos aromáticos. (Carabias et al., 2000)

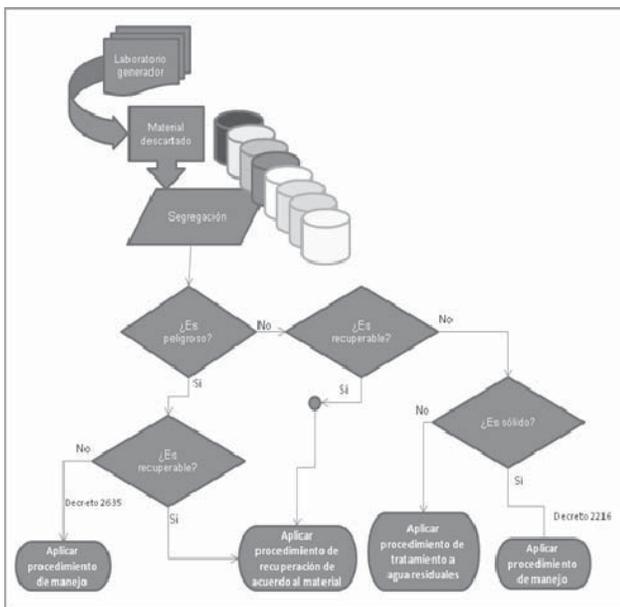


Figura 10. Procedimiento de segregación de los Materiales recuperables peligrosos y los desechos peligrosos para la EIQ

Además es importante resaltar que entre los reactivos o materiales peligrosos se encuentra una acumulación de reactivos en desuso, los cuales ya tienen finalizada su vida útil, siendo esto una cantidad de desechos que deben permanecer en el almacén temporal. Se recomienda realizar estudios con cada uno de ellos para aplicarles sus respectivos tratamientos.

Otros procedimientos que se muestran en la tabla N°4 son las **buenas prácticas operacionales**, las cuales permiten reducir la producción de desechos por excesos de reactivos utilizados, así como mejoran el desempeño de los estudiantes, docentes y técnicos en el desarrollo de las prácticas. Entre algunas de ellas se tiene (Carabias et al., 2000):

• “A los frascos de reactivos recién comprados, colocarles la fecha de recepción en la etiqueta para que se utilicen, en el almacenamiento, primero los más antiguos y así evitar la acumulación de vapores por descomposición.

• En la realización de trabajos prácticos se utilicen menores cantidades de reactivos para así generar menor cantidad de desecho. Se recomienda realizar la determinación de la cantidad mínima necesaria de cada reactivo para reportar los resultados esperados.

• Uso de embudos para facilitar el llenado de los recipientes y evitar así salpicaduras y derrames.

• Implementación de charlas a principio del semestre con el conocimiento del Plan de manejo de materiales y desechos peligrosos de la EIQ para un mejor funcionamiento”.

CONCLUSIONES

De acuerdo al inventario de las sustancias químicas utilizadas en los laboratorios, existe una gran variedad (Inflamables, Corrosivos, Reactivos, Tóxicos de materiales peligrosos) que genera un alto riesgo en la manipulación de los mismos.

El área de almacenamiento que presenta el LQA es insuficiente e inadecuada para la cantidad de sustancias químicas peligrosas que se trabaja en el mismo; el LFO no cuenta con un área para almacenarlas y el almacén del LQO es insuficiente e inadecuado, lo que presenta un riesgo para la manipulación de los mismos, estableciéndose condiciones peligrosas para el personal que labora en dicho laboratorio.

Entre las actividades que se realizan en los laboratorios estudiados, existe el descarte de las sustancias químicas peligrosas al desagüe con las aguas residuales y la generación de desechos químicos peligrosos que se mezclan con la basura común.

En las descargas a las aguas residuales el volumen de sustancias descartadas peligrosas más alto pertenece al LQA seguido por LQO

y por último el LFQ, pero todos aportan niveles de polución al medio ambiente según el Decreto 3219.

Los efluentes descargados por los laboratorios evaluados generan contaminación, porque no cumplen los parámetros DBO5, DQO y detergentes de acuerdo con el Decreto 3219. Los efluentes de los LQA y LQO presentan niveles de fósforo, sulfatos, nitrógeno y cloruros que no cumplen con la normativa vigente, causando contaminación al medio ambiente.

El LQA en sus descargas a las aguas residuales no cumple con los niveles de metales como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel y zinc, originando una carga de desechos peligrosos al medio ambiente.

Entre los procedimientos de minimización para evitar o reducir las sustancias químicas peligrosas se plantea la sustitución de materias primas, la segregación de los desechos y las buenas prácticas operacionales; para reusar se tienen los procesos de destilación y para reciclar se escoge el aprovechamiento energético.

REFERENCIAS

APHA-AWWA-WPCF(1995). Standard methods for the examination of water and wastewater. (17ma. Ed.). Washington.

Avaria, J. (2005). Transporte, almacenamiento, y manipulación de sustancias peligrosas. Concepción, Chile.

Balestrini, M. (2001). Como se elabora el proyecto de investigación. Para estudios formulativos o exploratorios, descriptivos, diagnóstico, evaluativo, formulación de hipótesis casuales, experimentales y los proyectos factibles. 5ª edición. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Caracas. Venezuela.

Carabias, J.; Provencio, E.; Cortinas, C.; Rosas, M., (2000). Manual de Comunicación de Riesgos para el Manejo de Sustancias Peligrosas, con Énfasis en Residuos Peligrosos.

Cortinas de Nava, C. (2005). Ideas sobre planes de manejo de residuos peligrosos de laboratorios universitarios: responsabilidad social de las universidades. Revista de la Universidad Cristóbal Colón Número 20, edición digital. Disponible en: www.eumed.net/rev/rucc/20/

Gobierno de Chile (2005). Guía para la elaboración de planes de manejo de residuos peligrosos. Proyecto CONAMA GTZ "Gestión de residuos peligrosos en Chile". Ministerio de salud. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-47017_recurso_2.pdf

Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. (Ley N° 55) (2001) Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 5.554 (Extraordinario), Noviembre 13, 2001. Disponible en: <http://www.defensoria.gob.ve/detalle.asp?sec=150402&id=305&plantilla=1>

Marquez, F. (2007). Manejo Seguro de Sustancias Peligrosas. Concepción, Chile: Departamento de Ing. Química. Disponible en: http://www2.udec.cl/matpel/cursos/residuos_peligrosos.pdf

Norma venezolana COVENIN 2670:2001 Materiales peligrosos. Guía de respuestas de emergencias a incidentes o accidentes. Fondonorma.

Norma venezolana COVENIN 2709:2002 Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para técnicas de muestreo, (1era Revisión). Fondonorma.

Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos (Decreto N° 2.635). (1998). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 5.245 (Extraordinario), Agosto 3, 1998.

Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia (Decreto N° 3.219). (1999). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 5.305 (Extraordinario), Febrero 1, 1999.

SURATEP (2004) Sistema de identificación de peligros saf-t-data® para manejo seguro de sustancias en laboratorios. Disponible en: <http://www.arpsura.com/cistema/articulos/483/>.

Universidad de Concepción (2005) Plan de manejo de residuos peligrosos. Universidad de Concepción. Disponible en http://www2.udec.cl/matpel/gestion_plande_manejo/planmanudec.pdf

Fecha de recepción: 02 de septiembre de 2013
Fecha de aceptación: 15 de octubre de 2013