

ARTÍCULO ORIGINAL

Riesgo químico en el Laboratorio de Análisis del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial

Chemical risk in the analysis laboratory of the Industrial Biotechnology Studies Center

Dra. C. Arelis Ábalos Rodríguez,¹ Lic. Isabel Aguilera Rodríguez² y Dra. C. Rosa María Pérez Silva³

¹ Licenciada en Química. Doctora en Ciencias Químicas. Profesora Titular. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

² Licenciada en Química. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

³ Licenciada en Química. Doctora en Ciencias Químicas. Profesora Asistente. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

Se llevó a cabo un ensayo clínico para evaluar el riesgo químico en el laboratorio de análisis del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente, con vista a lo cual se identificaron, entre otros aspectos, las características generales del local y de las 20 técnicas establecidas para el análisis de aguas residuales y residuales agroindustriales (11 de estas se aplican 200 veces al año como promedio), frecuencia de los análisis, reactivos químicos empleados y su categoría de peligro (fundamentalmente ácidos minerales, álcalis, solventes orgánicos y oxidantes fuertes), así como se evaluaron los riesgos químico-físicos y las medidas laborales de seguridad, incluido el tratamiento de los residuos antes de ser eliminados. Se observó que los analistas están expuestos a fuentes de calor y vapores de solventes y ácidos a través de la piel y el sistema respiratorio, pero en un trienio solo se produjeron 3 accidentes leves y no hubo certificados médicos por enfermedades ocupacionales en este tipo de instalación.

Palabras clave: laboratorio químico, residuos, reactivos químicos, riesgos químicos y físicos, medidas laborales de seguridad

ABSTRACT

A clinical trial to evaluate the chemical risk was carried out at the analysis laboratory of the Industrial Biotechnology Studies Center in the Natural Sciences Faculty at Oriente University. For this purpose, aspects such as the general characteristics of the site and of the 20 established techniques for the analysis of waste waters and agroindustrial residual were identified, (11 of these were applied 200 times a year as average), frequency of the analyses, chemical reagents used and their danger category (fundamentally mineral acids, alkalis, organic solvents and strong oxidizers), as well as

the chemical-physical risks and the security working measures were evaluated, including the treatment of residuals before being eliminated. It was observed that the analysts are exposed to sources of heat and steam of solvents and acids through the skin and the respiratory system, but just 3 mild accidents took place in a triennium, and there were no medical certifications due to occupational diseases in this type of facility.

Key words: chemical laboratory, residuals, chemical reagents, chemical and physical risks, security working measures

INTRODUCCIÓN

Los laboratorios de análisis son imprescindibles en los procesos productivos y de servicios, puesto que evalúan la calidad de estos. En dichas instalaciones, los analistas están expuestos a riesgos laborales de tipo químico, tanto directo (manipulación de reactivos) como indirecto (accidentes y liberación al medio de los residuos generados durante el desarrollo de las técnicas analíticas), riesgo físico (ruido, calor) y riesgo biológico (manipulación de microorganismos y muestras biológicas), de manera que en todos los casos pueden aparecer afecciones de la piel, oculares y respiratorias en intoxicaciones agudas o desencadenar efectos carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos o inmunológicos en intoxicaciones crónicas.¹

El Laboratorio Analítico del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) tiene a su cargo los servicios científicotécnicos de identificación química y física de residuales industriales y agroindustriales, con vista a dar respuesta a las solicitudes de los proyectos de investigación internos del CEBI y la Universidad de Oriente, así como a instituciones de la producción o los servicios. Esta instalación también asume demandas para desarrollar actividades docentes de pregrado en las carreras de Biología, Química y Farmacia, así como de posgrado en la Maestría en Biotecnología.

Las solicitudes de servicios analíticos y la actividad docente en el laboratorio generan la manipulación continua de reactivos químicos, con diferentes categorías de peligro para sus trabajadores. A los efectos, en este trabajo se evalúa el riesgo para la salud de los analistas en el citado laboratorio del CEBI.

MÉTODOS

La metodología de trabajo se basó en 2 etapas:

1. Diagnóstico y evaluación: Aquí se tuvieron en cuenta las características del laboratorio, las técnicas de análisis desarrolladas, su frecuencia anual, reactivos utilizados y clasificación por categorías de peligro, matrices analizadas, tipos de residuos generados, identificación de los riesgos y evaluación de las medidas de seguridad establecidas en el laboratorio analítico del CEBI.
2. Gestión primaria de los residuos: Se consideraron el tipo de residuo generado, así como su clasificación y tratamiento previo en el laboratorio antes de la liberación al medio.

Gestión primaria de los residuos

La continua liberación al medio ambiente de residuos generados en la actividad industrial, de servicios o doméstica, se ha convertido en una situación de riesgo para la salud de los seres vivos, debido al paulatino aumento de la contaminación ambiental.² En los laboratorios analíticos, además de la manipulación de reactivos químicos, deben tenerse en cuenta los productos que se derivan de sus reacciones y el destino final de los residuos producidos, una vez desarrollada la técnica de análisis, puesto que se trata de sustancias tóxicas, explosivas, inflamables, corrosivas o genotóxicas.^{3,4}

Por otra parte, entre los residuos sólidos figuran: papel de filtro, puntas inservibles de micropipetas, restos de muestras analíticas, cristalería rota y envases de reactivos vacíos; entre los líquidos, predominantemente los ácidos minerales ($\text{pH} \approx 2$), las soluciones alcalinas ($\text{pH} \approx 10$) y los solventes orgánicos, los cuales son depositados en envases debidamente rotulados, preparados al efecto de acuerdo con su clasificación y tratados previamente en el propio laboratorio antes de su eliminación final por el sistema de desagüe de la mencionada instalación.

Tratamiento previo de los residuos

- **Residuos líquidos:** Se mezclan los ácidos minerales y orgánicos, se neutralizan con la mezcla de álcalis y se vierten en el sistema de desagüe. Este tratamiento preliminar garantiza que el pH de los residuales líquidos cumpla con las regulaciones de la norma cubana para el vertido de aguas residuales en el sistema de alcantarillado: 6-9 unidades de pH (NC 27:1999). Si apareciera algún precipitado – que recibe el mismo tratamiento que los residuos sólidos --, se elimina por decantación o filtración.

Los solventes orgánicos se destilan y reciclan en el propio laboratorio, mientras que los oxidantes y sales se evacúan directamente a través del sistema de desagüe. En el caso de la técnica de determinación de cromo (VI), el residuo generado (solución de Cr^{6+}) se vierte directamente por el sistema de desagüe, sin cumplir con las regulaciones de la NC 27:1999, la cual especifica que el límite máximo permisible para este catión es de 0,5 mg/L. Actualmente se valora la aplicación de tratamiento químico o biológico del cromo (VI).⁵

- **Residuos sólidos:** Son papeles de filtro y restos de muestra que se eliminan junto con la basura del CEBI.
- **Otros residuos sólidos:** La cristalería rota que puede ser recuperada, se reutiliza en el propio laboratorio, mientras que el resto se trata como desecho sólido, previo almacenaje en el recipiente preparado para vidrios. Las puntas de micropipetas se reciclan mientras sean aptas para su uso y los envases de reactivos vacíos son reciclados para la conservación de muestras y soluciones.

Además de la clasificación y tratamiento previo de los residuos, en el laboratorio analítico del CEBI se aplica, siempre que sea posible, el análisis a microescala para reducir costos y volúmenes de residuos generados, realizar el control médico anual a los analistas y no manipular 3 ó más reactivos tóxicos por inhalación en una misma hora.

En ambas etapas fueron entrevistados los analistas y funcionarios del establecimiento, a la par que se revisaron los registros del laboratorio.

RESULTADOS

Se presentan las técnicas analíticas establecidas, su frecuencia de realización anual promedio, los tipos de reactivos utilizados y la naturaleza de los residuos generados en cada técnica (**tablas 1a y 1b**).

Tabla 1a. *Técnicas analíticas más solicitadas en el laboratorio del CEBI*

Ensayos	Frecuencia	Reactivos	Residuales generados
Demanda química de oxígeno (DQO)	200 veces/año	Ácidos minerales fuertes, oxidantes fuertes, sales de metales pesados	Mezcla de ácidos minerales fuertes, sales de metales pesados
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	200 veces/año	Ácidos minerales fuertes, oxidantes fuertes y sales de metales pesados	Solución de sales de metales pesados
Nitrato (NO ₃ ⁻)	200 veces/año	Ácidos minerales fuertes	Solución ácida de la muestra
Nitrito (NO ₂ ⁻)	200 veces/año	Ácidos orgánicos y sales inorgánicas	Solución de azocompuestos
NH ₄ ⁺	200 veces/año	Sales inorgánicas, fenol y base fuerte	Solución alcalina de colorante indofenol azul
Cromo (VI)	200 veces/año	Ácidos minerales fuertes, oxidantes fuertes, solventes y compuestos orgánicos	Solución de cromo (VI)
Sólidos	200 veces/año		Sólidos de las muestras analizadas
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	200 veces/año	Sales inorgánicas, fenol y ácidos fuertes	Solución ácida de un complejo coloreado
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	200 veces/año	Sales inorgánicas, glicerina, etanol y ácido mineral fuerte	Suspensión de sulfato de bario con glicerina, etanol y cloruro de sodio
Alcalinidad	200 veces/año	Sales inorgánicas, ácidos minerales fuertes e indicadores	Solución salina y colorantes indicadores de pH ácido
Dureza	200 veces/año	Ácidos orgánicos e indicadores	Solución salina y colorantes de pH alcalino

Tabla 1b. *Otras técnicas analíticas desarrolladas en el laboratorio del CEBI*

Ensayos	Frecuencia	Reactivos	Residuales generados
Ácidos grasos volátiles	100 veces/año	Ácido mineral fuerte, ácidos orgánicos y base fuerte	Solución de ácido mineral fuerte y una sal
Aceites y grasas	100 veces/año	Solventes orgánicos	Solventes orgánicos
Fenoles	50 veces/año	Sales, ácidos orgánicos e inorgánicos	Solución coloreada hasta pH ligeramente ácido
Taninos	50 veces/año	Sales, ácidos orgánicos e inorgánicos	Solución coloreada hasta pH ligeramente ácido
Carbohidratos totales	50 veces/año	Ácido mineral fuerte, ácido orgánico y fenol	Solución ácida
Ázúcares reductores	50 veces/año	Base fuerte, ácido orgánico, sales y fenol	Solución coloreada ligeramente ácida
Fibra bruta	50 veces/año	Ácido y base fuerte	Solución neutra
Cafeína	50 veces/año	Solvente orgánico	Solvente orgánico
Ácidos nucleicos	50 veces/año	Ácido fuerte	Solución ácida

Según estos datos, 11 de las técnicas analíticas establecidas fueron las más solicitadas, para 55,0 % del total, con un promedio de 200 veces realizadas anualmente.

En la **figura 1** se clasifican los reactivos químicos utilizados en el laboratorio analítico del CEBI de acuerdo con su tipo de peligrosidad; de hecho, 46 % de esos productos resultaron tóxicos (fenol, hidróxido de amonio, dicromato de potasio, sulfato de manganeso [II], acetona, tetracloruro de carbono, cloroformo, n-hexano, meta-vanadato de amonio, carbonato de sodio, ácido sulfanílico, 1,5-difenilcarbocida, ácido cafeico, nitrito de sodio y α -naftilamina), seguidos por los de naturaleza corrosiva.

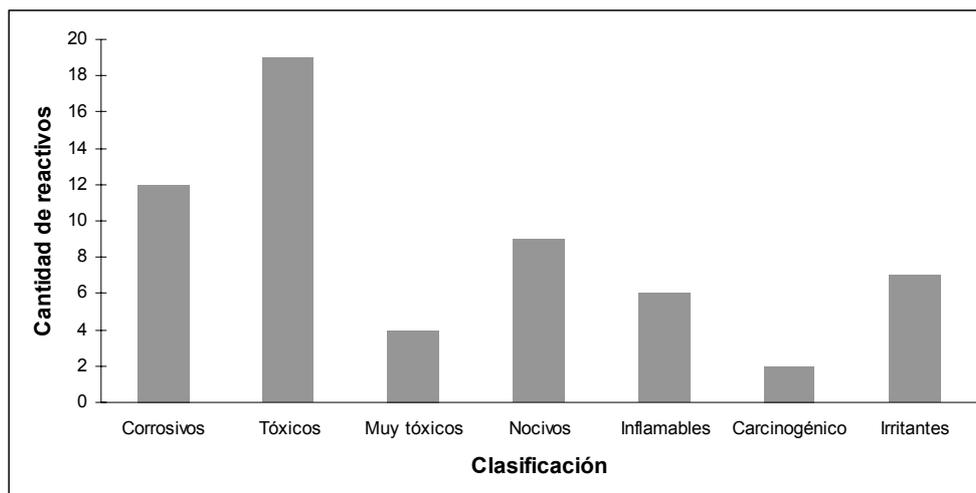


Figura 1. Clasificación de los reactivos químicos utilizados en el laboratorio analítico del CEBI por categoría de peligro

Con las 20 técnicas establecidas, en el laboratorio analítico del CEBI se generan anualmente alrededor de 110 L de residuos líquidos y 30 kg de sólidos (**figura 2**).

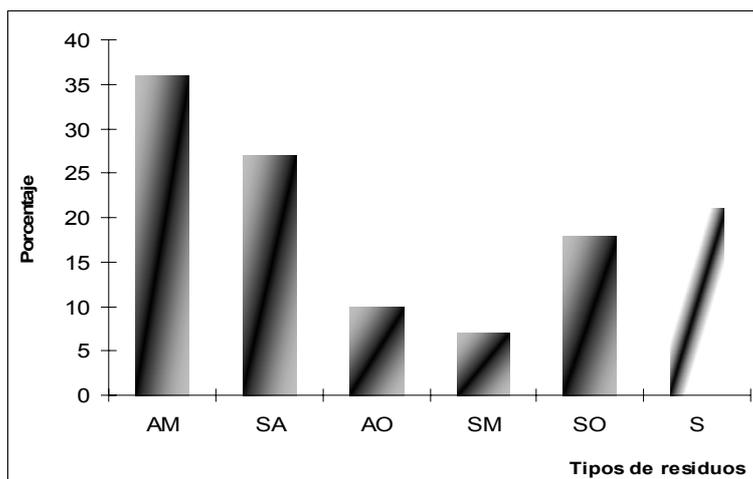


Figura 2. Clasificación de los residuos generados en el laboratorio analítico del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial

AM: ácidos minerales	SM: sales de metales
SA: soluciones alcalinas	SO: solventes orgánicos
AO: ácidos orgánicos	S: sólidos

DISCUSIÓN

El laboratorio analítico del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial, insertado en el sistema de calidad del grupo CEBI-DQ y diseñado para brindar servicios de análisis de aguas residuales y residuos agroindustriales (sólidos y líquidos), se encuentra ubicado en el extremo izquierdo de la planta baja del edificio que ocupa el mencionado Centro y solo posee una vía de acceso.

Dentro del laboratorio se hallan bien delimitadas e identificadas 3 zonas: preparación de muestras y soluciones, zona caliente y zona de instrumentación, en la última de las cuales figuran los equipos de precisión (balanzas analíticas, medición de los valores del pH, espectrofotómetros y otros). Los reactivos y soluciones que deben mantenerse en su interior, están colocados en las estanterías y distinguidos con una clave; pero las sustancias químicas se clasifican, además, en 4 grupos para su almacenaje: ácidos, bases, solventes orgánicos y varios.

Los resultados de los análisis químicos realizados en el laboratorio, de los residuos generados en cada técnica y de las entrevistas efectuadas, revelaron que los analistas permanecen expuestos a riesgos químico y físico:

- En el primer caso, por la manipulación directa de los 41 reactivos diferentes (sobre todo ácidos y bases fuertes y oxidantes) e indirecta por los residuos derivados de las diversas reacciones químicas producidas durante la ejecución de las técnicas, que se corresponden con estudios de identificación de residuales agroindustriales en matrices líquidas. La mayor peligrosidad en el manejo de los reactivos químicos estriba en el hecho de que una misma sustancia puede responder a una o más categorías de peligro; el fenol, por ejemplo, es tóxico y corrosivo a la vez, de manera que se requiere mayor cuidado al utilizarlo.
- En el segundo caso, por la manipulación de equipos de calor (estufas y muflas) en los procedimientos que requieren temperaturas superiores a ambiental.

De la ejecución de estos procedimientos se desprenden residuos sólidos y líquidos; estos últimos en su mayoría con un pH tan ácido, que no pueden verterse en esas condiciones por el sistema de desagüe.

La exposición a esas sustancias ocurre a través de las vías respiratorias (por inhalación de ácidos y vapores de solventes orgánicos como cloroformo, tetracloruro de carbono, n-hexano y éter etílico, que pueden ejercer efectos genotóxicos)⁶⁻⁸ y de la piel (por el contacto directo con los equipos de calor, ácidos, álcalis, solventes y compuestos orgánicos, oxidantes, sales de metales pesados y otros reactivos químicos); pero no tiene lugar a través de las vías digestivas, puesto que al emplearse dispensadores de volúmenes, se evita que el personal lleve la pipeta directamente a la boca. Como consecuencia de los riesgos existentes, en los analistas puede afectarse el sistema respiratorio, aparecer lesiones cutáneas y producirse daños oculares.

En el laboratorio, la técnica analítica para determinar el ciclo del nitrógeno (nitrato, nitrito y amonio) es la que emplea más reactivos tóxicos y corrosivos; estos últimos, representados por 29 %, fueron: hidróxidos de sodio, potasio y amonio; ácidos acético glacial, fosfórico, nítrico, clorhídrico, sulfúrico y tricloroacético; hipoclorito de sodio y fenol, utilizados fundamentalmente en dicho ciclo, pero también en la demanda bioquímica de oxígeno y ácidos grasos volátiles.

Durante el trienio 2007-2009 solo se lesionaron 3 trabajadores por quemaduras cutáneas leves con fenol, que no condujeron a su inactivación temporal. La citada institución cumple con las buenas prácticas de laboratorio y las normas ISO, con lo cual se garantiza prevenir las enfermedades profesionales y los accidentes laborales que pongan en peligro la salud y la vida del personal que allí labora, así como la pérdida de bienes estatales.

Como el laboratorio contribuye a la formación de profesionales de las licenciaturas en Química, Biología y Farmacia, así como a la superación de especialistas en la actividad de posgrado,⁹ de manera que deviene una garantía de excelencia en ese sentido, existe un flujo intenso de personas hacia el laboratorio analítico y su permanencia dentro del local. Por este motivo se desarrollan periódicamente seminarios, talleres, conferencias y debates sobre temas relacionados con riesgo químico, manipulación de residuos, primeros auxilios y salud laboral, a fin de garantizar la superación constante de su colectivo de trabajadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Orozco C, Pérez A, González MN, Rodríguez F, Alfayate JM. Análisis de contaminantes ambientales. En: Thomson, eds. Contaminación ambiental: una visión desde la Química. Madrid: ITES Paraninfo, 2004:31-42.
2. Sardiñas O, Trujillo C, García M, Fernández M. Evaluación de riesgos para la salud por exposición a residuos peligrosos. Rev Cubana Hig Epidemiol 2001; 39:144-6.
3. García M. El laboratorio de química analítica en la evaluación de riesgos para la salud humana por exposición a sustancias tóxicas. En: Escuela Colombiana de Medicina. Toxicología Ambiental. Santafé de Bogotá: Editorial Kimpres, 1996:95-111.
4. Norma Cubana NC 27:1999. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. La Habana: Oficina Nacional de Normalización, 1999:14.
5. Pérez RM, Abalos A, Gómez JM, Cantero D. Biosorption of chromium, copper, manganese and zinc by *Pseudomonas aeruginosa* AT18 isolated from a site contaminated with petroleum. Bioresource Technol 2009; 100:1533-8.
6. Merck. ChemDAT. The Merck Chemical Database No. 1, 2007.
7. Cárdenas O, Varona M, Patifio RL, Groot H. Exposición a solventes orgánicos y efectos genotóxicos en trabajadores de fábricas de pinturas en Bogotá. Rev Salud Pública 2007; 9:275-88.

8. Marquarta H, Northageb Ch, Moneyc Ch. Exposure scenarios for workers. *J Exposure Sci Environm Epidemiol* 2007; 17:S16-S25.
9. Pérez RM, Ábalos A, Aguilera I, Marañón A, Bermúdez C, Pérez N, et al. Sistema de calidad en el grupo analítico CEBI-DQ: una garantía de excelencia en la formación del Licenciado en Química. III Simposio Internacional de Medio Ambiente. La Habana: CNIC, Centro del Ozono, 2008.

Recibido: 12 de febrero de 2010

Aprobado: 14 de marzo de 2010

Dra. C. Arelis Ábalos Rodríguez. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, calle Patricio Lumumba y avenida de Las Américas, altos de Quintero, Santiago de Cuba, Cuba.

Dirección electrónica: aabalos@cnt.uo.edu.cu