Naturaleza y TECNOLOGÍA
Número Especial "Verano de la Investigación DCNE 2026"
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

BARRERAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RPBI. ESTUDIO DE CASO DE UN BIOTERIO UNIVERSITARIO

Francisco Natanael Zavala-Manzano [a], Angeline Aguirre-González [b], Margarita Michelle Garnica-Hernández [b], Caleb Isaac Lira-Alderete [b], Juana López-Godínez[b], Jesús Jonathan Lira-Vallejo [b*]

[a] Departamento de Farmacia, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, Noria Alta s/n, Guanajuato, Gto., C.P. 36050

[b] Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, Noria Alta s/n, Guanajuato, Gto., C.P. 36050. jj.liravallejo@ugto.mx

Resumen

La gestión integral de residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI) representa un reto para los bioterios universitarios. Mediante una revisión del marco normativo mexicano y un estudio observacional en un bioterio universitario, se identificaron barreras relacionadas con infraestructura, bioseguridad y gestión documental. Los resultados evidencian la necesidad de fortalecer la capacitación, la supervisión y el cumplimiento regulatorio.

***Palabras clave**:* bioterio; bioseguridad; gestión de residuos; RPBI.

BARRIERS TO THE INTEGRATED MANAGEMENT OF BIOHAZARDOUS INFECTIOUS WASTE: A UNIVERSITY ANIMAL FACILITY CASE STUDY

Abstract

The integrated management of biohazardous infectious waste (BIW) remains a significant challenge for university animal facilities. Through a review of the Mexican regulatory framework and an observational

study conducted in a university animal facility, barriers related to infrastructure, biosafety, and documentation management were identified. The findings highlight the need to strengthen training, oversight, and regulatory compliance.

***Keywords**:* Animal facility; Biosafety; Regulatory compliance; Biohazardous Infectious Waste (BIW)

Número Especial "Verano de la Investigación DCNE 2026"
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

1. Introducción

A finales del siglo pasado, el impacto ambiental asociado a la generación de residuos impulsó diversas iniciativas que buscaron reglamentar su generación y su disposición final a nivel global (Brito, 2018).

En México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) los definió como "aquellos materiales resultantes de actividades antrópicas cuya calidad no permitiera usarlos nuevamente en el proceso que los generó" (LGEEPA, 1988).

Posteriormente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) los clasificó como Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligrosos (LGPGIR, 2024); categorías reguladas por distintas Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Figura 1.

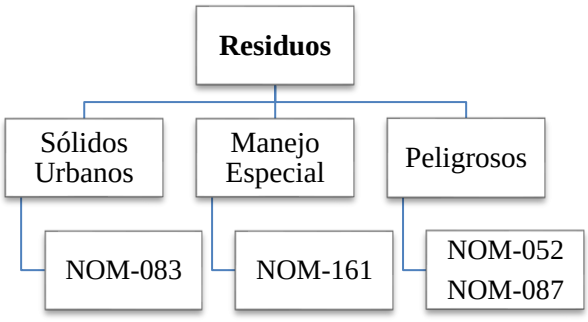


Figura 1. Clasificación de residuos peligrosos

Desde entonces, los Residuos Peligrosos se han distinguido y abordado según sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o capacidad biológico-infecciosa (Cruz y col., 2025).

Debido a su potencial impacto sobre la salud pública, los Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (RPBI) están sujetos a regulación específica mediante la NOM-087-ECOL-SSA1-2002; un instrumento legal que cataloga los RPBI según la Figura 2.

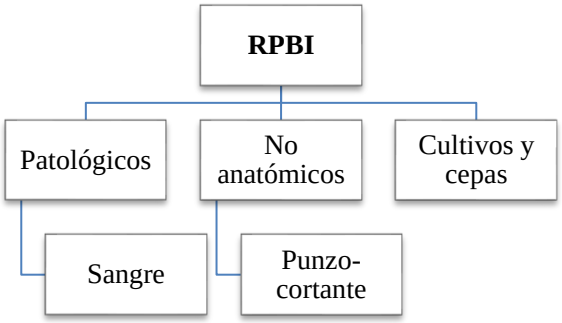


Figura 2. Clasificación de RPBI

Dicha clasificación define a los residuos patológicos como matrices biológicas, tejidos, órganos y cadáveres de animales de experimentación; a los no anatómicos como materiales desechables impregnados por alguna matriz y, a los cultivos como las cepas resultantes del proceso de diagnóstico realizado.

Número Especial "Verano de la Investigación DCNE 2026"
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

En consecuencia, esta norma es observable tanto en establecimientos que prestan servicios de atención médica, como en Instituciones de Educación Superior (IES) e incluso en centros de reproducción de animales de laboratorio, comúnmente llamados bioterios.

Así, toda entidad generadora de RPBI debe asegurar su gestión integral de residuos con base en la identificación, separación, envasado, almacenamiento, transporte y disposición final conforme a la NOM-087.

Bioterios como generadores de RPBI

De acuerdo con la NOM-062-ZOO-1999, se denomina bioterio al conjunto de muebles e instalaciones donde se aloja y mantiene durante su uso, reproducción y muerte a los animales de laboratorio o de experimentación.

Dichos espacios, si bien suelen estar adscritos a universidades y centros de investigación, también se encuentran al interior de la industria farmacéutica y organismos públicos del sector salud, como el Instituto Mexicano del Seguro Social.

Por tanto, resulta llamativo cómo a marzo del año 2026 únicamente se reporten un total de 64 bioterios distribuidos en territorio nacional (SENASICA, 2026). Una cifra que bien podría reflejar deficiencias en los procesos de registro, autorización o actualización de información de estos establecimientos.

Especialmente cuando estos pueden distinguirse como tipo A, B y C en función de sus actividades. Los tipos (A) o bioterios de reproducción y venta, tipo (B) o de uso y experimentación y tipo (C) o mixto, que es una combinación de A y B (Juárez-Portilla y col., 2019).

Situación que genera, al menos, la siguiente incógnita: ¿Cuáles son las principales barreras para la implementación de la gestión integral de RPBI en un bioterio universitario?

A pesar de la relevancia de los bioterios como generadores de RPBI, existe poca evidencia publicada sobre las barreras que enfrentan estas instalaciones para cumplir integralmente con los requisitos regulatorios en México.

Con base en los antecedentes descritos, este trabajo tiene como objetivo identificar las principales barreras para el cumplimiento de la gestión integral de RPBI de un bioterio perteneciente a una IES pública del Estado de Guanajuato, México, tipo C que alberga ratas y ratones utilizados para investigación.

Número Especial "Verano de la Investigación DCNE 2026"
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

Lo anterior a fin de identificar las acciones de mejora necesarias para cumplir los requisitos previstos por la NOM-087.

Se plantea así que las barreras para la gestión integral de RPBI en un bioterio universitario no se limitan a aspectos de infraestructura, sino que incluyen factores organizacionales, administrativos y de capacitación que afectan el cumplimiento normativo.

2. Materiales y métodos

Utilizando combinaciones booleanas de términos en español e inglés de "bioterio", "animal facility", "RPBI", "biohazardous waste", "universidades" y "universities" en las bases de datos Web of Science, Scopus y Latindex (Catálogo 2.0), se realizó una revisión documental estructurada de publicaciones correspondientes al periodo comprendido entre los años 2020 y 2026.

Para garantizar transparencia en el proceso de búsqueda, selección, extracción y síntesis de datos se aplicó una revisión documental estructurada basada en los principios PRISMA según Page y col. (2021). Asimismo, se excluyeron artículos duplicados, publicaciones escritas en idiomas diferentes al español e inglés, trabajos fuera del alcance del estudio y documentos sin acceso completo al texto.

Con el propósito de identificar las barreras para la gestión integral de RPBI se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal en las instalaciones del bioterio (Tabla 1). Para tal fin, y de forma intermitente, se realizaron tres ciclos de observación participante de una hora en distintos horarios operativos durante un periodo de cuatro semanas (08 de junio al 03 de julio del año 2026).

Registrando observaciones sistemáticas, basados en el Anexo de la NOM-087 que permitieran caracterizar las etapas del proceso de gestión integral de RPBI en el contexto de las actividades de la Universidad.

Tabla 1. Cuadro metodológico

Elemento	Descripción
Tipo de estudio	Observacional, descriptivo, transversal
Técnica	Observación participante
Instrumento	Check list (Anexo de NOM)
NOM evaluadas	001, 017, 018, 026 y 087

Número Especial "Verano de la Investigación DCNE 2026"
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

3. Resultados y discusión

Tras haber realizado una revisión documental estructurada basada en el modelo PRISMA para evaluar y seleccionar las publicaciones que serían consideradas en el artículo (Figura 3), se encontraron escasas referencias relacionadas al cumplimiento normativo para asegurar la gestión integral de RPBI en bioterios y por ello se incluyeron en la revisión NOM relativas a Infraestructura, Equipo de Protección Personal (EPP), Comunicación de peligros químicos y Señalética de seguridad. Su vigencia fue confirmada en la página oficial del Diario Oficial de la Federación.

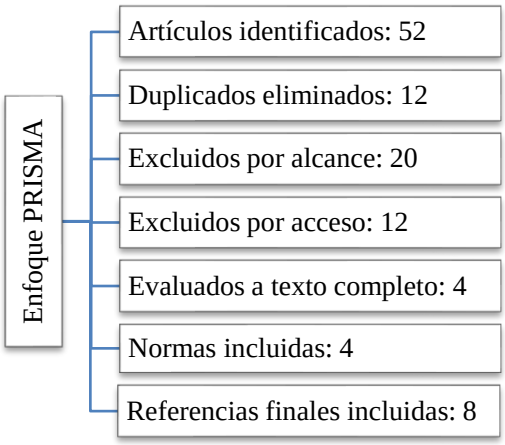


Figura 3. Diagrama de revisión PRISMA

Los hallazgos coinciden con Nares y Cortés (2020), quienes identificaron la segregación y almacenamiento temporal como etapas críticas en la gestión integral de RPBI en un bioterio.

De esta forma, la primera etapa del proceso consiste en la identificación, separación y envasado de residuos *in situ*; que en concordancia con la Figura 2 debe hacerse en bolsa roja tanto para cultivos y cepas, como para no anatómicos y en bolsa amarilla para patológicos y en contenedor rígido para punzocortantes.

Luego, tanto los envases como las bolsas, con una capacidad no mayor al 80%, deben almacenarse de forma temporal en un área designada para tal fin con algún dispositivo que mantenga la temperatura por debajo de los 4 °C (Araiza-Bolaños, 2023).

Este espacio, separado de las salas de crianza, bodega de alimentos, el almacén químico y el de enseres para limpieza, debería apegarse a las condiciones de infraestructura previstas en la LGPGIR (2023) y la NOM-001-STPS-2008.

La primera señala la necesidad de contar con suelos impermeables y de acabado sanitario, así como ventilación natural y señalética para identificar cada espacio. La segunda, establece los requisitos de limpieza, orden e

Número Especial "Verano de la Investigación DCNE 2026"
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

integridad estructural de las paredes para el funcionamiento de dicho inmueble.

Este resultado contraviene los requisitos establecidos por la NOM-087 y coincide con lo reportado por Arciniega (2023), quien señala que las limitaciones de infraestructura constituyen una barrera frecuente para el manejo adecuado de RPBI; especialmente cuando la capacidad instalada y los recursos institucionales dificultan la departamentalización de áreas previstas por la regulación mexicana.

Este fue el caso del área de estudio, donde por crecimiento operativo todas las áreas se encuentran ubicadas en un mismo espacio (Figura 4.)

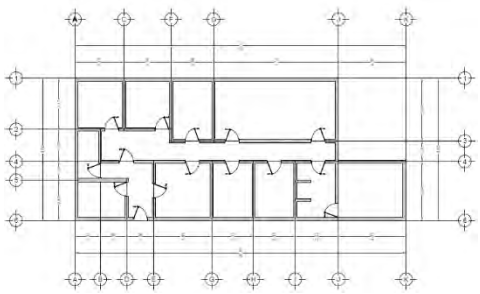


Figura 4. Distribución del bioterio

Tal situación constituye una barrera económica importante para una IES pública, cuyos recursos suelen estar comprometidos con gastos operativos previamente asignados.

En contraste, el cumplimiento del Sistema Globalmente Armonizado (NOM-018-STPS-2015) y de Señalética de seguridad e higiene (NOM-026-STPS-2008) que dependen, respectivamente del diseño de un inventario de las sustancias existentes y la impresión, a colores, de la señalética específica para identificar cada espacio, la ruta de evacuación, los agentes extintores y el uso obligatorio de EPP.

El cumplimiento de estas disposiciones permite fortalecer la seguridad laboral, reducir riesgos operativos y garantizar el cumplimiento de las obligaciones legales aplicables.

Por ejemplo, la comunicación de peligros químicos y el aseguramiento de que todo material existente puede ser identificado, usado o almacenado de forma segura, mitigando con ello la posibilidad de ocurrencia de algún accidente o condición adversa para la vida de los animales de experimentación.

Finalmente, para minimizar el contacto con los residuos durante su traslado o entrega para disposición final por parte de un proveedor reconocido para tal fin, es siempre necesario el correcto uso de EPP (Mex-Álvarez y col.,

2020). Definido por la NOM-017-STPS-2024, como "el conjunto de elementos diseñados específicamente para proteger a las personas trabajadoras contra accidentes y enfermedades".

A diferencia de las NOM anteriormente referidas, para el correcto uso del EPP es requerido realizar un análisis para cada uno de los peligros a los que el personal está sujeto a fin de ofrecer los elementos más acordes para proteger al personal.

Ante los hallazgos documentados, se procedió a realizar la evaluación de estas normas encontrando los siguientes resultados.

1. Infraestructura y registros

Al evaluar la NOM-001, se identificó incumplimiento en la totalidad de los rubros evaluados. Se destaca que la infraestructura del bioterio representa un riesgo directo ya que cuenta con techos y elementos estructurales dañados (Figura 5.).



Figura 5. Evidencia fotográfica de la presencia de daños estructurales encontrados

Lo anterior evidencia que las instalaciones presentan limitaciones estructurales que comprometen el cumplimiento de las condiciones de operación normales.

Otro punto crítico de esta norma alude al numeral 5.4. Mismo que exige la existencia de vestidores y regaderas para la descontaminación de los trabajadores, sin embargo, las condiciones existentes no lo permiten (Figura 6).



Figura 6. Evidencia fotográfica de las condiciones del área de descontaminación

Adicionalmente, se incumplen tanto el orden y limpieza, como la ventilación que deberían ser cubiertas para higienizar el aire al trabajar con animales y residuos; aún y cuando existen extractores y se observó que éstos permanecían apagados durante los periodos de observación.

Finalmente, no existe evidencia formal (oficios, correos o memorandos) mediante la cual se haya comunicado sobre estas condiciones.

Número Especial "Verano de la Investigación DCNE 2026"
ISSN 2007-672X
Universidad de Guanajuato

2. EPP

Se observan deficiencias en las prácticas de bioseguridad, puesto que el manejo y limpieza del EPP no son los adecuados debido a que se carecía de protocolos para su resguardo, reposición y disposición final; generando posibles riesgos de contaminación y poca eficiencia en medidas de seguridad para su prevención.

Este incumplimiento se evidenció al identificar que el EPP no cuenta con certificación de proveedor según la normativa nacional y no se repone de manera regular; situaciones que limitan la capacidad de garantizar prácticas de bioseguridad adecuada para el personal directamente involucrado y usuarios ocasionales.

Además, se detectó que el personal del bioterio y el personal subcontratado, no reciben información suficiente sobre los riesgos que conllevan sus actividades al interior del espacio y mientras manipulan RPBI.

Estos hallazgos sugieren que el desconocimiento de la normatividad aplicable a la operación de bioterios constituye una barrera adicional para la adecuada gestión integral de RPBI, situación que probablemente se extiende a otros contextos universitarios con características similares.

4. Conclusiones

El diagnóstico realizado permitió identificar que las principales barreras para la implementación de una gestión integral de RPBI en el bioterio estudiado trascienden las limitaciones de infraestructura y abarcan factores administrativos, organizacionales y de capacitación.

La ausencia de registros documentados, programas sistemáticos de mantenimiento, procedimientos estandarizados y evidencia de seguimiento, dificulta el cumplimiento de las disposiciones establecidas por la NOM-087 y demás normativas aplicables.

Asimismo, las deficiencias observadas en la gestión del equipo de protección personal, la señalización y los mecanismos de control interno incrementan la vulnerabilidad del personal y comprometen las condiciones de bioseguridad.

Aunque las restricciones presupuestales representan una limitante importante, los resultados sugieren que la implementación de estrategias de gestión, supervisión periódica y capacitación continua podría contribuir

significativamente al fortalecimiento del cumplimiento normativo.

Finalmente, este estudio aporta evidencia sobre una problemática escasamente documentada en los bioterios universitarios mexicanos y constituye un punto de partida para futuras investigaciones y para el diseño de acciones de mejora orientadas a fortalecer la gestión integral de RPBI y la bioseguridad institucional.

Referencias bibliográficas

Araiza-Bolaños, O. S. (2023). Rediseño de un almacén temporal de residuos peligrosos biológico-infecciosos y residuos sólidos urbanos, una opción factible. *Revista Ambiens Techné et Scientia México*, *11*(1), 95-121. https://atsmexico.org/atsm/article/view/155/195

Arciniega Galaviz, M. A. (2023). Diagnóstico del manejo de Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos generados en Hospital Nivel II en México. *Revista Multidisciplinaria de la Universidad de El Salvador*, *6*(3), 55–66. 10.5377/revminerva.v6i3.17354

Brito Cristóbal, A. (2018). *Propuesta de gestión integral de los residuos peligrosos biológico-infecciosos generados en el centro médico de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Repositorio institucional http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2164

Cruz Vázquez, N. A., Sánchez Meza, A. L., y Fuentes Vergara, E. (2025). Diseño de Plan de Manejo de Residuos Peligrosos para la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, en Poza Rica de Hidalgo, Veracruz. *Horizonte Académico*, *5*(3), 31–52. https://doi.org/10.70208/3007.8245.v5.n3.209

Juárez-Portilla, C., Zepeda-Hernández, R. C., Sánchez-Salcedo, J. A, Flores-Muñoz, M., López-Franco, Ó. y Cortés-Sol, A. (2019). El uso de los animales en la investigación y en la enseñanza: lineamientos y directrices para su manejo. *Revista Eduscientia. Divulgación De La Ciencia Educativa*, *2*(4), 4-19. https://eduscientia.com/index.php/journal/article/view/52

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, [LGEEPA]. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988, México.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, [LGPGIR], Reformada, Diario Oficial de la Federación, 08 de mayo de 2024, México.

Mex-Álvarez, R. M. de J., Garma-Quen, P. M., y León-Reyes, W. del J. (2020). Manejo de residuos peligrosos biológicos e infecciosos en una escuela de química de nivel superior. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, *10*(20). https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.651

Nares Lara, B. y Cortés Zavala, M. T. (2020). Análisis de la gestión de residuos peligrosos biológico-infecciosos, en unidades médico veterinarias de Morelia. *Ciencia Nicolaita*, (80), 76–100. https://doi.org/10.35830/cn.vi80.514

Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad. Diario Oficial de la Federación, 24 de noviembre de 2008. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2024, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. Diario Oficial de la Federación, 23 de marzo de 2025. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, Sistema Armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. Diario Oficial de la Federación, 19 de agosto de 2015. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Diario Oficial de la Federación, 25 de febrero de 2008. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación, 06 de diciembre de 1999. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo. Diario Oficial de la Federación, 17 de febrero de 2003. México.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A. y col. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology, 134*, 178–189. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2026). *Listado de Bioterios Autorizados* https://www.datos.gob.mx/dataset/directorio_bioterios_autorizados/resource/707e4c34-89fb-4c24-adab-f1b68abcdab5