

Protocolo para la gestión verde en laboratorios de química con fines académicos

Dr. John Diego Bolaños Alfaro¹
Recibido: 19/11/2012 Aprobado: 3/07/2013

Resumen

La gestión ambiental debe convertirse, a corto plazo, en uno de los programas más importantes de universidades nacionales: estatales y privadas. La formación de profesionales en esta área permitirá realizar actividades humanas más sostenibles, responsables y con una conciencia verde. Los procesos de gestión de compra, uso, almacenamiento y disposición final de reactivos químicos, medicamentos y demás sustancias usadas en estas instituciones, incrementan el riesgo para la comunidad universitaria; es por ello que se realiza el presente protocolo para la gestión verde a nivel de los laboratorios de Química, como trabajo preventivo y para minimizar la contaminación que sufre el ambiente por falta de procedimientos, incumplimiento de normativa o simplemente la inadecuada vigilancia de la administración.

Palabras clave: Gestión ambiental, reactivos químicos, salud ambiental, laboratorios de química

Abstract

In a short term, Environmental Management should become one of the most important programs at state and private universities. The training of professionals in this area will permit to work on more sustainable and responsible human activities in regards to the development of green consciousness. Management processes of purchase, use, storage and disposal of chemicals, drugs and other substances used in those institutions of higher education, increase the risk of contamination in the university community. Consequently, a protocol of green management is needed at the Chemical Laboratories of those institutions. As a preventive work, a protocol can minimize pollution caused by the lack of administrative procedures, regulations or appropriate surveillance.

Key Words: Environmental management, chemical waste, environmental health, chemistry labs

INTRODUCCIÓN

¿Qué es un protocolo para una “gestión verde” y cómo se implementa sobre los laboratorios de Química dentro del marco universitario?

El término “química verde” ofrece, a la industria química y empresas (entre ellas las universidades), acciones que suponen beneficios económicos: se necesita menos dinero para tratar el residuo generado y se requiere menor desembolso para producir o consumir reactivos químicos. Anastas y Warner (1998) exponen que:

1. Es preferible evitar la producción de un residuo que tratarlo o limpiarlo luego de formado.
2. Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias auxiliares (disolventes, etc.); y en el caso de que se utilicen, que sean lo más inocuas posible.

3. Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico.
4. Los productos han de ser preferiblemente renovables, en lugar de agotables, siempre que sea una técnica fácil y económicamente viable.
5. Los productos químicos se diseñarán de tal manera que, al finalizar su función, no persistan en el medio ambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocua.
6. Se elegirán las sustancias empleadas en los métodos químicos, de forma que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

La universidad que implemente estas acciones debe aplicar mecanismos que involucren, de manera sistemática, diferentes actores de la institución:

¹Docente e investigador del Departamento de Ciencias Naturales de la Sede de Occidente. Coordinador de Carrera Bachillerato en Laboratorio Químico en el Recinto Universitario de Grecia, Universidad de Costa Rica. Correo: john.bolanos@ucr.ac.cr.

docencia, investigación, administración, entre otros. Estos deben tomar en cuenta la función del diseño de objetivos ambientales, salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida de los reactivos químicos, medicamentos y demás sustancias.

Sin querer desmeritar su importancia, las normas ISO 14000, que surgen a partir de una política ambiental, siguen todo un proceso de planeamiento estratégico, basado en metas y compromisos, que les permiten alcanzarlos y operacionalizarlos, pero a costa de un gran presupuesto y de un plazo de implementación considerable.

La idea es seguir objetivos claros, que atiendan no necesariamente un sistema de gestión ambiental institucional o una política ambiental (en caso de que exista), sino que sean acciones tangibles, con resultados favorables, que surgen a partir de un discernimiento y uso de la información, con conocimientos claros sobre si una sustancia química puede ser riesgosa o generar una fuente de contaminación.

El protocolo requiere una fuerte sensibilización de toda la población y una adecuada capacitación sobre el personal que utilice las instalaciones, especialmente en temas relacionados con la gestión verde: manipulación, almacenamiento, transporte y disposición final de reactivos químicos, minimización de riesgo, un plan para disminuir el impacto ambiental, inventarios de sustancias químicas.

Una práctica de “química verde” ya conocida, pero pocas veces implementada, es la corrección de prácticas de laboratorio a concentraciones de reactivos menores; esto ahorra dinero por concepto de compra de reactivos, al mismo tiempo que se concientiza al estudiantado a ser racional y evitar la contaminación.

Otra experiencia proactiva son los análisis del ciclo de vida de un producto que requiere la universidad (reactivos, medicamentos u otros

insumos similares). Esta valoración permite realizar una gestión verde más integral, que facilita la mejora en calidad del entorno ambiental y la imagen de la institución.

ASPECTOS PRELIMINARES

Trabajadores, investigadores, docentes y estudiantes de las universidades se encuentran expuestos a muchas sustancias químicas que carecen de una información básica sobre la seguridad (no existen hojas de seguridad). Asimismo, los productos químicos resultan cada vez más sospechosos de estar relacionados con el desarrollo de diferentes tipos de cáncer, alergias, problemas reproductivos, entre otros: dada la falta de información sobre su formulación.

Se ha venido trabajando en el desarrollo de estrategias internacionales para el manejo y aprovechamiento de las sustancias químicas en diferentes intervenciones internacionales: Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (“Conferencia de Río”) de 1992; Conferencia Internacional sobre Seguridad Química, realizada en Estocolmo, Suecia, en 1994; Conferencia Internacional sobre Gestión de Productos Químicos (ICCM), realizada en el 2006, Dubai.

En estas conferencias se desarrolló un marco político que fomenta la gestión racional de productos químicos, según los postulados de la Cumbre Mundial de Johannesburgo (2002) sobre el desarrollo sostenible, los cuales buscan garantizar que en el año 2020, los productos químicos reduzcan al mínimo los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana. Asimismo, el uso de sustancias peligrosas indispensables para el desarrollo de la docencia y la investigación deberán someterse a una adecuada clasificación y ubicación dentro de los laboratorios de universidades y bodegas.

Los riesgos en los laboratorios de química de las universidades estatales y privadas en Costa Rica

umentan debido a que no se aplican técnicas preventivas en el manejo de sustancias peligrosas y las consecuencias que puede generar una incorrecta manipulación. Entre los problemas de almacenamiento de los productos químicos están: desorden, mala gestión o una identificación incorrecta.

La Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional, desde hace varios años, han establecido una política ambiental que les ha permitido: “Realizar un manejo adecuado de sus desechos, utilizando principalmente un criterio de prevención y minimización” (González, 2004). Para cumplir y asegurar los mecanismos implementados, se aplican algunas herramientas e instrumentos ambientales, que son administrados y desarrollados por departamentos de Gestión Ambiental, como el PRO-GAI o SIGA-UNA, respectivamente.

Asegurar una gestión verde tangible, dentro de los laboratorios de química de las universidades, permite formar profesionales con un desarrollo más integral, sostenible y equilibrado, a partir de políticas universitarias que aseguran un marco de solidaridad y armonía entre el ser humano y la naturaleza.

El repaso de las normas se da durante y antes de realizar las prácticas de laboratorio.

PUESTA EN MARCHA DEL PROTOCOLO PARA LA GESTIÓN VERDE

Con respecto a proveedores de universidades, debe existir un proceso de compra más integral que contribuya a la calidad total, donde se incluyan aspectos ambientales de salud y seguridad, relacionados con el uso y desecho de los productos o sustancias. Principalmente, deben cumplir con la legislación nacional aplicable a esta materia:

- Decreto 28113-S. Reglamento para el registro de productos peligrosos.

- Decreto 24715. Reglamento para el transporte terrestre de productos peligrosos.
- Decreto 24867. Reglamento para la clasificación del riesgo de productos químicos.
- Decreto 35994-S. Reglamento técnico de buenas prácticas en productos farmacéuticos.

Para poder cubrir el tema de reglamentos, Sepúlveda (2002) recomienda diseñar estrategias que permitan un desarrollo sostenible sobre un área determinada, tomando en cuenta la relación comercio-ambiente.

El establecimiento de evaluaciones del ciclo de vida, programas de reciclaje, conservación de recursos y reducción de residuos, son iniciativas que permiten una verdadera prevención de la contaminación, y fomentan, además, una conciencia ambiental sobre la comunidad universitaria y demás involucrados.

Según Matthews (2002), una pieza clave para un manejo adecuado de suministros es conocer bien los registros y los inventarios, así como su almacenaje. En el almacenamiento es prioritario identificar claramente los suministros desperdiciados, dañinos para la salud o el medio ambiente.

Como práctica de trabajo cotidiano es importante efectuar inventarios donde se determine el responsable, procedimientos y actuaciones claras, según lo que establecen los reglamentos nacionales, incluso hasta para la disposición final de un desecho químico. Es recomendable efectuar revisiones cada tres meses; esto facilita la planificación de compras y actuación en caso de emergencia, vertido o emisión accidental.

Una bodega segura de productos químicos aplica las normas preventivas y de protección adecuada, establece estrategias de almacenamiento que evite posibles incompatibilidades entre productos, pero además, es necesario obtener la máxima información posible sobre los riesgos

de los productos y su reactividad con otros; se debe entonces conocer las fichas de seguridad de sustancias y productos suministrados por proveedores, y seguir información útil, como la mostrada en el cuadro 1.

Según Bolaños (2006), como parte del procedimiento de recepción de compras de sustancias químicas, además de una correcta inspección, recepción, almacenamiento y manipulación de los productos adquiridos para su posterior utilización, debe asegurarse el acompañamiento de las hojas de seguridad de todos los insumos químicos que ingresen

al campus universitario. Este esfuerzo inicial, para controlar los riesgos en el momento de la adquisición de los productos, se ve recompensado con la mejora del grado de seguridad en los procesos donde intervienen dichos productos.

Está demostrado que el almacenamiento prolongado de ciertos compuestos supone un serio riesgo en los lugares de trabajo. Existe la posibilidad en el almacenamiento, de que ciertas sustancias se descompongan, y por condiciones de: calentamiento, humedad o simple desplazamiento se origine una situación riesgosa no determinada, como una explosión.

Cuadro 1. Clasificación de residuos peligrosos

Categoría	Descripción
Corrosivos	Son aquellos muy ácidos o muy alcalinos (pH<2.0 o bien pH>12.5) que pueden reaccionar peligrosamente con otros residuos o provocar la migración de contaminantes tóxicos, o bien, que son capaces de corroer el acero al carbón (SAE 1020) en ciertas condiciones, con lo cual pueden llegar a fugarse de sus contenedores y liberar otros residuos.
Reactivos	Son normalmente inestables y pueden llegar a reaccionar violentamente sin explosión; pueden formar una mezcla explosiva con el agua, generar gases tóxicos, vapores y humos; pueden contener cianuro o sulfuro y generar gases tóxicos; explosivos en distintas condiciones, ya sea con temperatura y presión estándares, si se calientan en confinamiento o se someten a fuerzas considerables.
Explosivos	Tienen una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno, o bien, son capaces de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 °C y a 1.03 Kg/cm² de presión.
Tóxicos	Contienen sustancias capaces de provocar efectos nocivos en la salud de los seres vivos, que varían en características y severidad de acuerdo con las formas e intensidades de la exposición.

Fuente: NOM-052- ECOL-1993. México.

Por otro lado, retirar productos vencidos y realizar compras racionalizadas (manteniendo un abastecimiento ajustado a las necesidades académicas de cada ciclo lectivo) permite rebajar el riesgo que conlleva el almacenamiento de los reactivos químicos.

En resumen, las ventajas de una gestión apropiada sobre los inventarios y compras se ven reflejadas en las importantes reducciones sobre los productos almacenados, así como la disminución del área requerida de almacenamiento; hay por ende, un menor riesgo de productos caducados, se optimizan los procesos, disminuyen los riesgos indirectos, existe un fácil mantenimiento, ágil procesamiento de pedidos, menos pérdidas económicas, entre otros.

Características sobre el almacenamiento

Para esto se ha de considerar las características fisicoquímicas de los productos, peligrosidad, incompatibilidades a la hora de almacenarlos e incluso el destino como desechos.

Concretamente se debe asegurar el desarrollo de las siguientes actuaciones básicas:

- Reducción al mínimo de material almacenado: cualquier laboratorio debe plantearse un sistema ágil de control de existencias, mediante la planificación de los pedidos con la frecuencia que sea necesaria y la contabilidad oportuna, de manera que se garanticen existencias durante plazos breves y se disponga de espacios suficientes para albergar productos, y se evite su acumulación.
- Establecer separaciones básicas: entre familias incompatibles, por ejemplo, ácidos respecto de bases, oxidantes respecto de inflamables, venenos activos, sustancias cancerígenas, peroxidables, entre otras; se deben distanciar los reactivos y medicamentos sensibles al agua (de posibles tomas o conducciones) y de las materias inflamables. Aislar o confinar ciertos productos: algunos no solo requieren

la separación con respecto a otros, sino el aislamiento completo; no exclusivamente por los riesgos debidos a un contacto accidental, sino por su actividad biológica o sus características fisicoquímicas. Así, las sustancias cancerígenas, venenos activos, inflamables y autoinflamables deben ser objeto de un almacenamiento especial; es decir, deben existir armarios especiales para estas sustancias, para que en caso de caída o rotura de un envase, solo afecte a otros productos de igual peligrosidad, o al menos, no incompatibles. Es importante recordar que un almacenamiento seguro no viene garantizado por un buen armario o estantería si no de su correcto uso.

- Incompatibilidades químicas: deben estar enfocadas ante todo a la correcta disposición de los productos, sea en las bodegas o en el propio laboratorio. No obstante, en muchos laboratorios los productos químicos se siguen organizando según criterios prácticos: orden alfabético o familias.
- Hojas de seguridad: los productos químicos deben contar con hojas de seguridad, estas comunican: riesgo químico, uso seguro e identificación, peligros para la salud y ambiente, y medios para controlarlos. Este instrumento complementa diferentes aspectos preventivos y de emergencia; medidas para su correcta manipulación, cómo atacar un incendio, qué hacer en caso de accidente, primeros auxilios e incompatibilidades.

La exposición a productos químicos tóxicos puede provocar también tasas mayores de accidentes. Por ejemplo, los productos químicos (como los solventes y los asfixiantes) pueden frenar la capacidad de reacción de un estudiante, pues afectan el sistema nervioso o reduce la cantidad de oxígeno que llega a los pulmones. La lentitud de reacción puede ser muy grave (incluso fatal) si el estudiante se encuentra en una situación peligrosa que exige una respuesta inmediata.

El peligro es una propiedad intrínseca de las sustancias al ser corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables y el riesgo es una consecuencia de su manejo y de la magnitud de la exposición que derive de ello (INE, 2005). Así, el riesgo de las sustancias peligrosas es función de la exposición a ellas, es decir, depende de la forma en que se manejen, por lo tanto, puede ser prevenido y reducido oportunamente.

Minimizar el riesgo ambiental

El concepto del riesgo implica la probabilidad de un efecto adverso sobre la salud humana, el medio ambiente o la propiedad, así como el grado de peligro que está involucrado (Hickman, 2001).

Con la finalidad de reducir riesgos asociados al manejo de sustancias químicas, incluyendo medicamentos, debe realizarse un análisis del riesgo y la magnitud de las consecuencias no deseadas y negativas que se tendrían para la salud humana, medio ambiente y propiedad.

Una evaluación del riesgo identifica peligros en un proceso, su impacto sobre personas y ambiente, así como el proceso de seleccionar y aplicar medidas de control para identificar peligros (Hickman, 2001).

El uso cotidiano de sustancias químicas nos hace pensar en la posibilidad real que existe de sufrir un accidente. Todo depende, en gran medida, según Sawyer (2000), de algunas variables básicas que deben estar bajo un control continuo:

- presión de vapor de las sustancias,
- temperatura de almacenamiento,
- volumen de las diversas sustancias peligrosas involucradas,
- características del proceso o forma de transporte,
- condiciones de operación y uso,

- mantenimiento y vigilancia,
- sistemas de seguridad,
- capacitación de trabajadores.

El impacto de accidentes, riesgos para la salud y el ambiente pueden reducirse en función de las condiciones que prevalezcan alrededor de actividades riesgosas, por ejemplo:

- vulnerabilidad del medio,
- densidad poblacional,
- infraestructura de la que se disponga para mitigar el impacto de accidentes,
- conocimiento y preparación de trabajadores para comportarse de manera adecuada para proteger su salud en caso de accidentes.

El uso de productos verdes muchas veces choca con los intereses de las instituciones, pues consideran que estos son caros y se alarman con el cambio del producto. El análisis del ciclo de vida brinda información acerca de ventajas del producto a nivel ambiental, el cual se ve en muchos casos como una oportunidad para mejorar el quehacer en el laboratorio.

El análisis del ciclo de vida completo del producto químico por comprar, consiste en valorar la extracción de materias primas, la elaboración y su tratamiento, así como: fabricación, transporte, almacenamiento, distribución, uso, reciclado, reutilización y despacho final del producto terminado.

Se deben maximizar procedimientos encaminados a evitar la producción de desechos, pues las técnicas (al "final de tubo") no son preventivas, sino que son correctivas, tanto para la salud como para el ambiente.

Las principales carencias que actualmente presentan los laboratorios de las universidades nacionales, según Bolaños (2006), son:

- Falta de capacitación estudiantil sobre buenas prácticas.
 - Falta de capacitación del personal encargado del laboratorio, acerca del manejo adecuado de los desechos.
 - No existen o se desconocen los planes ambientales institucionales, y si los hay, no se implementan dentro del laboratorio químico.
 - El estudiantado no trata adecuadamente los desechos químicos.
 - Falta una sensibilización y verdadera conciencia en materia ambiental.
 - No se dispone de un manual de seguridad ambiental.
 - No hay contenedores para desechos líquidos identificados ni en sitios estratégicos que aciliten su adecuada recolección.
 - Ausencia o desconocimiento de instructivos para el almacenamiento de las sustancias químicas y el manejo de los desechos químicos.
1. Las actividades que se desarrollen dentro de los laboratorios de química deben ser examinadas mediante auditorías internas, para determinar si pueden generar de forma periódica daños ambientales o de salud.
 2. Para cualquier actividad riesgosa, deben tomarse todas las medidas razonables con el fin de manejar ese riesgo y evitar peligros.
 3. Si se presenta un riesgo, se debe elaborar de inmediato un plan de contingencia para prevenir un accidente, realizar simulacros, así como tomar las medidas razonables para mitigarlo.
 4. Cuando ocurran daños, la universidad debe proporcionar una compensación razonable hacia el ambiente y personas afectadas. Además, brindar sistemas de capacitación permanente y mejora continua en sus prácticas de laboratorio.

La eliminación de esas deficiencias requiere de divulgación para que docentes, estudiantes y personal se favorezcan con los cambios y se sientan orgullosos de su consecución.

Es importante ejecutar periódicamente planes de contingencia, prácticas de manejo de extintores en simulacros, simulacros de sismo y cualquier otro plan de acción, encaminados a la prevención y minimización de riesgos. Se pueden aprovechar las recargas de extintores como medio para practicar con estudiantes, docentes y administrativos sobre el uso adecuado de este tipo de dispositivos, con el fin de reforzar así sus capacidades y disminuir el riesgo ante un hecho de esta índole.

Puntualmente, las universidades tienen el compromiso moral y la responsabilidad social de asegurar en los laboratorios de química lo siguiente:

Parte de la responsabilidad consiste en señalar las deficiencias, establecer plazos de cumplimiento para reducir el impacto o el riesgo a nivel de infraestructura, por ejemplo: iluminación, ventilación, espacio, accesos, zonas de seguridad, exposición a luz, calor, humedad, estado, ubicación, rotulación, clasificación, ubicación de las hojas de seguridad, entre otros.

Ogliastri (2003) considera conveniente percibir esta inversión como parte de un desarrollo sostenible, pues implica realizar acciones para mantener (a largo plazo) todos los recursos utilizados y así evitar el agotamiento de los recursos y procurar un mínimo impacto sobre el ambiente y la salud del estudiantado.

Gestión de los desechos

Es conocido que existen instructivos, normalmente desarrollados por un regente químico responsable, que representa a la universidad ante diversas instancias del país, que

tratan o regulan esta materia; empero, dichos documentos deben ser conocidos en los propios laboratorios de química, donde se generan y almacenan los desechos químicos.

Para poder realizar un sistema de manejo adecuado de los desechos peligrosos, se deben incluir todas las etapas que conllevan la generación del desecho, acumulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final.

Es de suma importancia reducir desechos mediante un plan de acción respecto de la producción de desechos, su tratamiento y mejora en el funcionamiento del laboratorio, desde el punto de vista económico, lo cual contribuiría con una visión verde.

El artículo 4.3 del Reglamento para el Manejo de Desechos Peligrosos Industriales establece que antes de iniciar cualquier sistema de manejo de los desechos peligrosos, se deben realizar acciones de reducción para manejar la menor cantidad posible, con la finalidad de facilitar su control y vigilancia, así como favorecer a la industrial (por tener que manejar un volumen menor de desechos) y al ambiente, ya que será menor la cantidad de desechos.

Para lograrlo, debe plantearse un manejo integral, en el que la reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, se adapten a las condiciones y necesidades de cada lugar, y que así se cumplan los objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social, incluso según lo dicta la Ley General de Residuos de nuestro país en sus artículos 57 y 58.

Además, se debe contar con un programa de inducción que brinde información a estudiantes sobre todo lo relacionado con el manejo y

tratamiento de desechos, lo cual permitiría la formación de conciencias ecológica y ética, que conducirían la manipulación de productos químicos de forma segura.

Educadores e investigadores de la Universidad Nacional indican que en Costa Rica no existe una adecuada gestión de desechos químicos (Bolaños, 2006). Además, no existe a nivel nacional una reglamentación específica que incorpore las acciones, como las recomendadas por la Sociedad Americana de Química (ACS), la Prensa Académica Nacional (National Academic Press) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), en materia de desechos químicos. Benavides *et al.* (2011) considera que con la creación de una oficina que coordine las actividades y procedimientos relacionados con el tema de los desechos químicos de un laboratorio, se podrían solventar algunos de estos problemas y mejorar su gestión.

El Ministerio de Salud ofrece una guía para la elaboración de un plan de manejo y disposición final de medicamentos, materias primas y sus residuos, que puede adaptar su uso en laboratorios químicos de las diferentes universidades. Además, se puede complementar con acciones de reducción, control y vigilancia, siguiendo guías como las que ofrece la OMS.

La universidad debe entonces trabajar en el diseño de un protocolo de manejo de desechos, relacionado con los laboratorios químicos, que cubra lo establecido en el artículo 10 de la Ley General de Residuos. Este instrumento tendrá por objetivo: minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos ordinarios, así como todos aquellos que sean de manejo especial o considerados residuos peligrosos, esto a partir de criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

Todo residuo debe ser clasificado, no solamente para saber qué tipo de materiales, sino para conocer si se debe realizar algún tipo de tratamiento antes

de ser depositado. Esta clasificación, de acuerdo con su peligrosidad, debe ser establecida según el artículo 6 de la Ley General de Residuos, la cual manda a determinar características, incluir listados y fijar límites de concentración de las sustancias contenidas.

Según Alvarez *et al.* (2003), posteriormente se debe realizar la clasificación por: descripción física, solubilidad en agua, pH, poder oxidante, poder reductor, reactividad al agua o al aire, explosividad, inflamabilidad, presencia de sulfuros, cianuros o solventes halogenados, radiactividad, agentes biológico infecciosos, sustancias tóxicas, metales pesados en cantidades superiores a los límites máximos permitidos en la norma, entre otros.

La Ley General de Residuos (2005) indica que una vez que la sustancia es declarada como residuo, se debe rotular y etiquetar según su grado de peligrosidad. Además, debe tener suficiente información acerca de sus características para la correcta disposición. Si la sustancia es desconocida, será necesario programar los experimentos y las pruebas adecuadas para su identificación, por parte de un docente profesional en la materia.

El reglamento para el manejo de residuos peligrosos, en el artículo 6, recomienda no permitir la acumulación de desechos peligrosos diferentes en forma conjunta, es decir, cada desecho peligroso deberá ser acumulado para su almacenaje en forma individual. Todo envase debe estar cerrado, excepto cuando se ocupe agregar más desechos o removerlos; para conocer qué tipo de residuos son, si no existiera un etiquetado correcto, se puede realizar una caracterización preliminar del residuo.

Para almacenar correctamente los residuos, se debe tener en cuenta las disposiciones descritas, no solo de las normas vigentes, sino también detallar la incompatibilidad de los desechos por almacenar, las condiciones de los envases y embalajes, planes de contingencia, impermeabilidad de piso,

aireación adecuada, dependiendo del tipo de desecho almacenado, entre otras, según el tipo de laboratorio y los desechos generados.

El Manual de Seguridad de Residuos Químicos (Panreac) hace énfasis en que no se debe desechar al vertedero de basura: papeles de filtro, guantes, trapos, aserrín, y otros materiales que hayan tenido contacto con productos químicos, sin que se les haya dado tratamiento previo.

Los cuadros II y III (páginas 56 y 57) detallan procedimientos y tratamientos de residuos químicos de laboratorio, mediante tareas que suelen ser sencillas y económicas.

Algunos productos o desechos sólidos (plástico, cartón, vidrio y papel) se pueden reciclar; esto es parte del tratamiento de desechos que debe contemplarse dentro del protocolo. Tales productos se pueden llevar a centros de acopio, al igual que el vidrio. No se recomienda la incineración de los materiales, debido al aumento en la contaminación de gases.

Por último, las descargas y deposiciones de los desechos peligrosos de laboratorio deben tratarse para que no provoquen complicaciones de ningún tipo para los seres humanos ni el ecosistema. El Reglamento para el Manejo de Residuos Peligrosos dicta diferentes métodos para la deposición adecuada de residuos a nivel nacional.

CONCLUSIONES

El éxito del manejo ambiental en los laboratorios de química de las universidades nacionales (estatales y privadas) estará estrechamente relacionado con la sana voluntad de aceptación de lineamientos institucionales, el cumplimiento de la legislación y normativa costarricense, así como de la firme convicción de la necesidad de cambio.

La infraestructura actual, utilizada para almacenar las sustancias químicas en los laboratorios de

Cuadro II. Tratamiento químico de residuos de laboratorio para sustancias químicas

Tratamiento	Indicación
Neutralización	<p>Se aplica a soluciones de bases y ácidos minerales, ácidos orgánicos o soluciones de estos (ácido clorhídrico, sulfúrico, nítrico, acético, fosfórico, perclórico; bases como hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de amonio, entre otras). Primeramente, se realiza una dilución de la sustancia por tratar, hasta una concentración no mayor de 1 M o 5%. Al residuo diluido se agrega una solución diluida de carbonato de sodio, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, etc., según sea el caso, al mismo tiempo que se agita. Si es necesario, se añade un poco de hielo a la solución para que la temperatura no exceda los 40°C.</p> <p>En el caso de los ácidos, estos pueden neutralizarse también con carbonato de sodio sólido o cal. Una vez ajustado el pH a la neutralidad, el residuo puede ser vertido al drenaje bajo el chorro de agua.</p>
Precipitación	<p>Se utiliza para remover metales como Ag, As, Cd, Cr, Ba, Zn, Ag, Pb, Hg, etc., que rebasan los límites establecidos en las normas oficiales. Los metales se precipitan como sales insolubles a un determinado pH, después de realizar una concentración de la solución; más pH si se trata de soluciones muy diluidas. Se recomienda que residuos de cada metal se recolecten por separado para facilitar su recuperación y reutilización. Una de las más exitosas opciones es precipitarlos en forma de silicatos, metasilicatos o hidróxidos por medio del silicato, metasilicato o hidróxido de sodio, con control del pH. En pocos casos, las sales insolubles pueden ser sulfatos (Ba, Pb) o carbonatos (Ba, Pb, Sr). Otra opción, para soluciones de metales muy diluidas, es utilizar resinas de intercambio iónico o carbón activado.</p>
Oxidación-reducción	<p>Para disminuir la peligrosidad de ciertas sustancias como el permanganato de potasio, ácido pícrico, cianuros, ferro y ferricianuros, bromuro de etidio, clorato de potasio, peróxido de hidrógeno, formaldehído, fenol, bromo, yodo, etc.; se utilizan como agentes oxidantes: hipoclorito de sodio, permanganato de potasio; y como reductores: bisulfito de sodio y tiosulfato de sodio.</p>
Hidrólisis	<p>Consiste en agregar agua al residuo. En condiciones controladas pueden tratarse residuos reactivos al agua. Ejemplo: sodio, potasio, calcio, tetrahidruro de sodio y aluminio, amida de sodio, carburo de calcio, etcétera.</p>

Fuente: Manual para el manejo de residuos peligrosos químicos. 2003. México. / Manual de seguridad de Residuos Químicos, Panreac, España.

Cuadro III. Tratamientos físicos de residuos químicos de laboratorio

Tratamiento	Indicación
Sedimentación	La sedimentación, seguida de una decantación, es el procedimiento más simple, ya que solo hay que dejar reposar el residuo para que el sólido sedimente.
Precipitación física	Proceso que forma un sólido como resultado de cambio físico (enfriamiento, evaporación o alteración del solvente).
Secado y evaporación	Se emplea para residuos que no pueden destilarse y para remover agua de los residuos acuosos. La liberación de gases o vapores en la atmósfera, vía evaporación, no es un método aceptable; debe contarse con extractores que posean dispositivos especiales para impedir la descarga de los gases corrosivos o tóxicos a la atmósfera, al momento de producirse. Se recomienda la neutralización de los gases por burbujeo o el uso de filtros auxiliares para evitar la contaminación a la atmósfera.
Destilación	Es útil para la recuperación y reutilización de solventes. En el caso de solventes inflamables, debe realizarse de forma manual, tomando las precauciones necesarias (adecuada ventilación, utilización de equipo eléctrico a prueba de chispas, evitar toda fuente de ignición). Los solventes que ya no puedan recuperarse por destilación, se deberán enviar a un proceso de incineración o utilizarse como fuente de energía alterna.

Fuente: Manual para el manejo de residuos peligrosos químicos. 2003. México. / Manual de seguridad de Residuos Químicos, Panreac, España.

química de varias universidades nacionales, no presentan las características idóneas requeridas y generan riesgos pocas veces cuantificados. Por ello, es importante hacer evaluaciones de riesgos periódicos o en su defecto, analizar seriamente la posibilidad de construir estos inmuebles nuevos, planificando los requerimientos actuales.

El presente artículo permite que el encargado de laboratorio o bodega realice un correcto almacenamiento de las sustancias químicas, al contar con información que por obligación no solo debe conocer, sino que le ofrece ideas sobre

cómo reconocer y evitar riesgos de accidentes.

Los funcionarios de los laboratorios de Química presentan vacíos en temas como: salud ocupacional, prevención de accidentes, primeros auxilios y manejo de desechos, los cuales se pueden cubrir con planes de capacitación continua.

A pesar de los esfuerzos de concientización sobre la peligrosidad y el riesgo de las sustancias químicas, existe un problema cultural para la internalización y manejo de estos conceptos.

BIBLIOGRAFÍA

Anastas, P. y Warner, J. (1998). *Green Chemistry Theory and Practice*. New York: Oxford University Press, pp. 25-35.

Alfaro, A. (2007). *Instructivo para el manejo de residuos químicos*. Programa de Gestión Ambiental Integral. San José: Universidad de Costa Rica.

Alvarez, R. Arce, E., Parra, V. (2003). *Manual de manejo de Residuos Peligrosos Químicos para la Universidad de Sonora*. Hermosillo, México.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2005). *Ley General de Residuos*, expediente N°15.897.

Bolaños, J. (2006). *Manejo Ambiental en la Gestión de Compra y Almacenamiento de Sustancias Químicas de la Universidad Nacional*. Tesis, Sistema de Estudios de Posgrado. Heredia: Universidad Nacional.

Mora, C., Piedra, G., Pérez, R., Chaves, G., Benavides, D. (2012). *Gestión de desechos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional*. Tecnología en Marcha. Vol. 25, N° 1, pp. 64-69.

El Presidente de la República y el Ministro del ambiente y Energía. Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales. DECRETOS N°27001-MINAE. *LaGaceta*, N° 101, pp. 10-17.

González, N. y otros. (2004). *Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional*. Heredia: Universidad Nacional, pp. 5-12.

Ministerio de Salud de Costa Rica. (2010). *Guía para la elaboración del Plan para el Manejo y la Disposición Final de Medicamentos, Materias Primas y sus residuos*.

Hickman, R. (2001). *Evaluación y Manejo del Riesgo*. Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Jardim, W. (1997). *Gerenciamiento de residuos químicos en Laboratorios de ensino e pesquisa*. Instituto de Química - UNICAMP - Laboratorio de Química Ambiental - CP 6154 - 13081-970. *Manual de Seguridad en los Laboratorios Químicos*. (2005) España. Panreac química S.A.

Matthews, S., Hendrickson, C. (2002). *The economic and environmental implications of centralized stock keeping*. J. Ind. Ecol. 6:71-81.

Ogliastri, E. (2003). *El debate sobre el desarrollo sostenible: ¿paga ser verde?* Suma, 106, pp. 34-35. Sawyer, C. y otros. (2000). *Química para Ingeniería Ambiental*. Bogotá: Mc Graw-Hill.

Sepúlveda, S. (2002). *Desarrollo Sostenible Microregional: Métodos para la planificación local*. San José: IICA-UNA.