

A Management Plan for Hazardous Substances in the Toxicology-Pharmacology and Organic Chemistry Laboratories

William Peñaloza, Nasser Jamul, Angelina Correia, Cristina De Sousa*

Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Abstract.- This research aimed to propose a plan for the proper handling of hazardous substances handled in the Laboratory of Toxicology-Pharmacology and Organic Chemistry at the School of Bioanalysis, Faculty of Health Sciences at the University of Carabobo, based on the Current Environmental Regulation. The research was of a documentary and field type, using as tools of data collection, interviews, surveys and visits to the study sites. substances used in practice were classified as hazard level, and the effluents were characterized by assessing physicochemical parameters as Biochemical Oxygen Demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), chlorides, sulphates and total nitrogen. After the data collection it was evident that all the discharges are discarded without previous treatments to the drainage and that they do not comply with the maximum permissible limits established by Decree N° 3219. Finally, it is proposed to apply a plan that includes the conditioning of laboratories and the deposit of waste, the realization of labels and safety sheets for chemical substances, the management of accounting for substances and the incineration of waste.

Keywords: waste; incineration; sulfates; regulations; biochemical oxygen demand.

Un plan de manejo de las sustancias peligrosas en los laboratorios de toxicología-farmacología y química orgánica

Resumen.- La presente investigación tuvo como finalidad proponer un plan para el manejo adecuado de sustancias peligrosas manipuladas en los Laboratorios de Toxicología-Farmacología y Química Orgánica de la Escuela de Bioanálisis, en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, basado en la Normativa Ambiental Vigente. La investigación fue de tipo documental y de campo, empleando como herramientas de recolección de datos, entrevistas, encuestas y visitas a los sitios de estudio. Se clasificaron las sustancias empleadas en las prácticas según su nivel de peligrosidad, y se caracterizaron los efluentes evaluando parámetros físico-químicos como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), cloruros, sulfatos y nitrógeno total. Luego de la recolección de datos se evidenció que todos los vertidos son desechados sin tratamientos previos al desagüe y que los mismo no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por el Decreto N° 3219. Finalmente se propone la aplicación de un plan que incluye el acondicionamiento de los laboratorios y del depósito de desechos, la realización de etiquetas y hojas de seguridad para las sustancias químicas, el manejo de contabilidad para las sustancias y la incineración de los desechos.

Palabras claves: desechos; incineración; sulfatos; normativa; demanda bioquímica de oxígeno.

Recibido: septiembre 2018

Aceptado: noviembre 2018

1. Introducción

Las sustancias químicas forman parte integral de la vida y de todo lo que la rodea. Es indudable que sus usos conllevan a beneficios, y se emplean en prácticamente todos los ámbitos de la actividad humana. Sin embargo, bajo ciertas condiciones

de exposición y de manejo inadecuado, estas sustancias pueden representar riesgos importantes para el ambiente y para la salud humana. El manejo adecuado de estas sustancias es un tema de por sí complejo a escala global. Además, cada país se enfrenta a desafíos particulares relacionados con su nivel de desarrollo, la dificultad de diseñar y aplicar normas es un tema complicado así como la falta de información y de capacitación de la población sobre la peligrosidad de dichas sustancias [1].

En este mismo orden de ideas, Ferro *et al* [2] exponen que el desarrollo industrial y el empleo de tecnologías y sustancias químicas potencialmente

*Autor para correspondencia: C. De Sousa cdesou-sa@uc.edu.ve

peligrosas han generado diferentes tipos de contaminación ambiental, lo que ha provocado efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente, razón por la cual actualmente, organizaciones y empresas prestan una mayor atención a la regulación y el control de estas sustancias, así como también de los desechos tóxicos, persistentes y bioacumulables que pudieran contribuir a un mayor deterioro del entorno. En respuesta a la creciente preocupación que supone el empleo o generación de estos compuestos, a nivel internacional se han establecido un conjunto de medidas orientadas a la reducción y/o eliminación de las liberaciones de productos químicos tóxicos, incluyendo el desarrollo de planes de acción nacionales, dirigidos a la identificación y aplicación de alternativas de solución.

Venezuela no escapa de la contaminación, la cual ha generado daños perjudiciales para el medio ambiente, siendo uno de ellos el manejo inadecuado de los residuos sólidos. Estos pueden presentar una serie de características reactivas, inflamables, corrosivas, biológicas y algunas otras netamente dañinas para la población, que en cantidades o concentraciones elevadas pueden causar un gran impacto a la salud y al medio ambiente. Los materiales peligrosos son actualmente un tema fundamental y urgente para todos los que están interesados en la seguridad de los seres humanos. Podemos considerar un material peligroso, a toda sustancia capaz de producir un daño a la salud de los seres vivos o para el medio ambiente. A diferencia de lo que ocurría hasta hace algún tiempo, estos materiales son producidos, utilizados, transportados, almacenados y expendidos no sólo en las grandes industrias especializadas, sino también en pequeñas empresas, en el comercio, en instituciones educativas e incluso en el ámbito doméstico.

Tal como ya se ha mencionado, la problemática ambiental es una realidad de la cual no se escapa ningún ciudadano del mundo, ya que sus daños a afectado y seguirá afectando a la población mundial mientras no se busque soluciones definitivas para estos problemas, entre los mayores agravantes para tal situación tenemos los materiales y desechos peligrosos, los cuales al no recibir un tratamiento

eficaz de acuerdo a su naturaleza pueden generar daños a los cuerpos de aire, suelo, agua y en general a los seres humanos. Enfocados en este impacto es netamente necesario el estudio y evaluación a profundidad de los desechos producidos en las actividades industriales y educativas. En Venezuela existen normativas legales para la regulación de sustancias peligrosas como lo son los Decretos 2635 (Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos) [3], Decreto 883 (Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos) [4] y Ley 55 (Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos) [5], estos suministran directrices para el manejo y almacenaje adecuado de mencionados desechos.

Como parte del alcance del fenómeno ambiental el Estado Carabobo no escapa de esta situación, producto de la existencia de uno de los más grandes sectores industriales que posee Venezuela, los cuales generan desechos peligrosos en sus actividades. Así lo confirman investigaciones realizadas en el Instituto de Estudios Superiores de Administración (IESA), estas afirman que empresas de la región carabobeña tienen almacenadas un aproximado de 24.600 toneladas de desechos peligrosos en tambores dispuestos en terrenos de su propiedad, sin embargo “se presume” que esta cantidad puede ser superior. Tal situación hace constar la ausencia de lugares técnicamente adecuados para el manejo y almacenaje de estos desechos, así como insuficientes empresas que dominen métodos o estrategias para su disposición final. Así mismo vale la pena destacar, que algunas organizaciones del sector industrial vierten inmensas cantidades de productos contaminantes a los ríos, lagos y mares posiblemente ignorando el gran daño que causan a la población en general [6].

En el mismo orden de ideas específicamente en el Municipio Naguanagua perteneciente al Estado Carabobo, la Universidad de Carabobo en los distintos laboratorios de las diferentes facultades, al igual que otras organizaciones educativas presentes en la región carabobeña, dentro de sus procesos inherentes a la planificación del desarrollo de sus actividades académicas, manejan una serie

de sustancias peligrosas. Muchas de las prácticas experimentales realizadas en la mencionada casa de estudio, generan variados desechos dentro de los cuales, se hallan aquellos considerados como peligrosos, por sus efectos hacia el medio ambiente y en consecuencia a los seres vivos, por tal razón el manejo correcto de dichas sustancias ayudaría a disminuir el impacto ambiental.

Por lo expuesto anteriormente ha surgido la necesidad de realizar el diagnóstico en las áreas educativas referentes a la Universidad de Carabobo, lo cual ha generado investigaciones en algunos laboratorios de las diferentes facultades de esta casa de estudio, entre las cuales podemos mencionar la de Blanco y Travieso [7], que exponen una propuesta para mejorar el manejo de sustancias peligrosas en los laboratorios del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencia y Tecnología; así como también la de López y Urbina [8], pero en las áreas clínicas de Imagenología y Endodoncia de la Facultad de Odontología.

Tomando en cuenta las debilidades observadas en cuanto al manejo y disposición final de sustancias peligrosas en los diversos Laboratorios de Docencia e Investigación en nuestra casa de estudios, surgió la de Diseñar un Plan para el Manejo Adecuado de Sustancias Peligrosas, en la Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud, específicamente en los Laboratorios de Toxicología–Farmacología y Química Orgánica, ya que éstos son los que generan mayor número de desechos peligrosos; además de que no cuentan con un control para las sustancias que se emplean a diario, y los residuos generados son envasados y almacenados, y otros simplemente vertidos en los desagües sin ningún control previo.

Por lo tanto, luego de una revisión en los Laboratorios de Toxicología–Farmacología y Química Orgánica de la Escuela de Bioanálisis, nace la necesidad de incorporar una metodología precisa que garantice la organización para el manejo, almacenaje y la disposición final de sustancias peligrosas. Por lo que esta investigación tuvo como objetivo general el Diseño de un Plan de Manejo de las Sustancias Peligrosas en los laboratorios mencionados anteriormente, con la finalidad de que con su aplicación se

disminuya el impacto al medio ambiente, basado primordialmente en el adecuado almacenamiento, manipulación y disposición final de las sustancias químicas usadas.

Para la ejecución de este trabajo de investigación, en primera instancia se realizó un diagnóstico del manejo de las sustancias químicas y desechos generados mediante la realización de entrevistas a los estudiantes, profesores y personal técnico, posteriormente se clasificaron las sustancias químicas que se utilizan en los laboratorios, según los niveles de riesgo tal como lo establece la Normativa Ambiental Vigente. Luego se realizó la caracterización los vertidos que se generan en las diferentes actividades de los laboratorios, determinando parámetros como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), cloruros, sulfatos y nitrógeno total. Seguidamente se efectuó la propuesta de métodos de recuperación de los materiales peligrosos de acuerdo a la normativa que rige la materia. De manera consecuente se diseñó el plan de manejo, haciendo una comparación entre la situación deseada y la actual de las condiciones, basado primordialmente en el Decreto N° 2635 y la Ley N° 55, Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. Por último se estimaron los costos derivados de la implementación del plan de manejo diseñado, que abarca la realización de hojas de seguridad y etiquetado, adquisición de estantería, acondicionamiento del depósito de desechos, adquisición de equipos de protección personal y los costos de incineración de desechos.

2. Metodología

2.1. Diagnóstico

La fase de diagnóstico del manejo de las sustancias químicas y desechos generados en las actividades realizadas en los laboratorios será tratado a continuación.

Esta fase consistió en visitar a los laboratorios de Toxicología–Farmacología y Química Orgánica de la Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud, efectuándose un chequeo del manejo de las sustancias químicas y los distintos desechos generados de acuerdo a las prácticas realizadas,

además de un recorrido por el depósito de desechos. Mediante la realización de entrevistas a los técnicos y profesores se obtuvo mayor información sobre la problemática existente.

Se aplicó una encuesta a profesores, técnicos y estudiantes que hacen vida en los laboratorios, a modo de profundizar un poco más en el diagnóstico de las condiciones de trabajo; se emplearon dos (2) cuestionarios, uno (1) para los profesores y personal técnico que constó de doce (12) preguntas y otro para los estudiantes de nueve (9) preguntas, ambos con dos (2) modalidades de respuestas de tipo dicotómicas. En el laboratorio de Toxicología-Farmacología se tiene un total de ciento veinte (120) estudiantes, 3 profesores y 2 técnicos; mientras que en el laboratorio de Química Orgánica se tiene un total de 300 estudiantes, 7 profesores y 2 técnicos. La muestra en el laboratorio de Farmacología-Toxicología fue de 42 personas y en el laboratorio de Química Orgánica de 54, y se calcularon mediante el uso de la Ecuación 1

$$n = \frac{N \cdot P \cdot Q \cdot Z^2}{P \cdot Q \cdot Z^2 + E^2 \cdot (N + 1)}, \quad (1)$$

donde:

n : tamaño de la muestra;

N : tamaño de la población;

P : variabilidad positiva (0,50);

Q : variabilidad negativa (0,50);

Z : nivel de confianza (1,64) y

E : precisión o error (0,1) [9].

2.2. Clasificación

En esta fase fueron clasificadas las sustancias químicas utilizadas en los laboratorios, según los niveles de riesgo.

Se procedió a realizar un inventario para todas las sustancias presentes en ambos laboratorios. Posteriormente se documentaron las sustancias químicas que se utilizan en cada práctica, y se clasificaron de acuerdo a sus características de peligrosidad demostrada mediante el rombo de seguridad, número de CAS y el número de código de las naciones unidas (ONU).

2.3. Caracterización

Los vertidos generados en los laboratorios fueron caracterizados en esta etapa.

Se realizaron entrevistas con los profesores y técnicos en ambos laboratorios con el fin de saber cuántas prácticas, nombre de las mismas y la disposición final de los desechos en cada una de ellas, para así determinar los parámetros analizar. Con la información recolectada se determinó que todos los desechos son descartados por el desagüe. El método de recolección utilizado en cada laboratorio, se realizó según la Norma COVENIN 2709:02 (Guías para técnicas de muestreo) [10]. La toma de muestra se realizó a través de recipientes plásticos donde los estudiantes fueron descartando los desechos líquidos.

En el laboratorio de Farmacología-Toxicología se realizaron un total de 7 prácticas, las muestras fueron trasladadas al Centro de Investigación Microbiológicas Aplicadas de la Universidad de Carabobo (CIMA-UC) y refrigeradas hasta obtener la totalidad de todas las muestras, con la finalidad de tener una muestra mixta o compuesta. Se realizó un estudio de los reactivos utilizados en cada práctica para determinar los parámetros fisicoquímicos a analizar, los cuales son: DQO (Demanda Química de Oxígeno), Cloruros, Nitrógeno y sulfatos. En cuanto al Laboratorio de Química Orgánica se realizaron un total de 3 prácticas, donde se ejecutó un procedimiento similar al realizado en el laboratorio anterior, tomándose de igual forma una muestra mixta, donde el parámetro escogido fue la DQO (Demanda Química de Oxígeno); a excepción de la práctica de aldehídos y cetonas, la cual por contener materia orgánica que puede ser biodegradada por microorganismos, se procedió a realizar los análisis de DQO (Demanda Química de Oxígeno), seguido de una DBO (Demanda Biológica de Oxígeno). Una vez culminados los estudios se procedió a comparar los resultados con los que establece el Decreto 3219, mediante el cual dictan las “Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia” [11].

2.4. La propuesta

La propuesta de métodos de recuperación de los materiales peligrosos fue realizada en esta fase.

Luego de efectuar varias visitas a las actividades prácticas realizadas en los laboratorios

en estudio, se evidenció que todos los residuos eran descartados al desagüe. Por lo tanto se propone la utilización de métodos que permitan la recuperación de reactivos o en otros casos la neutralización de algunos otros y de esta forma disminuir el impacto ambiental. Los métodos a proponer son:

- **Biorremediación:** Es una tecnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos (bacterias, hongos y levaduras), para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes, y por tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas. También se puede definir como un grupo de tratamientos, contra la contaminación de un medio, que aplica sistemas biológicos para catalizar la destrucción o transformación de compuestos químicos en otros menos tóxicos. Estos microorganismos utilizan su potencial enzimático para mineralizar los compuestos contaminantes o degradarlos hasta productos intermedios, en un ambiente aerobio o anaerobio [12].
- **Destilación:** Es el proceso de separar las distintas sustancias que componen una mezcla líquida mediante vaporización y condensación. Dichas sustancias se separan aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada, ya éste es una propiedad intensiva de cada sustancia. Se propone emplear dos tipos destilación
 1. **Destilación simple:** Se utiliza cuando la mezcla de productos líquidos a destilar contiene únicamente una sustancia volátil, o bien, cuando ésta contiene más de una sustancia volátil, pero el punto de ebullición del líquido más volátil difiere del punto de ebullición de los otros componentes en al menos 80 °C.
 2. **Destilación fraccionada:** Se utiliza para separar mezclas (generalmente homogéneas) de líquidos mediante el calor, y con un amplio intercambio calorífico y másico entre vapores y líquidos. Se emplea cuando es necesario separar

soluciones de sustancias con puntos de ebullición distintos pero cercanos [13].

- **Incineración:** Es un proceso de tratamiento de residuos que implica la combustión completa de sustancias orgánicas contenidas en los materiales de desecho. La incineración convierte la basura en cenizas, gases de combustión y calor. La ceniza es en su mayoría formada por los componentes inorgánicos de los residuos, y puede tomar la forma de grumos o partículas sólidas transportadas por los gases de combustión. Los gases de combustión se deben limpiar de gases y partículas contaminantes antes de que se dispersen en la atmósfera. En algunos casos, el calor generado por la incineración puede ser utilizado para generar energía eléctrica [14].






2.5. Diseño del Plan de manejo

Mediante una revisión documental y apoyándose en la Normativa Ambiental Vigente, se procedió a realizar el diseño del plan de manejo de las sustancias químicas y de los desechos, primeramente efectuando un análisis comparativo mediante el uso de tablas para seccionar las condiciones actuales y las deseadas en lo que respecta a los escenarios

- a) acondicionamiento del área de trabajo;
- b) almacenamiento de sustancias químicas;
- c) etiquetado de los envases y hojas de seguridad;
- d) inventario de las sustancias químicas en uso, ubicadas en el almacén y en depósito
- e) normas de protección personal para los estudiantes, profesores y personal técnico; y por último
- f) depósito de desecho.

Al realizar un estudio comparativo se justifica la aplicación de esta propuesta, asegurando así el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, el resguardo de la seguridad del personal técnico, docente y de los estudiantes, además de la armonía con el medio ambiente.

Tabla 1: Características de algunas de las Sustancias Químicas utilizadas en el laboratorio de Toxicología-Farmacología en la Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud

Sustancia	Fórmula	Número CAS	Rombo de seguridad	N° de código de las Naciones Unidas
Acetona	CH ₃ COCH ₃	67-64-1		1090
Ácido acético	CH ₃ COOH	64-19-7		2798
Ácido clorhídrico	HCl	7647-01-0		1789
Anhídrido acético	CH ₃ COOCOCH ₃	108-24-7		1715
Cloroformo	CHCl ₃	67-66-3		1888






3. Resultados y discusión

3.1. Diagnóstico del manejo de las sustancias químicas y desechos generados en las actividades realizadas en los laboratorios

Una vez analizados los resultados de las encuestas aplicadas a los profesores, técnicos y estudiantes, se obtiene que

- Los profesores y técnicos consideran que el manejo de sustancias peligrosas no es óptimo en el laboratorio y que las condiciones ambientales en las que se labora no son aptas para la salud, a su vez, disponen de un inventario de sustancias manejadas en el laboratorio. En el mismo orden de ideas, todos consideraron que si conocen las normas y leyes que rigen la materia ambiental referente al manejo de desechos peligrosos.
- Tanto el personal técnico y docente, así como los estudiantes indicaron que si existen las hojas de seguridad de los reactivos con los cuales trabajan. De igual manera el personal que labora en los laboratorios en estudio expuso que no poseen las planillas de registro para el control de entrada y salida de sustancias al laboratorio.
- Tanto técnicos, docentes como estudiantes indicaron que si usan el equipo de seguridad adecuado para la realización de las práctica. De igual manera consideran que el desecho inadecuado de sustancias peligrosas genera un daño al ambiente, y que en los laboratorios no existe una medida de reutilización de los desechos.
- Docentes, técnicos y estudiantes afirman que los desechos de sustancias peligrosas generan un daño a su salud, y en caso de tener

Tabla 2: Características de algunas de las Sustancias Químicas utilizadas en el laboratorio de Química Orgánica en la Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud

Sustancia	Fórmula	Número CAS	Rombo de seguridad	N° de código de las Naciones Unidas
Ácido nítrico	HNO ₃	7697-37-2		2031
Amoniaco	NH ₃	7664-41-7		1005
Anilina	C ₆ H ₇ N	62-53-3		1547
Benceno	C ₆ H ₆	71-43-2		1114
Diclorometano	CH ₂ Cl ₂	75-09-2		1593

un plan de manejo de sustancias peligrosas, estarían dispuestos a colaborar con la puesta en práctica del mismo

3.2. Clasificación de las sustancias químicas utilizadas en los laboratorios, según los niveles de riesgo

En esta fase de la investigación se clasificaron todas las sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que se utilizan en las prácticas de ambos laboratorios. En dicha clasificación se indica el número de cas, rombo de seguridad y el número de las naciones unidas. Las Tablas 1 y 2 muestran algunas de las sustancias que se emplean en los laboratorios de estudio.

3.3. Caracterización de los vertidos generados en los laboratorios

En esta etapa se procedió a la toma de muestras (desechos líquidos que son vertidos por el desagüe)

Tabla 3: Resultados de la caracterización de los efluentes del Laboratorio de Farmacología-Toxicología

Parámetros	Valores Obtenidos (ppm)
DQO	25.000
Cloruros	2.630
Nitrógeno Total	4.367
Sulfatos	19,6

de los laboratorios en estudio, tal como lo dicta la Norma COVENIN 2709:02, para su análisis en el CIMA-UC, donde fue analizada una sola muestra mixta o compuesta para el estudio de los parámetros de interés. Una vez obtenidos los resultados se realizó la comparación con lo establecido en el Decreto 3219, donde se dictan las Normas para la Clasificación y el Control de

Tabla 4: Resultados de la caracterización de los efluentes del Laboratorio de Química Orgánica

Parámetros	Valores Obtenidos (ppm)
DQO _{Total}	544.000
DQO	8.140
DBO _{5,20°C}	3.700

la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia. Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4.

Al comparar los resultados obtenidos con los indicados en el Decreto, se evidencia que el valor del DQO (Demanda Química de Oxígeno) está muy elevado, ya que el límite máximo permitido es de 350. En cuanto a los cloruros el valor máximo es de 1.000 ppm y el obtenido fue 2.630 ppm, observándose que tampoco se encuentra dentro del límite permitido. Siguiendo el mismo orden de ideas para el Nitrógeno Total, el valor máximo permitido es 10 ppm y el obtenido es 4.367 ppm, comprobando que no cumple con lo establecido en el Decreto; y por último sabiendo que el límite máximo permitido para sulfatos es de 600 ppm y el obtenido fue de 19,6 ppm, se evidencia que éste si se encuentra dentro del parámetro establecido por la ley.

En el laboratorio de Química Orgánica se realizó: una DQO_{Total} (Demanda Química de Oxígeno) proveniente de la mezcla mixta o compuesta, DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO_{5,20°C} (Demanda Bioquímica de Oxígeno) de la práctica de “aldehídos y cetonas”, puesto que de las prácticas realizadas, ésta es la que contenía materia orgánica que puede ser degradada por los microorganismos. En la Tabla 4, se puede observar que el DQO_{Total} y DQO es de 544.000 ppm y 8.140 ppm respectivamente, esto quiere decir que no cumple con lo establecido en el Decreto 3219, y el DBO_{5,20°C} es de 3.700 ppm por lo cual tampoco cumple con lo establecido en la normativa ambiental vigente.

3.4. Proposición de métodos de recuperación de los materiales peligrosos

Mediante una revisión de campo se evidenció que los Laboratorios de Toxicología-Farmacología y Química Orgánica en la Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, no cuentan con métodos de recuperación para ninguno de los desechos químicos que se generan. Fundamentados en el método de incineración como principal propuesta para los desechos generados en los laboratorios en estudio, se recomienda una recolección semestral o anual de las prácticas, donde los desechos serán envasados y clasificados como orgánicos (fase orgánica) e inorgánicos (fase acuosa) previo a una extracción líquido-líquido. A la fase orgánica se le realiza destilación fraccionada y la acuosa se incinera o aplica técnicas de biorremediación. Cabe mencionar que estas fases serán mezclas mixtas o compuestas de todas las prácticas en cada laboratorio.

3.5. Plan de manejo de las sustancias químicas y de los desechos

3.5.1. Acondicionamiento del área de trabajo

a. *Condiciones actuales.* Ambos laboratorios poseen deficiencias en cuanto a condiciones del área de trabajo, en las cuales podemos mencionar insuficiente ventilación, campanas extractoras con poca eficiencia, mala distribución general de equipos, materiales de trabajo y sustancias químicas, y el piso de granito tiende a ser un poco resbaloso.

b. *Condiciones deseadas.*

- Cumplir y hacer cumplir las normas básicas de permanencia en un laboratorio químico, enfocado principalmente en el comportamiento de quienes hacen vida en los mismos.
- Perfecta iluminación.
- Limpieza general del laboratorio
- Campanas extractoras en funcionamiento, y además que las mismas no sean usadas para almacenar productos químicos ya que esto

produce problemas en la ventilación de la cabina.

- Ventilación continua mediante la colocación de ventanas en sitios estratégicos.
- Orden para la distribución de equipos, generando mayor facilidad en cuanto a la manipulación durante las jornadas de trabajo.
- Diseño de depósitos de almacenamiento basando su estructuración en lo establecido por la Normativa Ambiental Vigente Decreto N°2635, Título II Capítulo II, artículos 16, 17, 18, 19 y 20.
- Piso anti-resbalante, a fin de evitar accidentes
- Inventariado general de las sustancias químicas presentes.
- Identificación general de las sustancias químicas presentes.

3.5.2. Almacenamiento de sustancias químicas

a. Condiciones actuales. En ambos laboratorios se observaron envases de sustancias químicas en el piso, además de la presencia de estantes afectados por la corrosión, los cuales son utilizados para almacenar reactivos. No poseen un control de almacenamiento o depósito. Hay la presencia de ciertos envases de sustancias en las inmediaciones del laboratorio en general y algunos sin tapas ni etiquetado.

b. Condiciones deseadas. Los productos químicos no deben almacenarse sobre los mesones, ni en el piso, ya que de esta manera se encuentran desprotegidos y expuestos a la participación de una fácil situación de peligro, por lo que se recomienda un área establecida para el almacenamiento dotada de estantería siguiendo los patrones

- La estantería debe poseer bordes adelante y detrás para evitar la caída de frascos.
- Identificar cada renglón de los estantes de modo tal que sea más fácil ubicar mediante el inventariado los envases deseados.

- La estantería debe estar asegurada a un sitio permanente, y ser rígidos que soporten el peso de las sustancias presentes.
- Evitar estantes con exceso de envases y de esta forma lograr el fácil acceso a los frascos requeridos.
- Todos los productos inflamables deben almacenarse en un sitio adecuado para tal, y separados de los ácidos, bases o reactivos oxidantes.

El Decreto N°2635 establece que los materiales peligrosos deben clasificarse según clases variantes entre 1 y 5, por lo que es necesario conocer la clase de la sustancias para su previo almacenaje.

3.5.3. Etiquetado de los envases y hojas de seguridad

a. Condiciones actuales. Los Laboratorios de Toxicología-Farmacología y Química Orgánica no poseen un etiquetado estándar que permita la fácil identificación de las sustancias químicas, ni los niveles de peligrosidad de los mismos, además se observaron ciertos envases sin etiquetado. De igual forma no poseen todas las hojas de seguridad de las sustancias químicas utilizadas en las prácticas ni de las almacenadas.

b. Condiciones deseadas. Así como lo indica el Artículo 17 de la ley N°55 [5], las Normas COVENIN 3059 (2002) [15] y 3060 (2002) [16] explican que toda institución pública o privada que manipule sustancias químicas debe etiquetarlos y envasarlos, además de indicar información referida a identificación de sus componentes, advertencias y riesgos a la salud y al ambiente incluyendo medidas de protección personal, rombo de seguridad, así como procedimientos de primeros auxilios, por lo que se recomienda la creación de etiquetas para cada una de las sustancias almacenadas en los laboratorios y la realización de hojas de seguridad, las cuales a su vez deben estar archivadas en un sitio de fácil acceso en caso de emergencia. Esto debe realizarse para cada una de las sustancias almacenadas en los laboratorios.

3.5.4. Sistema de contabilidad para las sustancias químicas en uso y almacenadas en los laboratorios

a. *Condiciones actuales.* Los Laboratorios de Toxicología-Farmacología y Química Orgánica no poseen un sistema que permita contabilizar la entrada y salida de las sustancias químicas utilizadas durante sus actividades inherentes.

b. *Condiciones deseadas.* Se recomienda llevar una hoja de contabilidad preferiblemente realizada en una hoja de cálculo digital que permita adicionar o sustraer información de cantidades, número y tipo de envases, estado de la materia, número de etiqueta y ubicación para una mejor localización y almacenaje de las sustancias químicas usadas en los laboratorios, la cual sea únicamente manipulada por los profesores y el personal técnico.

3.5.5. Depósito de desechos

a. *Condiciones actuales.* En la Escuela de Bioanálisis de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, existe actualmente un depósito de desechos el cual posee sustancias químicas vencidas y algunos desechos de origen químico con tiempos que exceden los permitidos por la Normativa Ambiental Vigente, además este no cuenta con ningún sistema de seguridad para almacenar las mencionadas sustancias.

b. *Condiciones deseadas.* Basado en el Decreto N° 2635 específicamente, Título III, Capítulo II, artículo 40 y Título I, Capítulo II, artículo 8:

- Ningún desecho peligroso puede permanecer más de cinco (5) años en un almacén o sitio de carácter temporal.
- Los desechos deben estar envasados dependiendo de su estado físico y sus características, además de un cierre hermético.
- Los envases deben estar rotulados con la identificación de su proveniencia, fecha de envasado cantidad y símbolo de peligrosidad.
- El sitio de almacén debe estar asilado de sitios de calor y otras fuentes de energía, en zona

no inundable, no expuesta a contingencias como derrumbes, descargas, emisiones u otros vertidos industriales.

- El piso debe ser de material impermeable o impermeabilizado con canales de desagüe que conduzcan a una fosa de retención, si los desechos son almacenados en tambores esto deben estar sobre paletas de maderas.
- Este almacén debe permitir el desplazamiento de personal y movimiento de bomberos.
- Las instalaciones deben tener un sistema de detección y extinción de incendios y kit anti derrames.
- El área debe estar delimitada con señalización de peligro colocada en sitios visibles.
- La ventilación debe ser natural, si es forzada será calculada con base a la característica de los desechos y las condiciones ambientales.
- El área debe estar dotada de un sistema de iluminación, con protección de cortocircuitos y contra la intemperie. Si los desechos o envases son susceptibles al efecto del calor y la lluvia debe contar con sistemas de alarma contra incendios.
- El acceso a este almacén debe estar restringido a personal capacitado y autorizado, debe llevarse un control de entrada y salida de desechos.
- Los desechos incompatibles deben almacenarse en áreas separadas o asiladas físicamente.

El Decreto N°2635 establece que los materiales peligrosos deben clasificarse según clases entre 1 y 5, por lo que es necesario conocer la clase de la sustancias para su previo almacenaje.

3.5.6. Normas de protección personal para los estudiantes, profesores y personal técnicos

a. *Condiciones actuales.* Se observaron deficiencias en lo que a normas de protección personal respecta, evidenciando usos de teléfonos celulares durante las prácticas, zapatos abiertos, cabello

suelto, comportamientos no apropiados, partes del cuerpo descubierta, colocando en riesgo la salud de los alumnos en general, profesores y personal técnico.

b. Condiciones deseadas.

- Los alumnos deben poseer un comportamiento adecuado durante las horas de trabajo.
- Queda terminantemente prohibido el uso de teléfonos celulares o cualquier equipo electrónico que desvíen la atención del estudiante.
- Queda prohibida la ingesta de alimentos y bebidas durante la permanencia en las inmediaciones del laboratorio.
- Es obligatorio el uso de bata, lentes de seguridad y zapatos cerrados durante la permanencia en el laboratorio.
- El cabello siempre debe permanecer recogido.

4. Conclusiones

Finalmente, se puede concluir que los laboratorios en estudio no cuentan con las condiciones de seguridad necesarias para los estudiantes, técnicos y profesores que hacen vida en estos, así como el depósito de desechos no sigue los parámetros establecidos en la Normativa Ambiental Vigente. Por otra parte, los resultados de la DQO y DBO referentes al Laboratorio de Química Orgánica superan los límites permisibles de acuerdo al Decreto 2635; así como también el Laboratorio de Toxicología-Farmacología, excede los valores permisibles en cuanto a la DQO, cloruros y nitrógeno total. El plan de manejo de sustancias químicas garantiza una adecuada manipulación, identificación, transporte y almacenamiento de sustancias basado principalmente en la normativa ambiental que rige la materia. El procedimiento de incineración es el más apropiado como método de disposición final.

5. Referencias

- [1] A. Mendoza and I. Ize Lema. Las sustancias químicas en México. perspectivas para un manejo adecuado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4):719–745, 2017.
- [2] A. Ferro, I. Morales, S. Bárcenas, and González B. Plan de manejo de productos químicos ociosos en campus universitario holguinero. *Ciencias Holguín*, 23(2), 2017.
- [3] Decreto 2635. Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 5.245 Extraordinario, Caracas, Venezuela, 1998.
- [4] Decreto 883: Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 5.021 Extraordinario, Caracas, Venezuela, 1995.
- [5] Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 5.554 Extraordinario, Caracas, Venezuela, 2001.
- [6] Edilberto Guevara. Diagnóstico de la situación ambiental y ecológica del estado carabobo. *Revista Ingeniería UC*, 7(1):7–13, 2000.
- [7] M. Blanco and F. Travieso. Propuesta para mejorar el manejo de sustancias peligrosas en los laboratorios del departamento de biología de la facultad de ciencia y tecnología de la universidad de carabobo. Trabajo especial de grado, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo., Valencia, Venezuela, 2013.
- [8] M. López and E. y Urbina. Propuesta de mejoras para el manejo de sustancias peligrosas en las áreas clínicas de imagenología y endodoncia de la facultad de odontología de la universidad de carabobo. Trabajo especial de grado, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo., Valencia, Venezuela, 2011.
- [9] R. Walpole, R. Myers, and S. Myers. *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. Prentice-Hall Hispanoamérica, S.A., México, 6ta edición edition, 1998.
- [10] Aguas naturales, industriales y residuales. guía para la técnica de muestreo. Comisión Venezolana de Normas Industriales 2709. (Norma COVENIN 2709:2002), Caracas, Venezuela, 2002.
- [11] Decreto 3219. Normas para la clasificación y el control de las aguas de la cuenca del lago de valencia. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 5.305 Extraordinario, Caracas, Venezuela, 1999.
- [12] EH. González-Rpjas. Concepto y estrategias de biorremediación. *IngeUAN*, 1(1), 2011.
- [13] José Manuel Otero. *Notas para la Historia de la Destilación*. Editorial Tébar Flores, Madrid, 2003.
- [14] Xavier Elías Castells. *Sistemas de tratamiento térmico*.

La incineración: Tratamiento y valorización energética de residuos. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 2012.

- [15] Materiales peligrosos. Hoja de datos de seguridad de los materiales (HDSM). 1era Revisión. Comisión Venezolana de Normas Industriales 3059. (Norma COVENIN 3059:2002), Caracas, Venezuela, 2002.
- [16] Materiales peligrosos. Clasificación, símbolos y dimensiones de señales de identificación. 1era Revisión. Comisión Venezolana de Normas Industriales 3060. (Norma COVENIN 3060:2002), Caracas, Venezuela, 2002.