
**GESTIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS EN LABORATORIOS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL**

**CHEMICAL REAGENTS MANAGEMENT IN LABORATORIES OF THE
UNIVERSIDAD NACIONAL**

José Carlos Mora Barrantes

jmor@una.ac.cr

Universidad Nacional, Costa Rica

David Benavides Ramírez

dbenavid@una.ac.cr

Universidad Nacional, Costa Rica

Gilberto Piedra Marín

gilberto.piedra@gmail.com

Universidad Nacional, Costa Rica

Recibido el 3 de mayo de 2011. Corregido el 2 de abril de 2012. Aceptado el 28 de octubre de 2012.

Resumen: Durante el 2008-2009 se realizó un diagnóstico de la gestión de reactivos químicos en los laboratorios de docencia e investigación de la Universidad Nacional, utilizando las siguientes herramientas: 1) aplicación de cuestionario, entrevista a funcionarios de laboratorio, 2) realización de visita al laboratorio, 3) generación de inventarios de reactivos químicos, 4) realización de sesiones de trabajo con funcionarios universitarios y 5) visitas a instituciones públicas y privadas relacionados con la gestión de reactivos químicos. La investigación permitió identificar la gestión actual de reactivos químicos; respecto a; medidas bajo las cuales se almacenan, segregan, etiquetan y utilizan los reactivos químicos, aspectos relacionados con la generación de inventarios, control y seguimiento del estado de los reactivos químicos, existencias de equipos de seguridad, aplicación de protocolos para uso adecuado de reactivos, evaluar las acciones administrativas que ejecuta la universidad para que el uso de los reactivos químicos sea el más seguro para la salud de los trabajadores, la propiedad y el medio ambiente. Se concluye que una gestión adecuada de reactivos químicos requiere de formulación e implementación de normativas institucionales y la creación de una plataforma universitaria que coordine las acciones correspondientes. También es necesario la creación de normativa nacional atinentes al quehacer universitario, tal y como existe para regular el uso de productos químicos a nivel industrial.

Palabras claves: Reactivos químicos, gestión de reactivos, laboratorios, equipo y materiales de seguridad química, normativa de productos químicos.

Abstract. During years 2008-2009, a diagnostic regarding chemical reagents management (aspects related with; regulations, safety procedures, handle and storage conditions, etc) in teaching and research laboratories of the Universidad Nacional, was carried out. In order to collect such information different strategies/methodologies were used: 1) application of an interview and questionnaire to the laboratories' personnel, 2) an inspection of the laboratories, 3) generation of chemical reagents database 4) work sessions with university management authorities and 5) interview with chemical products management personnel of public and private institutions. This study allowed to identify the actual conditions for the chemical reagents management at Universidad Nacional, for example; the different procedures for the segregation, storage, labeling and use of the chemicals, as well as the aspects related with; chemical database generation, material and safety equipment control, use of safety procedures, etc. Also, the study allowed to evaluate the existing management procedures executed by university authorities for handling them appropriately. As a conclusion, in order to conduct an adequate chemical reagents management at Universidad Nacional it is necessary to formulate and implement regulation (institutional procedures, protocols, etc) and the establishment of an university office in charge of all the chemical reagents management activities and procedures. Also is necessary to generate national regulations focused on university activities (chemical reagents management) as well as the existing for the industry chemical products control and regulation.

Keywords: Chemical reagents, chemical reagents management, laboratories, material and safety equipment, chemical products regulations.

La seguridad es un tema de actualidad para todo el personal (estudiantes, profesores, investigadores, etc.) que trabaja con reactivos químicos en un laboratorio moderno, y es de vital importancia para la protección de la salud de las personas, la propiedad y el medio ambiente (Bernabei, 1994; DiBerardini, 2001; Ewing, 1990).

En una institución dedicada a la investigación y a la enseñanza, los laboratorios de docencia e investigación científica son de gran relevancia. Es aquí donde se enseñan los fundamentos de las ciencias y se llevan a cabo proyectos de investigación que resultan fundamentales para sociedades enteras. Por tanto, su necesidad es inminente. Sin embargo, es común ver el laboratorio como un lugar peligroso, que presenta riesgos químicos y físicos para las personas que trabajan en él, las personas vecinas y hacia el medio ambiente en general. Tales riesgos se justifican por la gran variedad de reactivos químicos almacenados y por los efectos potenciales que representan los procedimientos que se desarrollan en los diferentes laboratorios (Bernabei, 1994; DiBerardini, 2001; Ewing, 1990).

Uno de los problemas fundamentales que se presentan en las labores donde se manipulan reactivos químicos es la poca información sobre estos; sin embargo, en muchos casos existe poco interés por conocer e investigar sobre los efectos potenciales que representan las sustancias manipuladas y almacenadas en las áreas de trabajo, y en desarrollar buenas prácticas, acciones y actividades que incentiven una adecuada gestión de reactivos químicos. Por ejemplo y de acuerdo con lo planteado en varios estudios y decretos (Bernabei, 1994; DiBerardini, 2001; Ewing, 1990; Decreto 26805-S, 1998; Decreto 13466-TSSN, 1982; Decreto 18209-S, 1998):

- Generación y actualización de inventarios químicos.
- Identificación de reactivos desconocidos que pueden ser utilizados antes de su vencimiento o eliminados correctamente.
- Mejoramiento en la calidad de los productos investigando sus propiedades fisicoquímicas, impurezas inherentes, contaminación *in situ*, etc.
- Etiquetado adecuado de disoluciones y reactivos químicos, según criterios de riesgo y peligro fisicoquímico.
- Almacenamiento de reactivos, según criterios de compatibilidad química.
- Control y seguimiento de estado físico de los reactivos (ej.: inspecciones periódicas en las áreas donde se almacenan).
- Uso de herramientas como las hojas de seguridad química (Material Safe Data Sheet, MSDS), fichas técnicas u otras fuentes de información para el uso correcto de sustancias químicas.
- Utilización de equipo de protección personal.
- Adquisición, entrenamiento y mantenimiento preventivo en equipos y materiales de seguridad química.
- Desarrollo de programas de capacitación en temas relacionados, entre otros.

De igual forma, en cuanto a los aspectos más importantes dentro de un laboratorio, cualquiera sea su clase o función, es determinar cuál es la mejor utilización de su espacio físico y recursos, debido a que, constantemente, los laboratorios de investigación, en particular, son modificados para atender o adecuarse a sus actividades. Un laboratorio donde se manipulan reactivos químicos y se realizan múltiples procedimientos analíticos debe contar con un espacio cómodo para sus actividades; en general debe tener las siguientes áreas bien definidas y estructuralmente adecuadas:

- Zona espacial para almacenar reactivos y desechos químicos.

- Zona de preparación de soluciones químicas y para la realización de experimentos.
- Cuarto de instrumentación analítica.
- Área de cristalería.
- Equipamiento y materiales de seguridad suficientes y óptimos.
- Zona administrativa y espacio para atención al público (visitantes, estudiantes, etc), entre otros (Bernabei, 1994; DiBerardini, 2001; Ewing, 1990; Decreto 26204-MEIC, 1997; Furr, 2000; IPC, 1998).

De igual forma resulta de gran importancia la administración del laboratorio y la gestión adecuada de sus actividades, en especial, el manejo seguro de reactivos químicos, que son la base y materia prima para la realización de las múltiples actividades (procedimientos, investigaciones, ensayos, etc.) realizadas en laboratorios de docencia e investigación (Bernabei, 1994; Phifer y Mctigue, 1998, Pipitone, 1991).

No obstante, las universidades, como instituciones de investigación y de docencia, tienen una serie de problemas muy específicos vinculados con el manejo de sustancias peligrosas y de sus desechos, ya que cuentan con laboratorios muy diversos (biología, química, veterinaria, farmacia, medicina, agronomía, física, etc.) que utilizan un amplio espectro de reactivos químicos: compuestos orgánicos, halogenados, sales (tóxicas, oxidantes), inorgánicos, insolubles en agua, etc. (Bernabei, 1994; Phifer y Mctigue, 1998).

Aunado a la variedad de laboratorios y a la variedad de sus reactivos y procedimientos, la seguridad personal y la salud ambiental en los laboratorios académicos enfrenta numerosos desafíos en el desarrollo e implementación efectiva de programas de manejo de reactivos (Mooney, 2004).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, USA) reconoce que la regulación existente para manejo de productos y desechos químicos fue diseñada principalmente para aplicaciones industriales y muchos aspectos son inadecuados para el quehacer universitario (Monzy Ffiona, 2006). La búsqueda de soluciones para la gestión adecuada de reactivos en laboratorios se agrava aún más por el hecho de que las normativas estatales o gubernamentales son confusas y, en algunas casos, contradictorias para ser aplicadas en el ambiente universitario (Mooney, 2004).

Otro desafío que se debe enfrentar es el de poder realizar un cambio en la cultura universitaria que permita convencer y concientizar al personal de la necesidad de cambios de conducta y de consumo, de forma que estos vayan enfocados a la prevención y minimización de accidentes. Finalmente, otro reto por superar es la creación de una estructura organizacional que lidere la gestión de la salud ocupacional, seguridad industrial y ambiental en los centros universitarios (Mooney, 2004).

Con respecto a los problemas y desafíos anteriores, diferentes autores, organizaciones y centros universitarios se han pronunciado y han enfocado sus esfuerzos en la búsqueda de soluciones que permitan adecuados procedimientos durante la manipulación de reactivos químicos, así como en cambiar la conducta en la comunidad universitaria. Algunas de estas organizaciones son National Academic Press (NAP), la Sociedad Americana de Química (American Chemical Society - ACS) y la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency,-EPA) (Reinhardt, 2009).

Los programas en los EEUU, dirigidos específicamente al quehacer académico, tienen sus inicios a finales de los años 80 y principios de los 90, con publicaciones por parte de la National Academic Press (Reinhardt, 2009) que hacen referencia a:

- Prácticas prudentes para el manejo de productos químicos peligrosos en laboratorios (Prudent Practices for Handling Hazardous Chemicals in Laboratories, 1981).
- Prácticas prudentes para la disposición de productos y desechos químicos en laboratorios (Prudent Practices for Disposal of Chemicals from Laboratories, 1983).
- Prácticas prudentes para el manejo y la disposición de productos y desechos químicos en laboratorios (Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals, 1995).

NAP, mediante diferentes comités y grupos de investigadores (por ejemplo, Committee on Prudent Practices for Handling, Storage, and Disposal of Chemicals in Laboratories) ha enfocado parte de sus esfuerzos a la gestión adecuada de productos y desechos químicos manipulados y generados en laboratorios universitarios de investigación y docencia (Reinhardt, 2009).

Los procedimientos por desarrollar en los laboratorios, durante el manejo y disposición de productos químicos, sugeridos por los investigadores de la NAP están dirigidos tanto a estudiantes, profesores, investigadores y analistas, como al personal del departamento de salud y medio ambiente, a los directores de salud, a los coordinadores de laboratorio, y a los encargados en general del manejo de reactivos químicos. Algunos procedimientos mencionados son: formatos para el etiquetado de soluciones químicas, guías para la segregación de reactivos químicos, procedimientos analíticos bajo los conceptos de “química verde” y a “pequeña escala”, programas de capacitación para profesores, protocolos para la atención a accidentes químicos, uso y mantenimiento de equipos y materiales de seguridad (Reinhardt, 2009).

Parte de los procedimientos, como por ejemplo, procedimientos para la atención a accidentes químicos, planes de emergencia en laboratorios y los programas de

capacitación, etc., pueden ser incorporados en los planes de salud ocupacional, procedimientos de seguridad y normativa para regular las condiciones de trabajo en laboratorios, así como en la gestión administrativa universitaria en general (Reinhardt, 2009).

Mooney (2004) destaca, además, la necesidad e importancia de que las universidades cuenten con normativa y adecuadas prácticas para la compra, etiquetado, uso, almacenamiento y transporte de reactivos químicos, con el fin de que se evite o minimicen los accidentes químicos, ya que la generación de estos no solamente conlleva cuantiosas pérdidas económicas y materiales, sino que pueden llegar a impactar negativamente el medio ambiente y la salud de las personas. Esto afecta negativamente la imagen de las universidades y las expone a demandas por sus propios funcionarios, en caso de que estos sufran, directamente, las consecuencias.

Metodología

El análisis de la gestión de reactivos químicos fue enfocado en las unidades académicas que usan sustancias químicas para las actividades de docencia e investigación en los Campus Omar Dengo y Benjamín Núñez. El estudio se realizó durante el periodo 2008-2009.

La población del estudio se seleccionó con base en información recolectada en la Dirección de Investigación, Vicerrectoría Académica, escuelas y decanatos, así como de la Proveduría Institucional. Los laboratorios y bodegas incluidos en el estudio conforman aproximadamente el 80% de los sitios que manipulan reactivos o productos químicos en las facultades de Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias de la Tierra y Mar y Ciencias de la Salud. La tabla 1 resume la población investigada.

Tabla 1

Población del estudio

Unidad académica / Centro / Instituto	Laboratorios¹ (#)
Escuela de Química	16
Escuela de Medicina Veterinaria	16
Escuela de Ciencias Biológicas	9
Escuela de Ciencias Agrarias	9

Escuela de Ciencias Ambientales	1
CINAT	3
IRET	2
INISEFOR	2
OVSICORI	1
TOTAL	58

Nota: Se incluyen tanto los laboratorios de investigación y docencia, como venta de servicio y extensión

Para conocer el estado actual del manejo de los reactivos se aplicaron los siguientes instrumentos: 1) un cuestionario y una entrevista a personal de laboratorio, 2) una visita a cada laboratorio, 3) generación de inventarios de reactivos químicos, 4) sesiones de trabajo con funcionarios encargados de la gestión universitaria y 5) entrevista a funcionarios de instituciones públicas y privadas (Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Empresa cementera HOLCIM).

Resultados y discusión

En cuanto a la gestión de reactivos químicos en la Universidad Nacional, se identificó que los laboratorios de investigación en general cuentan con un encargado responsable, quien, en la mayor parte, es un académico con grado mínimo de licenciatura y con al menos 5 años de laborar para la Institución. En dos laboratorios de la Escuela de Química la coordinación durante este periodo de estudio fue responsabilidad de estudiantes, debido a que los encargados directos ocupaban los puestos de Director. En un solo caso se detectó un laboratorio sin coordinación alguna, correspondiente a la Escuela de Ciencias Biológicas. Los responsables de la coordinación de los laboratorios forman parte del personal de trabajo de la respectiva unidad académica, centro e instituto.

Las diferentes actividades o procesos desarrollados, así como los principales reactivos químicos utilizados en los laboratorios de investigación se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Diferentes actividades o procesos desarrollados y principales reactivos químicos utilizados en los laboratorios de investigación

Procedimiento/ Análisis/ Procesos	Unidad	Principales reactivos químicos utilizados
-----------------------------------	--------	---

Digestión de muestras	Química, INISEFOR	Ácidos: clorhídrico, sulfúrico, nítrico
Análisis foliar/ análisis de materia orgánica y nitrógeno	Ciencias Agrarias, INISEFOR, Química	Hidróxido de sodio, nitrato de amonio, nitrato de sodio
Ensayos de biomasa microbiana	Ciencias Biológicas	Etanol, acetona, ácido clorhídrico
Extracción, visualización y fijación de ADN	Medicina Veterinaria, Ciencias Biológicas, Ciencia Agrarias	Ácido acético, metanol, bromuro de etidio
Cortes histológicos Tinción de cortes histológicos	Medicina Veterinaria	Fenol, cloroformo, formaldehído, diaminobencidina.
Destilación y purificación de solventes	Química	Etanol, metanol, acetonitrilo, tolueno

Continuación Tabla 2: Diferentes actividades o procesos desarrollados y principales reactivos químicos utilizados en los laboratorios de investigación

Procedimiento/ Análisis/ Procesos	Unidad	Principales reactivos químicos utilizados
Cromatografía de capa fina	Química	Hexano, diclorometano, tetrahidrofurano
Análisis de aguas residuales	Química Ciencias Ambientales	Ácido sulfúrico, dicromato de potasio, fenantrolina, yoduro de potasio, sulfato de plata, tiosulfato de sodio
Análisis químicos instrumental cromatografía (GC y HPLC)	CINAT, IRET, Química	Hexano, metanol, acetonitrilo, acetato de etilo, alcoholisopropílico, acetona, tolueno
Análisis químicos instrumental con absorción atómica	INISEFOR, Química, OVSICORI	Ácido nítrico, muestras con metales pesados

La administración de los laboratorios de docencia varía en cuanto a la cantidad de personas encargadas, al grado académico de los encargados y a las actividades desarrolladas. En el caso del laboratorio de preparación de reactivos, la coordinación está a cargo de tres profesionales (laboratorista químico) con más de 15 años de laborar para la institución. Las actividades realizadas en este laboratorio son desarrolladas conjuntamente con estudiantes de tercer año de la carrera de Química Industrial. En el caso del laboratorio de biopreparaciones, la coordinación la ejerce una persona sin formación universitaria en química, con más de 20 años de laborar en la institución. Esta persona ha recibido cursos de capacitación para el desarrollo de sus actividades

actuales por parte de la misma Escuela de Ciencias Biológicas y por talleres que se han dado en la institución. Al igual que en Química, las actividades desarrolladas son apoyadas por estudiantes.

En el caso de los laboratorios de docencia donde se imparten las clases no cuentan con personal permanente para la gestión de las múltiples labores desarrolladas en estos, lo que existe es un ventanillero (asistente del profesor del curso del laboratorio) para que atienda básicamente las necesidades (abrir y cerrar el laboratorio, entregar y recoger equipo y reactivos, etc.) de los profesores y estudiantes en el momento en que se están impartiendo las lecciones. La coordinación de los cursos de docencia en estos laboratorios está a cargo del responsable de la cátedra, su responsabilidad es evaluar el desempeño curricular del profesor y la calidad de las lecciones. Los coordinadores indican que, por parte de la respectiva unidad academia, no se cuenta con procedimientos o directrices para que se realice un seguimiento y control de las condiciones de seguridad para el manejo de los reactivos químicos. Tampoco existen, según lo indican los profesores, procedimientos institucionales adecuados para la prevención, minimización, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos químicos.

En relación con el tema infraestructural de laboratorios, la mayoría de estos fueron construidos hace más de 15 años y han sido modificados, en los últimos años, debido al crecimiento de sus actividades. La estructura física de los pisos y paredes es de cemento y, en promedio, tienen un área de construcción de 70 m² y 85 m² para los de investigación y docencia, respectivamente. No obstante, a pesar de la antigüedad de las instalaciones, la mayoría de los laboratorios cuenta con algún tipo de seguridad para el desarrollo de sus labores. Tal como se indica en la tabla 3, existen laboratorios que cuentan con salidas de emergencia, duchas y fuentes lavajos, capillas de extracción, mantas contra incendio y extintores. Estos materiales les permiten, a estudiantes y profesores, tener herramientas disponibles para atención de accidentes químicos y para proteger su salud. Sin embargo, existe falencia en la tenencia de equipos de seguridad de mayor envergadura (sistemas de alarma, detectores de humo, sistema de recirculación de aire) en la gran mayoría de los sitios estudiados. La tabla 3 muestra, además, que a pesar de que se cuenta con equipos y materiales de seguridad en los laboratorios, no existen programas continuos de capacitación para su compra, uso, y mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 3

Disponibilidad de equipos y materiales de seguridad en los laboratorios de investigación y docencia

Equipo/Material	Número de laboratorios	Capacitación y conocimiento en el uso	Mantenimiento preventivo
Sistemas deshumidificadores	Uno de investigación Ninguno de docencia	Se utiliza adecuadamente.	No aplica
Sistemas de recirculación de aire	Ninguno	No aplica.	No aplica
Alarmas y detectores de humo	Ninguno	No aplica.	No aplica
Capillas de extracción	22 de investigación 2 de docencia	Se conoce su función y su uso. No obstante, en algunos laboratorios se utiliza para almacenar equipo y reactivos. Algunas capillas no funcionan correctamente y presentan deficiencias en su sistema de extracción, iluminación interna, presentación, oxidación en paredes y piso.	Ninguno
Salidas de emergencia	12 de investigación	Aunque se tiene claro que es una salida solamente para emergencias, 5 laboratorios la utilizan como puerta de ingreso común.	Ninguno
Ducha fuente lavaojos	29 de investigación 5 de docencia	En laboratorios de investigación se tiene conocimiento de cómo usarla. No obstante, algunos coordinadores de laboratorio desconocen dónde se debe ubicar esta, en relación con la	Ninguno

		distribución física del laboratorio. En docencia los profesores conocen el uso, sin embargo, no se transmite esta información a los estudiantes	
Mantas contra incendio	28 de investigación. 2 de docencia	En los de investigación existe conocimiento de la utilidad. No obstante los usuarios requieren capacitación de cómo utilizarlas en un momento de emergencia. En docencia docentes y estudiantes desconocen cómo usarlas	Ninguno
Neutralizadores químicos	33 de investigación 4 de docencia	No se han capacitado los usuarios a nivel institucional para el uso de estos.	Ninguno
Botiquín de primeros auxilios	30 de investigación 4 de docencia	Falta capacitación en el uso de los implementos del botiquín.	Ninguno
Extintores químicos	38 de investigación 3 de docencia	En investigación, mediante Salud Laboral, se ha llevado un proceso de capacitación para utilizar los extintores. Sin embargo, gran parte de los usuarios desconocen qué tipo de extintor se debe instalar en el laboratorio según actividades desarrolladas. En docencia no se capacita a los docentes ni estudiantes respecto al tipo y uso.	Revisión anual por parte de Salud Laboral, básicamente se rellenan.
Equipo de protección personal (EPP)	36 de investigación 3 de docencia.	Los usuarios necesitan ser capacitados en cuanto a la adquisición y el uso correcto de guantes y mascarillas, especialmente en el tipo que se debe usar dependiendo del producto químico que se utilice.	Ninguno

En relación con lo anterior, se debe indicar que la adquisición, instalación y mantenimiento de los materiales y equipos mostrados no ha sido tomada en cuenta por las unidades académicas; tampoco se ha definido con exactitud por parte de las autoridades universitarias qué departamento, a nivel central, debe incorporar en sus planes operativos la adquisición e instalación de estos.

Respecto a la generación de inventario de reactivos químicos en los centros, la tabla 4 muestra que un 60% de los laboratorios de investigación y un 75% de los de docencia cuentan con un inventario de los reactivos químicos que usan y almacenan en los laboratorios; básicamente la información que contiene el inventario hace referencia al nombre del reactivo, su fórmula molecular y a la cantidad aproximada existente. En algunos laboratorios de investigación se incluye información relativa a la peligrosidad y se mantienen las fichas técnicas y MSDS de los reactivos químicos más utilizados. En el caso de docencia, solamente el laboratorio de preparación de reactivos de la Escuela de Química desarrolla esta práctica.

La generación del inventario en la mayoría de los casos se debe a solicitudes de Salud Laboral y, más recientemente, por parte del Programa UNA Campus Sostenible y por la Regencia Química.

Tabla 4

Inventarios de reactivos químicos en los laboratorios de investigación y docencia de la Universidad Nacional. Periodo 2008

Aspecto	Resultados
Cantidad de laboratorios que generan inventario	<ul style="list-style-type: none">• 3 de docencia• 29 de investigación
Razón de generación de inventarios	Las razones de generación en orden de prioridad son las siguientes; <ul style="list-style-type: none">• Solicitud por parte de Salud Laboral, Regente Químico y Programa UNA Campus Sostenible• Control de inventarios al final de año• Implementación de sistemas de calidad• Solicitud de permisos sanitarios de funcionamiento• Buenas prácticas de laboratorio
Revisión y actualización cada año	<ul style="list-style-type: none">• En 8 laboratorios de investigación y en 2 de docencia
Información contenida	<ul style="list-style-type: none">• En general nombre, fórmula química y

	cantidad total <ul style="list-style-type: none"> • 5 laboratorios de investigación incluyen información sobre riesgos y peligros fisicoquímicos
Uso de hojas de seguridad química (MSDS) y fichas técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • En 15 laboratorios de investigación • En 1 laboratorio de docencia

Respecto al tema del almacenamiento de los reactivos químicos en los laboratorios de investigación y docencia, este se realiza principalmente en gavetas o estanterías de madera y en gabinetes exclusivos para almacenamiento de reactivos. Desde el punto de vista del mobiliario para almacenar los reactivos, se debe indicar que el almacenamiento de compuestos químicos en los laboratorios ha tenido una visible mejora en los últimos años. La necesidad de una mayor seguridad en cuanto al manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas en los laboratorios químicos de la Universidad Nacional le costó a la institución, en el periodo 2006-2007, 50 millones de colones, correspondientes al 38% de presupuesto total invertido para la compra de equipos y materiales de seguridad. Sin embargo, aunque el acondicionamiento de la infraestructura ha sido solo parcial, es posible que en el futuro se logre suplir las necesidades básicas de los laboratorios.

El almacenamiento de reactivos químicos en los gabinetes especiales le permite al usuario segregar, de forma adecuada, los reactivos (con criterios de compatibilidad química); no obstante, las condiciones en las cuales se encuentran los reactivos en las gavetas, estanterías y zonas comunes de laboratorio no son las más óptimas, tal y como se muestra en la tabla 5, la cual detalla el estado actual del control y seguimiento de los envases y etiquetas, así como los criterios para el almacenamiento de reactivos en los laboratorios de investigación y docencia.

Tabla 5

Condiciones de etiquetado, uso y almacenamiento de reactivos y soluciones químicas en los laboratorios de investigación y docencia de la Universidad Nacional

Reactivos químicos	Laboratorios de investigación (n=48)	Laboratorios de docencia (n=4)
Criterios de almacenamiento	Por elementos químicos (n=4) Por orden alfabético (n=11) Por estado sólido y líquido (n=13) Por compatibilidad química (n=5) Sin ningún criterio (n=15)	Por elementos químicos (n=1) Sin ningún criterio (n=3)

Tipos de envases para almacenar	Se mantienen los reactivos puros en sus envases originales. Soluciones químicas se almacenan en recipientes compatibles con el contenido.	Reactivos puros en envases originales. Algunas soluciones se almacenan en recipientes compatibles con el contenido, otras en envases deteriorados, envases para alimentos o bebidas.
Uso de etiquetas	Se mantienen las etiquetas originales de los reactivos puros. Soluciones químicas se les adhiere etiquetas elaboradas en los propios laboratorios.	Se mantienen las etiquetas originales de los reactivos puros. Soluciones químicas se les adhiere etiquetas elaboradas en los propios laboratorios.
Información de las etiquetas	Las etiquetas de los reactivos puros informan sobre componentes peligrosos y sus riesgos Las soluciones químicas tienen información respecto al nombre de la solución y a la fecha de preparación.	Las etiquetas de los reactivos puros informan sobre componentes peligrosos y riesgos. Las etiquetas hacen mención al nombre de la solución solamente. En algunos casos se tienen etiquetas con nombres que no corresponden al contenido del envase.
Reactivos químicos	Laboratorios de investigación (n=48)	Laboratorios de docencia (n=4)
Estado de las etiquetas	La etiqueta de los reactivos puros presenta condiciones óptimas, son legibles. No obstante existe acumulación de reactivos obsoletos o en desuso que presenta etiquetas no legibles, rotas, etc.	La etiqueta de los reactivos puros presenta condiciones óptimas, son legibles. No obstante, existe acumulación de reactivos obsoletos o en desuso que presentan etiquetas no legibles, rotas, etc. Las etiquetas de las soluciones químicas presentan tachones, manchas; en general son poco legibles.
Inspección de envases y etiquetas	No hay un mantenimiento preventivo.	No hay un mantenimiento preventivo.

En los datos del cuadro anterior, se evidencia que el criterio más común para el almacenamiento de reactivos y disoluciones químicas en los laboratorios ha sido el estado físico: los sólidos separados de los líquidos. En segunda instancia, se maneja el criterio de almacenar los reactivos químicos por orden alfabético y, en tercera, se realiza

el almacenamiento según elementos químicos (por ejemplos, todos los compuestos que contienen el metal sodio en un estante, todos los que contienen el metal aluminio en otro, etc.). Al menos 5 laboratorios de investigación consideran la compatibilidad química de los reactivos como criterio de almacenamiento, basándose en las propiedades físicas y químicas de los mismos, por ejemplo, almacenan reactivos inflamables lejos de oxidantes, reactivos tóxicos bajo llave, compuestos orgánicos separados de inorgánicos, reductores separados de oxidantes, etc.

La tabla 5 indica que los reactivos químicos puros se mantienen en sus envases originales, por lo que sus etiquetas contienen la información sobre riesgos y peligros. Sin embargo, algunos recipientes originales presentan etiquetas poco legibles, borrosas, oxidadas, rotas y tachadas, esto debido a la ausencia de procedimientos en los laboratorios para llevar un control y seguimiento periódico del estado de los recipientes que contienen los reactivos. Las etiquetas de las disoluciones químicas son elaboradas por el propio personal e incluye información relativa al nombre y fórmula molecular; no existe, a la fecha, un estándar institucional para un formato de etiqueta común para todos los laboratorios.

Conclusiones

En materia de gestión de reactivos químicos en instituciones de enseñanza superior, no existe, a nivel nacional, reglamentación específica que incorpore las acciones recomendadas por la Sociedad Americana de Química (ACS), la Prensa Académica Nacional (National Academic Press) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), así como de universidades de países desarrollados, como por ejemplo universidades de EE.UU, Canadá y Europa, principalmente.

La regulación nacional en torno a las condiciones de trabajo con productos químicos está dirigida a la industria química y no incorpora sistemas de clasificación química, condiciones de uso o protocolos para la gestión adecuada de reactivos manipulados en las actividades de docencia o investigación.

Con respecto a la gestión de reactivos químicos en la Universidad Nacional, se concluye que existen esfuerzos individuales por parte de laboratorios en mejorar su quehacer laboral; no obstante, se tiene que el principal obstáculo para mejorar la gestión a todos los niveles de la institución lo constituye el hecho de que, en la actualidad, la gestión de reactivos químicos no ha sido coordinada por un departamento o programa institucional centralizado, que permita articular todos los diferentes requerimientos y necesidades para manipular y disponer de forma segura los reactivos. Esta deficiencia genera, entre otros efectos, que la mayoría de las unidades académicas:

- 1) No contemplen en sus planes operativos anuales la necesidad de mejorar la infraestructura.
- 2) No regulen la compra, uso y mantenimiento de los equipos y materiales de seguridad.

- 3) No cuenten con procedimientos institucionales y protocolos para llevar un control de la compra y uso de los reactivos químicos.
- 4) No incorporen procesos ambientalmente sostenibles en procedimientos analíticos, como por ejemplo la implementación de conceptos de química verde y realización de procedimientos a microescala.
- 5) No poseen programas continuos de capacitación, entre otros.

Por tanto, se necesita una adecuada gestión de reactivos que debe centralizarse en un departamento, por ejemplo, un “Departamento de Salud Laboral y Medio Ambiente”, donde se realicen acciones específicas en relación con todo el ciclo de vida de un reactivo químico, estos es:

- 1- Comprar reactivos mas amigables con el ambiente y la salud.
- 2- Exigir al proveedor del reactivo brindar toda la información sobre seguridad durante el uso del reactivo.
- 3- Generar directrices para el etiquetado de las soluciones químicas.
- 4- Girar protocolos para el uso y almacenamiento de los reactivos.
- 5- Crear programas de capacitación, tanto para el uso de reactivos como para el uso y mantenimiento de equipos y materiales de seguridad.
- 6- Administrar la compra de equipos y materiales de seguridad.
- 7- Inspeccionar periódicamente las condiciones de uso de los reactivos.
- 8- Generar normativa institucional.
- 9- Evaluar el riesgo químico por exposición a productos químicos, etc.

No obstante, se debe destacar que se ha avanzado en cuanto al interés y compromiso de las autoridades universitarias por mejorar las condiciones actuales en los laboratorios. Se ha invertido en equipo, materiales, infraestructura y procesos de capacitación. La gestión del Programa UNA Campus Sostenible y la del Regente Químico han sido fundamentales para la generación de iniciativas destinadas a lograr una adecuada gestión de reactivos químicos en laboratorios.

Es oportuno mencionar, además, que existe un compromiso general por parte de los coordinadores de laboratorios por mejorar las condiciones de trabajo, así como para incorporar y cumplir con las directrices que, en su momento, se establezcan para el mejoramiento y la protección de la salud, la propiedad y el medio ambiente.

Agradecimientos

Al personal académico y administrativo de la Universidad Nacional.

Referencias

Bernabei, D. (1994). *Seguridad manual para el laboratorio*. Alemania: Merck.

Decreto 26204-MEIC. (1997). *La Gaceta 155. Reglamento técnico para la seguridad contra incendios: Señalización*. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.

Decreto 13466-TSSN. (1982). *La Gaceta 24. Reglamento general de seguridad e higiene de trabajo*. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.

Decreto 18209-S. (1998). *La Gaceta 23. Reglamento de higiene industrial*. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.

DiBerardinis, J., Baum, J., First, M., Gatwood, G. y Seth, A. (2001). *Guidelines for laboratory design: Health and safety considerations [Guía para diseño de laboratorios]*. (3 ed). USA: John Wiley & Sons, Inc.

Ewing, G. (1990). *Safety in the analytical laboratory [Seguridad en laboratorios analíticos]*. USA: J. Chem. Educ.

Furr, A. (2000). *CRC Handbook of laboratory safety [Manual de seguridad en laboratorio]*. (5ed). Florida, USA: CRC Press Inc.

Grupo Coordinador Nacional. (2008). *Perfil nacional de la gestión racional de sustancias químicas (1ed)*. San José, Costa Rica: EUNA.

IPCS. (1998). *Laboratory handling of mutagenic and carcinogenic products [Manejo de productos cancerígenos y mutagénicos en laboratorios]*. USA: IPCS (International Programme on Chemical Safety World Health Organization).

Monz, D. y Ffiona, M. (2006). *EPA's proposed Academic Laboratories Rule: A more flexible approach to the management of hazardous waste [Propuesta de normativa de la EPA para laboratorios académicos: un enfoque más flexible para el manejo de residuos peligrosos]*. USA: Elsevier Inc. Division of Chemical Health and Safety of the American Chemical Society.

Mooney, D. (2004). *Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Chemistry approach [Minimización efectiva de residuos peligrosos en la academia: El enfoque de la química verde]*. USA: Elsevier Inc. Division of Chemical Health and Safety of the American Chemical Society.

National Academic Press. (1995). *Prudent practice for handling hazardous chemicals from laboratories. [Prácticas prudentes para el manejo de químicos peligrosos de laboratorios]* USA: NAP Publications.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2004). *Pocket guide to chemical hazards. [Guía de mano sobre químicos peligrosos]*. USA: NIOSH Publications.

Phifer, R., y Mctigue, W. (1998). *Handbook of hazardous waste management for small quantity generators [Manual para el manejo de residuos peligrosos de pequeños generadores]*. USA: Lewis Publishers.

Pipitone, D.A. (1991). *Safe storage of laboratory chemicals [Almacenamiento seguro de químicos en laboratorio]* (2ed). USA: John Wiley & Sons, Inc.

PNUMA, OMS, SAICM (2007). *Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional*. Suiza. UN Publications.

Programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2002). *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Sexta Reunión*. Suiza: UN Publications.

Programa UNA Campus Sostenible. (2007). *Plan de gestión ambiental institucional*. Universidad Nacional. Costa Rica

Reinhart, P. (2009). *An Update of Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals* [Actualización de prácticas prudentes en laboratorio: Manejo y disposición de químicos]. USA: Yale Environmental Health & Safety-National Academic Press.

Salazar, R., y Villalobos, R. (2007). Avance en la implementación de un sistema de gestión ambiental en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Costa Rica: *Tecnología en Marcha*, 20(3), 69-79.

University of Tübingen. (2009). *Management of health care systems, environmental protection and occupational safety* [Gestión de sistemas de salud laboral, protección ambiental y seguridad ocupacional]. Germany, 15- 30 abril.