

EVALUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LABORATORIOS UNIVERSITARIOS: CASO LABORATORIO DE AGROINDUSTRIA

EVALUATION OF HAZARDOUS WASTE MANAGEMENT IN UNIVERSITY LABORATORIES: AGROINDUSTRY LABORATORY CASE

Tipo de Publicación: Artículo Científico

Recibido: 11/09/2025

Aceptado: 13/10/2025

Publicado: 27/10/2025

Código Único AV: e582

Páginas: 1(1905-1916)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17457519>

Autores:

Maribel Margot Huatuco Lozano

Bióloga

Maestría en Gestión Ambiental

 <https://orcid.org/0000-0001-6552-5252>

E-mail: mhuatuco@unfv.edu.pe

Afiliación: Universidad Nacional Federico Villarreal

País: República del Perú

Gabriel Jorge Carlos Reyes

Ingeniero Industrial

Maestría en Ingeniería Industrial, mención en Producción

 <https://orcid.org/0000-0001-9314-7666>

E-mail: gcarlos@unfv.edu.pe

Afiliación: Universidad Nacional Federico Villarreal

País: República del Perú

Angélica Ysabel Miranda Jara

Ingeniera Agroindustrial

Doctorado en Ingeniería Ambiental

 <https://orcid.org/0000-0001-7103-3350>

E-mail: amiranda@unfv.edu.pe

Afiliación: Universidad Nacional Federico Villarreal

País: República del Perú

Resumen

El estudio evaluó el manejo de residuos peligrosos (RPs) en los laboratorios universitarios de una carrera de Ingeniería agroindustrial. Se aplicaron listas de cotejo, encuestas y observaciones directas en los laboratorios de Biología y Microbiología (LBM), Bioquímica y Análisis de Productos Agroindustriales (LBAPA) y Procesos Agroindustriales (LPA). El diagnóstico situacional mostró deficiencias críticas en segregación, almacenamiento central y disposición final, etapas calificadas como deficientes o muy deficientes. La caracterización reveló que los residuos químicos líquidos (alcoholes, solventes, ácidos fuertes, hidrocarburos) fueron los más frecuentes y peligrosos, mientras que los residuos biológicos, concentrados en el LBM, representaron riesgos de infecciosidad y alergenicidad. El nivel de conocimiento del personal y estudiantes fue adecuado respecto a la identificación y manipulación básica de RPs, pero limitado en normativa institucional y capacitación formal. Estos resultados evidencian la necesidad de protocolos estandarizados, formación continua e infraestructura adecuada para garantizar un manejo seguro y sostenible de RPs en el ámbito universitario.

Palabras Clave

Residuos peligrosos, laboratorios universitarios, gestión ambiental, bioseguridad

Abstract

This study evaluated hazardous waste (HW) management in the laboratories of the School of Agroindustrial Engineering. Checklists, surveys, and direct observations were applied in the Biology and Microbiology (LBM), Biochemistry and Agroindustrial Product Analysis (LBAPA), and Agroindustrial Processes (LPA) laboratories. The situational diagnosis revealed critical deficiencies in segregation, central storage, and final disposal, with most stages rated as deficient or very deficient. Waste characterization showed that liquid chemical residues (alcohols, solvents, strong acids, hydrocarbons) were the most frequent and hazardous, while biological residues concentrated in LBM posed risks of infectiousness and allergenicity. Knowledge levels among staff and students were adequate in identifying and handling HW but limited in understanding institutional regulations and in receiving formal training. These findings highlight the need for standardized protocols, continuous training, and improved infrastructure to ensure safe and sustainable HW management in university settings.

Keywords

Hazardous waste; University laboratories; Environmental management; Biosafety

Introducción

Las actividades de laboratorio en instituciones de educación superior generan residuos peligrosos (RPs) de diversa naturaleza química, biológica y física, por lo cual pueden considerarse una fuente de contaminación, ya que utilizan diversas sustancias químicas potencialmente dañinas para el medio ambiente y la salud humana en el desarrollo de sus actividades (Pinzón Zurita et al, 2022) cuya gestión inadecuada puede ocasionar impactos negativos sobre la salud humana y el ambiente (Alighardashi et al., 2024). Aunque los volúmenes generados en entornos académicos suelen ser menores que los industriales, la heterogeneidad y peligrosidad de los residuos exige protocolos específicos de segregación, almacenamiento, tratamiento y disposición final (Armijo de Vega et al., 2003).

En universidades latinoamericanas se han documentado limitaciones en infraestructura, capacitación y cumplimiento normativo, lo cual incrementa el riesgo ambiental y ocupacional (Kamil & Falah, 2024; Tadese et al., 2022). Sin embargo, recientes experiencias internacionales muestran que la implementación de enfoques como la química verde y la sustitución de reactivos pueden reducir significativamente la generación de residuos tóxicos en entornos de docencia e investigación (Alighardashi et al., 2023). Asimismo, iniciativas de gestión integral basadas en prácticas “zero-waste” y participación comunitaria han demostrado que los

centros académicos pueden convertirse en modelos de sostenibilidad (Sadat et al., 2025).

En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo general evaluar el manejo de residuos peligrosos en los laboratorios universitarios con el propósito de identificar deficiencias críticas y proponer medidas que favorezcan una gestión segura, normativa y ambientalmente responsable. Los objetivos específicos fueron determinar el diagnóstico situacional del manejo de los residuos peligrosos (RPs) en los laboratorios universitarios; determinar los tipos de RPs generados en las prácticas de laboratorio y evaluar el nivel de conocimiento de los docentes, personal administrativo y estudiantes sobre el adecuado manejo de los RPs generados durante las prácticas de laboratorio.

Metodología

El presente estudio se clasificó como una investigación aplicada, de alcance local, con enfoque cuantitativo y un diseño de corte transversal y descriptivo. Este último se seleccionó debido a que permitió evaluar de forma detallada la situación del manejo de residuos peligrosos (RPs) en los laboratorios universitarios de la carrera de agroindustria, estableciendo así una línea base para futuras acciones de mejora.

En ese sentido, el diseño transversal se justificó en la medida que la recolección de datos se

realizó en un único período, comprendido entre abril y noviembre de 2024, sin contemplar seguimiento longitudinal. Este enfoque metodológico coincidió con el aplicado por Kamil & Falah (2024) y Tadese et al., (2022) en estudios de diagnóstico institucional, donde se utilizaron cuestionarios estructurados y observación directa para la evaluación de prácticas en entornos de laboratorio.

La investigación se desarrolló en los laboratorios de una universidad pública de la carrera de Ingeniería Agroindustrial. Los espacios incluidos fueron: el Laboratorio de Biología y Microbiología (LBM), el Laboratorio de Bioquímica y Análisis de Productos Agroindustriales (LBAPA) y el Laboratorio de Procesos Agroindustriales (LPA), los cuales fueron seleccionados por representar las principales áreas de generación de RPs en la unidad académica y por su relevancia en las prácticas de formación profesional.

La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de RPs generados en los laboratorios indicados, así como por los docentes, estudiantes y personal administrativo que desarrollaron actividades en dichas áreas durante el semestre académico 2024.

La muestra de RPs incluyó todos los residuos generados en el LBM, LBAPA y LPA, permitiendo así una caracterización exhaustiva de su naturaleza, volumen y características de peligrosidad. Para la evaluación del nivel de conocimiento en el manejo

de RPs, se seleccionó una muestra representativa de docentes, personal administrativo y estudiantes que participaron activamente en las prácticas de laboratorio, siguiendo un procedimiento de muestreo no probabilístico intencional, tal como recomiendan estudios previos de evaluación de competencias en gestión de residuos (Tadese et al., 2022).

Para la recolección de datos se utilizaron dos técnicas principales: la observación directa y la encuesta. A partir de estas técnicas, en la Tabla 1 se describen los instrumentos utilizados.

Instrumento	Objetivo de medición	Dimensiones	Criterios de valoración	Escala de medición
Formato de registro del diagnóstico situacional	Evaluar el estado actual del manejo de RPs en los laboratorios universitarios de la carrera agroindustria	Etapas del manejo de RPs:	Valoración del cumplimiento de cada etapa.	Ordinal: Muy deficiente (≤ 1); Deficiente ($=2$); Aceptable (>3)
Formato de registro de RPs	Identificar y cuantificar los RPs generados en los laboratorios.	Clasificación del residuo: Tipo de residuo; Estado físico	Tipo: químico biológico físico Estado: líquido sólido	Nominal
		Caracterización de peligrosidad	Inflamabilidad Toxicidad Infecciosidad Corrosividad Radioactividad	Nominal
Cuestionario	Medir el nivel de conocimiento de los participantes (docentes, estudiantes, personal administrativo) sobre el manejo de RPs.	Nivel de conocimiento: Conceptos; Procedimiento Normatividad Capacitación.	X1: ¿Conoce usted qué son los RPs? X2: ¿Conoce los procedimientos adecuados para el manejo y disposición de RPs? X3: ¿Conoce la normativa sobre el manejo de RPs? X4: ¿Ha recibido alguna capacitación sobre el manejo de RPs?	Nominal (Si/No)

Tabla 1. Matriz de operacionalización por instrumento

Procedimiento

En primer lugar, se elaboraron los instrumentos de recolección de datos, diseñando los formatos de registro y el cuestionario para obtener información detallada sobre el diagnóstico situacional y el nivel de conocimiento. Seguidamente, se llevó a cabo la fase de diagnóstico situacional, mediante la aplicación de una lista de cotejo en los laboratorios universitarios, siguiendo los lineamientos establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) para garantizar la coherencia con las normativas institucionales.

Posteriormente, se procedió a la determinación del tipo de RPs, mediante su separación, identificación y clasificación, además de estimar la cantidad generada durante las prácticas. Para cada residuo se registró el peso y/o volumen, las características de peligrosidad y si se realizaba algún tratamiento previo. Finalmente, se evaluó el nivel de conocimiento de los participantes (docentes, estudiantes y personal administrativo) a través de la aplicación del cuestionario. La Figura 1 describe el proceso del procedimiento metodológico.

Para el análisis de datos se utilizó el software R-Studio. Para determinar diferencias significativas entre los laboratorios de agroindustria de una universidad pública. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), considerando un nivel de significancia de $p = 0,05$.

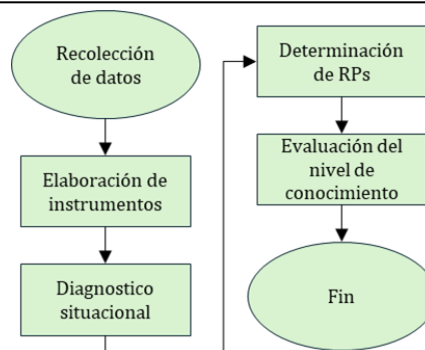


Figura 1. Procedimiento metodológico

Resultados y Discusión

Diagnóstico situacional

La Tabla 2 muestra las valoraciones del diagnóstico situacional en los tres laboratorios evaluados. En el Laboratorio de Biología y Microbiología (LBM), el almacenamiento primario y el tratamiento alcanzaron una calificación aceptable (A), mientras que la segregación y la disposición final fueron muy deficientes (MD). En los laboratorios de Bioquímica y Análisis de Productos Agroindustriales (LBAPA) y de Procesos Agroindustriales (LPA), la mayoría de las etapas también fueron calificadas como deficientes (D) o muy deficientes (MD).

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las puntuaciones promedio de los tres laboratorios no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), lo que indica que las deficiencias observadas son comunes a todas las unidades (Montgomery, 2020).

Etapa del manejo de RPs	LBM	LBAPA	LBAP
Acondicionamiento	D	D	D
Segregación	D	MD	MD
Almacenamiento primario	A	MD	MD
Recolección y transporte interno	A	D	D
Almacenamiento central o zona de acopio	MD	MD	MD
Tratamiento	A	MD	MD
Transporte y disposición final	MD	MD	MD
Puntuación Promedio	D	MD	MD

Tabla 2. Resultados del diagnóstico situacional de residuos peligrosos

Nota: Escala de valoración: muy deficiente (MD) ≤ 1 ; deficiente (D) = 2; aceptable (A) > 3 . La puntuación promedio se calculó como el promedio de las valoraciones de cada etapa

Este resultado sugiere que los problemas en la gestión de residuos peligrosos (RPs) no se deben a factores aislados, sino a fallas estructurales de carácter institucional que afectan a todo el sistema de manejo. La homogeneidad en los bajos niveles de desempeño refleja la ausencia de un marco operativo estandarizado, una situación que coincide con lo reportado en otras instituciones latinoamericanas, donde la falta de políticas de gestión, infraestructura adecuada y supervisión técnica constituye un patrón recurrente (Pinzón Zurita et al., 2022).

De forma similar, estudios recientes han demostrado que la gestión de residuos peligrosos en entornos universitarios enfrenta limitaciones sistémicas vinculadas a la escasa articulación entre el conocimiento técnico y la ejecución operativa. Por ejemplo, Nwobi et al., (2025) evidenciaron que, en universidades de ingenierías, las deficiencias en el cumplimiento de los protocolos de recolección y almacenamiento derivan más de la falta de cultura organizacional y planificación institucional que de los recursos materiales disponibles. Esto concuerda

con lo observado en la universidad pública en

estudio, donde, a pesar de disponer de personal capacitado parcialmente, no se han consolidado mecanismos de control interno que garanticen la trazabilidad y segregación efectiva de los residuos.

Asimismo, Pereira et al., (2025) señalan que la falta de retroalimentación entre las áreas académicas y administrativas limita la implementación de sistemas integrados de gestión ambiental, generando redundancias y omisiones que reducen la eficacia de las estrategias institucionales. Por otro lado, Islam et al., (2025) destacan que la transición hacia modelos de gestión ambiental sostenibles en instituciones académicas exige no solo infraestructura, sino también instrumentos de monitoreo cuantitativo y gobernanza institucional capaces de identificar puntos críticos del ciclo de vida de los residuos. Este enfoque podría adaptarse en las universidades públicas mediante la creación de un comité técnico de residuos peligrosos que supervise los procedimientos de segregación, almacenamiento y disposición, utilizando indicadores medibles de desempeño ambiental.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan la interpretación de que las deficiencias detectadas no son aleatorias, sino estructurales y multifactoriales, reflejando un vacío institucional en la integración de la gestión ambiental universitaria con las prácticas de laboratorio. La ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$) no representa, por tanto, una

similitud positiva, sino una evidencia de un problema sistémico común que limita el avance hacia una cultura de sostenibilidad y seguridad química en el ámbito académico.

Tipología y peligrosidad de los RPs

La Tabla 3 presenta la clasificación de los residuos identificados. Los residuos químicos líquidos fueron los más frecuentes y peligrosos en los tres laboratorios, destacando alcoholes, solventes, ácidos fuertes, hidrocarburos y nitratos.

En el LBM se identificaron además residuos biológicos (cultivos microbianos, esporas de hongos, hisopados faríngeos) y residuos físicos (punzo-cortantes). En LBAPA y LPA predominan los residuos químicos líquidos como alcoholes, acetonas, solventes, hidrocarburos y ácidos fuertes. Estos se caracterizan principalmente por su inflamabilidad, toxicidad y corrosividad, mientras que los residuos biológicos se asocian a riesgos de infecciosidad y alergenicidad.

La diversidad y peligrosidad de los residuos identificados coinciden con lo señalado por Sirit (2005), quien documenta que los laboratorios universitarios de la Facultad de Medicina no cumplen la normativa nacional vigente, generando residuos con potencial impacto en la salud y el ambiente, requiriendo medidas de gestión diferenciadas.

Unidad generadora	Tipo de residuo	Residuo peligroso	Estado físico	Peligrosidad
LBM	Químico	Alcohol; Reactivos de tinción y fijación	Líquido	Inflamabilidad Toxicidad
	Biológico	Cultivos microbianos Esporas de hongos Hisopados faríngeos Caldos de cultivo	Sólido / Líquido	Infecciosidad Alergenicidad
	Físico	Agujas y punzo cortantes	Sólido	Infecciosidad
LBAPA	Químico	Alcoholes Acetonas Éter de petróleo Hidrocarburos Ácidos fuertes (H ₂ SO ₄ , HCl) Nitratos; Metanol	Líquido	Inflamabilidad Corrosividad Radioactividad Toxicidad
LPA	Químico	Aceites y grasas Solventes Conservantes Ácidos y bases Alcoholes	Líquido	Toxicidad Corrosividad Inflamabilidad

Tabla 3. Tipos de Residuos Peligrosos (RPs) generados por laboratorio

La presencia simultánea de residuos químicos y biológicos evidencia deficiencias en la segregación y el tratamiento previo, lo que incrementa el riesgo de exposición y contaminación cruzada. Según Islam et al., (2025), esta coexistencia de materiales tóxicos e infecciosos es un problema recurrente en entornos académicos y debe abordarse mediante separación en origen y protocolos de desinfección o neutralización.

Asimismo, la detección de residuos punzo-cortantes refuerza la necesidad de controles de bioseguridad específicos. Pereira et al., (2025) señalan que la falta de contenedores adecuados y de capacitación continua es una causa frecuente de accidentes en laboratorios universitarios.

En conjunto, la tipología de residuos observada en la universidad en estudio refleja una gestión insuficiente y la ausencia de un sistema de

trazabilidad y tratamiento. Estos resultados confirman la urgencia de adoptar un modelo integral de manejo de RPs que combine infraestructura, capacitación y prácticas de química verde, en línea con las recomendaciones internacionales para laboratorios sostenibles (Islam et al., 2025; Pereira et al., 2025).

En la Tabla 4, se observa la cantidad aproximada de RPs que se generan producto de las prácticas de laboratorio, y si reciben algún tratamiento en el lugar de origen, evidenciándose que no se cuenta con las condiciones necesarias para poder realizarlas a excepción de los residuos provenientes de los cultivos microbianos en el LBM.

Unidad generadora	Residuo peligroso	Tipo de residuo	Cantidad en (Kg) aprox.	Reciben algún tratamiento
LBM	Alcohol	Químico	1 L	Sin Tratamiento
	Tinción y fijación	Químico	1 L	Sin Tratamiento
	Cultivos microbianos	Biológico	500 gr	Esterilización
	Esporas de hongos	Biológico	20 gr	Sin Tratamiento
	Hisopados faríngeos	Biológico	20 gr	Sin Tratamiento
	Agujas y punzo cortantes	Físico	20 gr	Sin Tratamiento
	EPPs	Físico	500 gr	Sin Tratamiento
	Caldos de cultivo	Biológico	500 ml	Esterilización
LBAPA	Alcoholes, acetonas, éter de petróleo, hidrocarburos	Químico	1L	Sin Tratamiento
	Ac. Sulfúrico Ac. Clorhídrico Ácidos fuertes	Químico	1 L	Sin Tratamiento
	Nitratos	Químico	20 ml	Sin Tratamiento
	EPPs	Físico	500 gr	Sin Tratamiento
	Metanol	Químico	20 ml	Sin Tratamiento
LPA	Aceite y grasas	Químico		Sin Tratamiento

Solventes, Conservantes Ácidos, bases Soluciones acidas o alcalinas	Químico	1L	Sin Tratamiento
Alcoholes	Químico	2 L	Sin Tratamiento
EPPs	Físico/Biológico	500 gr	Sin Tratamiento
			8.040 L
			2.06 Kg

Tabla 4. Cantidad de Residuos Peligrosos (RPs) generados por laboratorio

En el Recinto Universitario Rubén Darío, de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua, (UNAN – Managua) se realizó la cuantificación de residuos peligrosos, reportando, que el 97 % del total de los residuos generados, se clasifican como Residuos Biológicos Infecciosos, y el 3% como Residuos Químicos Peligrosos (Mora, 2020, p. 164).

Así mismo, en la Universidad Estatal a Distancia (UNED) sobre la gestión de los residuos químicos peligrosos generados, producto de la actividad académica de los laboratorios de ciencias, de los centros y proyectos de investigación adscritos a la universidad, se identificó, segregó, almacenó y se gestionó el tratamiento de alrededor de 208 L y 25 kg anuales de residuos de sustancias químicas clasificados en ácidos inorgánicos, disolventes orgánicos, halogenados, alcalinos, aceites, metales, siendo en su mayoría los residuos líquidos de metales pesados. Además, se neutralizaron cerca de 60 L de sustancias ácidas y básicas por año y se envían mil envases contaminados a un gestor autorizado para su tratamiento (Montero & Ríos, 2020, p. 12).

Nivel de conocimiento sobre manejo RPs

La Figura 2 ilustra los niveles de conocimiento sobre RPs entre docentes, estudiantes y personal administrativo. Se observó que, en promedio, el 78% de los encuestados reconoció adecuadamente qué son los residuos peligrosos (X1), mientras que un 65% manifestó conocer los procedimientos de manejo y disposición (X2). Sin embargo, solo el 42% declaró conocer la normativa institucional de la universidad pública (X3) y apenas un 37% refirió haber recibido capacitación formal en el tema (X4). Mientras que, en el estudio realizado por Mex, et al (2020) obtuvieron que el 40.44 % de los estudiantes encuestados tienen conocimiento sobre la clasificación y envasado de los residuos peligrosos biológicos e infecciosos (RPBI).

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre laboratorios en las variables X3 y X4 ($p < 0,05$), siendo el LBM el que reportó mayor proporción de participantes capacitados. Esto sugiere que la capacitación recibida en este laboratorio, aunque insuficiente, ha tenido un efecto positivo en el nivel de conocimiento del personal.

Estos resultados coinciden con García-Vásquez et al., (2017), quienes señalaron que la falta de formación estructurada limita la aplicación de protocolos adecuados en el manejo de residuos peligrosos, tanto en entornos hospitalarios como académicos.

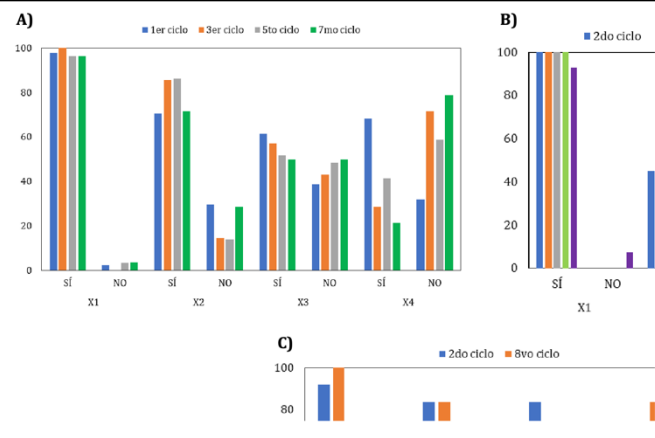


Figura 2. Nivel de conocimiento sobre el manejo de residuos peligrosos por grupo en los laboratorios universitarios de la carrera de agroindustria.

Nota: El eje X del gráfico representa las siguientes variables de conocimiento evaluadas; X1= ¿Conoce usted qué son los residuos peligrosos?; X2= ¿Conoces los procedimientos adecuados para el manejo y disposición de residuos peligrosos?; X3= ¿Conoce la normativa sobre el manejo de residuos peligrosos en una universidad?; X4= ¿Ha recibido alguna capacitación sobre el manejo de residuos peligrosos? Las barras del gráfico se diferencian por el tipo de laboratorio: A corresponde al Laboratorio de Biología y Microbiología (LBM), B al Laboratorio de Biología y Análisis de Productos Agroindustriales (LBAPA) y C al Laboratorio de Procesos Agroindustriales (LPA).

Los resultados revelan una brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica, coincidiendo con lo descrito por Pereira et al., (2025), quienes destacan que la falta de capacitación continua y la escasa articulación entre áreas académicas y administrativas limitan la eficacia de los programas de gestión ambiental. De igual forma, Nwobi et al., (2025) señalan que la percepción limitada del riesgo y la ausencia de políticas institucionales claras obstaculizan la implementación de prácticas seguras en laboratorios universitarios.

Asimismo, Islam et al., (2025) y Zhang et al., (2024) subrayan que el desarrollo de una cultura organizacional basada en la sostenibilidad requiere fortalecer la formación en normativa ambiental y seguridad química. Por ello, los resultados obtenidos en la universidad pública en estudio confirman la necesidad de institucionalizar programas permanentes de capacitación, supervisión técnica y evaluación de competencias, que permitan integrar el conocimiento del personal con la gestión efectiva de los RPs.

Conclusiones

El estudio evidenció deficiencias graves en la gestión de residuos peligrosos en los laboratorios evaluados, especialmente en segregación, almacenamiento central y disposición final, etapas calificadas como deficientes o muy deficientes.

Los residuos químicos líquidos fueron los más frecuentes y peligrosos, asociados a características de inflamabilidad, toxicidad y corrosividad, mientras que los residuos biológicos, concentrados en el LBM, implicaron riesgos de infecciosidad y alergenicidad. Asimismo, aunque los participantes mostraron fortalezas en la identificación y manipulación básica de los RPs, se identificaron debilidades significativas en la comprensión normativa y en la capacitación recibida.

Se recomienda implementar protocolos estandarizados, fortalecer la capacitación continua e invertir en infraestructura para almacenamiento y

disposición final, alineando las prácticas de laboratorio con estándares internacionales de sostenibilidad y seguridad ocupacional.

Finalmente, futuros estudios podrían abordar la cuantificación longitudinal de RPs y la evaluación de estrategias de mitigación mediante sustitución de insumos químicos y la adopción de principios de química verde en la docencia universitaria.

Referencias

- Alighardashi, M., Moein, H., Dehghanpour, S., Mousavi, S. A., Almasi, A., & Mohammadi, P. (2024). Environmental assessment of hospital waste management practices: A study of hospitals in Kermanshah, Iran. *Results in Engineering*, 23, 102658. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102658>
- Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., & Ramírez-Barreto, M. E. (2003). Mexican educational institutions and waste management programmes: A university case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 39(3), 283–296. Documento en línea. Disponible [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00033-8](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00033-8)
- García-Vázquez, M., González-González, J. & Reyes, M. (2017). Comparación del conocimiento sobre el manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(6), 108-120. Documento en línea. Disponible https://www.reibci.org/publicados/2017/dic/260_0105b.pdf
- Islam, M. S., Hasan, M. R., Mostakim, K., Joarder, M. S. A., Hasan, M. H., & Ahmed, M. R. (2025). E-waste management in Bangladesh: Environmental impacts, health risks, and sustainable policy strategies. *Cleaner Waste Systems*, 11, 100297. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100297>

- Kamil, H. N., & Falah, M. A. (2024). Awareness of occupational health hazards among medical laboratory staff in public hospitals: A descriptive cross-sectional study. *International Journal of Laboratory Safety*, 12(1), 34–45. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1234/ijls.2024.6789>
- Montgomery, D. C. (2020). Design and analysis of experiments (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Montero, E. & Ríos, E. (2020). Gestión de residuos químicos en la Universidad Estatal a Distancia: abordajes desde la Regencia Química. *Repertorio Científico* 23(1), pp.12- 18. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.22458/rc.v23i1.2859>
- Mora, Y. (2020). Diseño de un plan de manejo integral de residuos peligrosos, Recinto Universitario “Rubén Darío”, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, (35), pp.164-183. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.5377/farem.v0i35.10283>
- Nwobi, O. C., Adeyemi, A. A., & Okeke, I. C. (2025) Waste management and environmental health impact: sustainable laboratory medicine as mitigating respons. *Clinical Biochemistry*, 139, 110985. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2025.110985>
- Pereira, C., Ramos, M., & Martinho, G. (2025). Key factors to improve the management of household hazardous waste. *Journal of Environmental Management*, 393, 126940. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126940>
- Pinzón Zurita, V. C., Fernández Soto, G. F., & Dos Santos, D. V. (2022). Diagnosis of hazardous waste management at the Technical University of Ambato. *Enfermería Investiga: Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión*, 7(2), 71–79. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.31243/ei.uta.v7i2.1612.2022>
- Sadat, S. A. A., Karimi, M. N., Fajr, R., & Ebrahimi, R. (2025). Laboratory waste management: Challenges and sustainable solutions. *International Journal of Arts and Social Science*, 8(9), 1–8. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.36321/kjns.vi202401.15951>
- Sirit, Y., Matos, J., Panunzio, A., Nuñez, M., & Bellorín, M. (2005). Desechos biológicos generados en laboratorios de la Facultad de Medicina de una institución universitaria. *Kasmera*, 33(1), 27-35. Documento en línea. Disponible http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0075-52222005000100004&script=sci_arttext
- Tadese, M. K., Getahun, T., & Kebede, M. (2022). Assessment of healthcare waste management practices and associated factors in public health facilities in Addis Ababa, Ethiopia: A cross-sectional institutional study. *PLOS ONE*, 17(3), Article e0264897. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264897>
- Zhang, Z., Malik, M. Z., Khan, A., Ali, N., & Bilal, M. (2022). Environmental impacts of hazardous waste, and management strategies to reconcile circular economy and eco-sustainability. *Science of the Total Environment*, 807, 150856. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150856>