

Evaluación Del Riesgo Ambiental En Campus Universitarios. Caso Estudio: Universidad De Córdoba-Colombia

Environmental risk assessment in university campus. Case study: university of córdoba-colombia

Doris Mejía Ávila¹, Kelly Ortega Agámez², Julieth Martínez Gómez³

RESUMEN

La presente investigación evaluó los factores de riesgo ambiental en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Córdoba en Colombia. Mediante el ajuste y la aplicación de herramientas conceptuales y metodológicas como la Guía Institucional de Gestión Ambiental para la Identificación y Evaluación del Riesgo Ambiental de la Universidad Pedagógica Nacional, la norma española UNE 150008 de análisis y evaluación de riesgo ambiental y la norma colombiana GTC 104 sobre gestión de riesgo ambiental se identificaron y valoraron los escenarios de riesgo ambiental en 18 laboratorios de la Universidad y se plantearon las acciones de manejo y prevención.

El grado de riesgo se estimó para tres entornos: natural, humano y socioeconómico, estimando la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias para los escenarios de cada entorno. Se encontró que para los tres entornos, los escenarios con mayor riesgo ambiental son el *Vertimiento de residuos líquidos químicos*, la *Volatilización de Sustancias Químicas* y el *Escape de gases y/o vapores contaminantes*, cuyo grado de complejidad del riesgo ambiental oscila entre Leve, Moderado y Medio. No obstante, una predominancia del Riesgo Ambiental Moderado. El grado de riesgo ambiental Medio en los laboratorios evaluados solo se presentó en el entorno Humano.

A partir de los escenarios de riesgo evaluados se identificaron acciones de manejo que permitirán mitigarlos, controlarlos o prevenirlos tales como: caracterización de vertimientos; la renovación y mantenimiento periódico

¹ Universidad de Córdoba, dmejia@correo.unicor.edu.co

² Universidad de Córdoba, kevaora@gmail.com

³ Universidad de Córdoba, Jpaolamartinez5720@gmail.com

de las cámaras extractoras; capacitación a los usuarios acerca de la importancia del uso de los implementos de seguridad y adopción de medidas de control que induzcan el uso de estos elementos.

PALABRAS CLAVE: Riesgo Ambiental, Escenarios de Riesgo, Entorno Ambiental, Entorno Humano, Entorno Social

ABSTRACT

This research project evaluated the environmental risk factors present in the laboratories of the Faculty of Basic Sciences at the University of Córdoba. By adjusting and applying conceptual and methodological tools such as the Institutional Guide for the Identification and Evaluation of Environmental Risk (developed by the Universidad Pedagógica Nacional de Colombia), Spanish law UNE 150008 regarding analysis and evaluation of environmental risk, and Colombian law GTC 104 regarding management of environmental risk, the project identified and evaluated environmental risk scenarios in 18 laboratory facilities at the University. Additionally, this research proposed risk prevention and management strategies.

In this framework, the level of risk was calculated for three dimensions: natural, human, and socio-economic, estimating the Probability of Occurrence and the Gravity of the Consequences for the scenarios in each dimension. The research team found that the main environmental risks are *Dumping of chemical liquid residues, Volatilization of Chemical Substances, and Gas and/or Contaminating Vapor Leaks*, whose degree of environmental risk complexity oscillates between Mild, Moderate, and Medium. However, the most predominant risk is Moderate. In turn, the Medium Risk was only found in the Human environment.

Based on the aforementioned analysis, the research team identified management actions aimed at preventing, mitigating, or controlling the different types of risks, such as characterization of types of dumping, renovation and period maintenance of gas extractor devices, capacity-building for users regarding the importance of using safety equipment, and the adoption of control mechanisms to ensure the use of these elements.

KEY WORDS: Environmental Risk, Risk Scenarios, Environmental Dimension, Human Dimension, Social Dimension

INTRODUCCIÓN

El Riesgo Ambiental se define como la probabilidad de que ocurra un evento indeseado (Kasperson and Kasperson, 2013), implica la posibilidad de un resultado adverso y la incertidumbre de su ocurrencia, magnitud y duración (Covello and Merkhoher, 2013). El riesgo está concebido por dos factores: *amenaza*, que es la probabilidad de que un agente o situación tenga el potencial de generar un efecto adverso sobre un organismo o sistema

expuesto a tal agente (Hyndman and Hyndman, 2016), y *vulnerabilidad*, referente a la gravedad de las consecuencias, es decir, el grado en que un sistema es susceptible a, o incapaz de tratar los efectos adversos de un agente dañino (Yan et al., 2015). Estos factores por separado no pueden dar paso al riesgo (Brooks et al., 2006) Andrés y Rodríguez, 2008. El riesgo puede ser estudiado desde diferentes enfoques: ambiental, social, cultural, económico, político, salud pública, entre otros.

La salud humana guarda una estrecha relación con la contaminación ambiental (Paustenbach, 2015) por tanto el riesgo ambiental implica riesgos en la salud humana, ya que estos últimos están directamente asociados a la exposición del ser humano a ambientes desfavorables (Calow, 2009). De hecho la evaluación del riesgo ambiental es el resultado de la evolución de las metodologías de riesgos en la salud humana: en la década de los 80, entre otros, fueron frecuentes los estudios de riesgo a carcinógenos, tóxicos asociados a la salud reproductiva (Paustenbach et al., 1986; Barnes et al., 1988; Gibb and Chen, 1989). Para la década de los 90 se realizaron diferentes esfuerzos por mejorar las técnicas de evaluación de riesgo, por ejemplo, técnicas probabilísticas para evaluación de exposición (Cullen and Frey, 1999), se construyeron las guías para evaluación de riesgo y la guía para evaluación de riesgo ecológico (Assessment, 1998)

En 2008, la asociación española de Normalización y Certificación expide la norma UNE 150008 (Carretero, 2008), referente al análisis y evaluación del Riesgo Ambiental, permitiendo el análisis de actividades o procesos independientes o integrados en el quehacer de una empresa u organización de cualquier naturaleza, analizando ubicaciones individuales o múltiples sitios pertenecientes a una misma organización. Esta puede ser aplicada a cualquiera de las fases de un proyecto: diseño, construcción, operación y cierre. La Norma se aborda desde la perspectiva de la evaluación del riesgo como un instrumento de soporte para la evaluación ambiental y articulándolo a la responsabilidad que tiene quien realiza una actividad con respecto a los potenciales daños ambientales que puedan derivarse de la misma (Carretero, 2008). A nivel de Colombia, se tiene la guía técnica colombiana 104 (ICONTEC, 2006a), la cual se basa en el proceso de gestión del riesgo desarrollado en la guía NTC 5254:2006 (basada en la norma australiana AS/NZS 4360). La guía 104 aborda el análisis y evaluación de riesgos como subprocesos de la gestión del riesgo ambiental.

El Riesgo Ambiental es abordado desde diferentes enfoques de acuerdo al tipo de institución u organización que lo trate. En laboratorios de investigación y académicos, por ejemplo, se han realizado evaluaciones donde generalmente se valora el riesgo ambiental originado por un elemento o compuesto en particular, teniendo presente las condiciones de amenaza y vulnerabilidad de los recursos (Omidvari et al., 2015). (Kihampa and Hellar-Kihampa, 2015) en su investigación señalan

la importancia de la gestión de los riesgos ambientales en entornos universitarios, en especial los asociados al manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos dentro de los laboratorios académicos; así como las implicaciones sobre el ambiente y la comunidad universitaria. Investigaciones a nivel internacional en relación a evaluación de riesgo en instituciones Universitarias pueden encontrarse en Omidvari et al., (2015), Adyel et al. (2013) y Esen et al. (2013).

Aplicaciones específicas a nivel de evaluación del riesgo en instituciones universitarias no son muy comunes en Colombia, específicamente para el área de laboratorios se encuentran investigaciones que parten de las aulas (trabajos de grado) asociadas a la gestión ambiental, principalmente en el tema de Residuos Peligrosos. Por ejemplo Ramírez (2015) realizó la “Evaluación de buenas prácticas en los laboratorios de docencia Universitaria en la Universidad Católica de Manizales” y planteo una estrategia de reducción en la producción de residuos peligrosos, asociada a brindar mayor capacitación al personal e involucrar la reducción de residuos peligrosos dentro de los procesos prácticos de la docencia.

Jiménez and Nuñez, (2014) llevaron a cabo la Evaluación del desempeño ambiental de la Universidad de Cundinamarca, basada en la norma técnica ISO 14001:2004. Ellos evidencian altos impactos en los componentes agua y residuos, debido a derrames químicos, físicos, microorganismos patógenos o elementos radioactivos; la generación de vectores; el peligro de contagiarse de enfermedades graves; la destrucción de recursos naturales y la acumulación de residuos peligrosos.

Otras Universidades que han tratado el tema de la Gestión Ambiental al interior de los campus universitarios como la UDCA (Orozco, 2013), la Universidad de Pamplona (Solano, 2015), la Gran Colombia (Jaramillo, 2015) la Universidad Distrital (Vargas, 2015) y la Universidad del Valle (Universidad del Valle, 2014)

El tema de la presente investigación se enmarca dentro de la sustentabilidad de los campus universitarios. La institución universitaria no puede quedar al margen del camino hacia la sostenibilidad, lo que implica reorientar la gestión de recursos, la docencia, el aprendizaje, las interacciones entre los miembros de la comunidad universitaria y las relaciones entre la universidad y la sociedad con criterios de sostenibilidad (Wals and Jickling, 2002;

Wright, 2004; Adomssent et al., 2008; Wals and Corcoran, 2006) .Se educa con el ejemplo, por tanto, el tema ambiental, ha trascendido el aula para formar parte de la gestión institucional de los campus universitarios.

La Universidad de Córdoba en Colombia, es una institución expuesta a amenazas potenciales para el ambiente y la comunidad universitaria, tales como emisiones atmosféricas o disposición de residuos sólidos y líquidos, ordinarios o peligrosos (Soto and Godoy, 2007). El campus, en condiciones de vulnerabilidad o susceptibilidad, se encuentra expuesto a riesgos ambientales, ya que las actividades de docencia e investigación especialmente en los laboratorios implican la manipulación permanente de equipos, elementos y sustancias peligrosas para la salud humana. El contexto descrito se convirtió en la motivación de la presente investigación cuyo objetivo principal consistió en evaluar los factores de riesgo ambiental presentes en un área piloto en la Universidad de Córdoba en Colombia. Se identificaron los escenarios de riesgo en dos áreas piloto en la sede central de la Universidad de Córdoba, valorando los escenarios de riesgo ambiental presentes en los sectores piloto.

Se utilizaron herramientas conceptuales y metodológicas como la Guía Institucional de Gestión Ambiental para la Identificación y Evaluación del Riesgo Ambiental, de la Universidad Pedagógica Nacional, la norma española UNE 150008 de análisis y evaluación de riesgo ambiental (Carretero, 2008) y la norma colombiana GTC 104 (ICONTEC, 2006a), sobre gestión de riesgo ambiental. Se identificaron los escenarios de riesgo en 18 laboratorios de la Universidad, pertenecientes a las áreas de química y biología; se valoraron los escenarios de riesgo ambiental y se plantearon las estrategias de corrección y prevención de los riesgos ambientales.

El grado de riesgo se estimó para tres entornos (elementos o ámbitos que pueden llegar a afectarse): natural, humano y socioeconómico, estimando la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias para los escenarios de cada entorno. Se encontró que para los tres entornos, los escenarios con mayor riesgo ambiental son el *Vertimiento de residuos líquidos químicos*, la *Volatilización de Sustancias Químicas* y el *Escape de gases y/o vapores contaminantes*, cuyo grado de complejidad del riesgo ambiental oscila entre Leve,

Moderado y Medio. No obstante, una predominancia del Riesgo Ambiental Moderado. El grado de riesgo ambiental Medio en los laboratorios evaluados solo se presentó en el entorno Humano. A partir de los escenarios de riesgo evaluados se identificaron acciones de manejo que permitirán mitigarlos, controlarlos o prevenirlos tales como: caracterización de vertimientos; la renovación y mantenimiento periódico de las cámaras extractoras; capacitación a los usuarios acerca de la importancia del uso de los implementos de seguridad y adopción de medidas de control que induzcan el uso de estos elementos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta es una investigación aplicada experimental de tipo descriptivo y se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Córdoba. Esta Universidad se ubica en el Departamento de Córdoba al norte de Colombia (Figura 1)

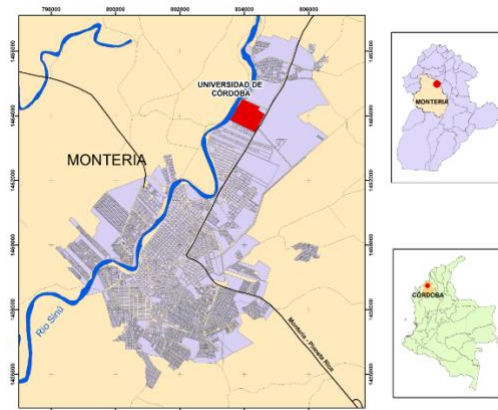


Figura 1. Localización geográfica de la Universidad de Córdoba

El desarrollo metodológico de la investigación combinó la Guía Institucional de Gestión Ambiental para la Identificación y Evaluación del Riesgo Ambiental, formulada por la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia en 2008 (Galvis, 2008), la Guía Técnica Colombiana GTC 104 de 2006: Gestión de Riesgo Ambiental. Principios y procesos (ICONTEC, 2006a.), y la Norma española UNE 150008 de 2008, de análisis y evaluación del riesgo ambiental (Carretero, 2008). La figura 2, sintetiza el desarrollo metodológico.

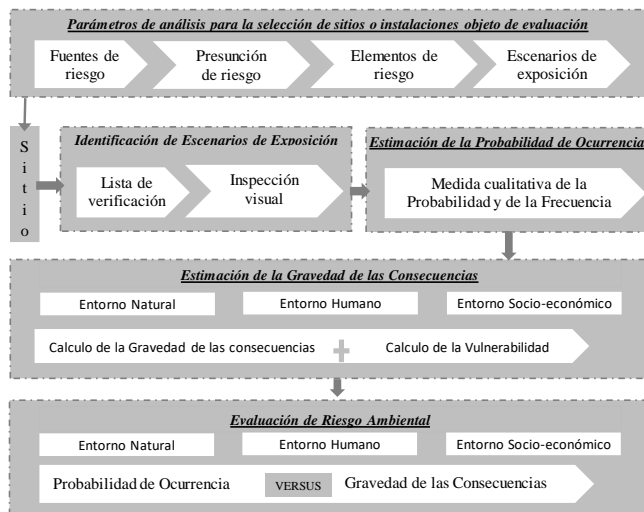


Figura 2. Síntesis metodológica para la Evaluación de Riesgo Ambiental en sitios piloto de la Universidad de Córdoba.

A continuación se detalla el desarrollo metodológico

a. Selección del área e instalaciones objeto de estudio

Para la selección del área de estudio, se tomó como referencia el “Diagnóstico Técnico del Plan de Gestión Integral de Residuos de la Universidad de Córdoba 2007” (Soto and Godoy, 2007) el cual señala las zonas de la Universidad de Córdoba que desde el enfoque ambiental requieren de especial cuidado. Adicionalmente se analizaron los siguientes parámetros: a) una instalación que contenga una o varias Fuentes de Riesgo; b) que se considere con Presunción de Riesgo, c) que tenga Elementos de Riesgo y d) que sea un Escenario de Exposición.

b. Escenarios de Riesgo Ambiental.

Se definieron con base al ambiente interno de cada instalación, es decir, los procesos y actividades que se dan al interior de cada uno de ellos. Para definir los Escenarios de Riesgo, se recolectó información primaria utilizando las técnicas de Lista de Verificación (dirigida a auxiliares o encargados de instalación) e inspección visual.

c. Estimación de la Probabilidad de Ocurrencia.

La estimación de la Probabilidad de Ocurrencia de los Escenarios de Riesgo Ambiental se realizó

empleando el concepto de Posibilidad como una medida cualitativa de la Probabilidad y de la Frecuencia, con rangos y niveles que se pueden observar en la (Tabla 1).

Tabla 1 estimación de la probabilidad de ocurrencia

DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	VALOR
Casi seguro	Se espera que ocurra en la mayoría de las circunstancias	5
Probable	Probablemente ocurra en la mayoría de las circunstancias	4
Posible	Podría ocurrir	3
Improbable	Podría ocurrir, pero no se espera	2
Raro	Ocurre solamente en circunstancias excepcionales	1

(Modificado de GTC 104-2006)

d. Estimación de la Gravedad de las Consecuencias

La estimación de la Gravedad de las Consecuencias se realizó de forma diferenciada para los entornos Natural (EN), Humano (EH) y Socioeconómico (ES). Entiéndase por Entorno Natural aquel que comprende el ambiente expuesto (aire, agua, suelo, flora y fauna) dentro de unos límites físicos o invisibles definidos; Entorno Humano aquel que considera a la población humana receptora –para el caso particular, la comunidad universitaria- y puede ser visto desde el número de individuos expuestos; y el Entorno Socioeconómico, aquel constituido por el capital y patrimonio financiero.

Para calcular la gravedad de las consecuencias inicialmente se deben estimar los Límites del Entorno y la Vulnerabilidad. Los Límites del Entorno se encuentran asociados a tres factores: 1) la Cantidad de líquidos o productos emitidos al entorno; 2) la Peligrosidad que se asocia a la aptitud o propiedad intrínseca de la sustancia de causar daño (toxicidad, posibilidad de acumulación, bioacumulacion, etc.) y 3) la Extensión o espacio de influencia del impacto en el entorno, las personas o los recursos. Para los tres entornos (Natural, Humano y Socioeconómico) la ecuación que permite calcular los Límites del Entorno es:

Límites del Entorno = Cantidad + 2*Peligrosidad + Extensión.

La Vulnerabilidad es considerada para cada entorno como se observa en las tablas 2, 3 Y 4. Finalmente el cálculo de la Gravedad de las consecuencias se realiza a partir de la ecuación

Gravedad de las Consecuencias = Límites del entorno + Vulnerabilidad.

Las tablas 2, 3 y 4 categorizan los parámetros para el cálculo de la Gravedad de las Consecuencias.

Tabla 2. Gravedad de las consecuencias sobre el Entorno Natural

Valor	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	VULNERABILIDAD (Calidad del medio)
4	Muy alta	Muy peligroso	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligroso	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligroso	Poco extenso	Media
1	Muy poca	No peligroso	Puntual	Baja

Tomado de Galvis (2008)

Tabla 3. Gravedad sobre el entorno Humano.

Valor	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	VULNERABILIDAD (población afectada en # de personas)
4	Población muy elevada	Muertes o efectos irreversibles	Muy extenso	>100
3	Población elevada	Daños graves	Extenso	100-25
2	Población media	Daños leves	Poco extenso	25-5

1	Población baja	Daños muy leves	Puntual	<5
---	----------------	-----------------	---------	----

Tomado de Galvis (2008)

Tabla 4. Gravedad de las consecuencias sobre el Entorno Socioeconómico.

Valor	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	VULNERABILIDAD (Intensidad del impacto)
4	Muy alta	Muy peligroso	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Peligroso	Extenso	Alto
2	Poca	Poco peligroso	Poco extenso	Poco
1	Muy poca	No peligroso	Puntual	Muy bajo

Tomado de Galvis (2008)

Posterior a la valoración por entornos se procedió a estimar la gravedad de las consecuencias nuevamente mediante la asignación de valores (tabla 5)

Tabla 5. Categorías para estimación de la Gravedad de las Consecuencias

NIVEL DE RANGO	RANGO DE VALORACIÓN	VALOR ASIGNADO DE GRAVEDAD
Critico	Entre 18 y 20	5
Grave	Entre 15 y 17	4
Moderado	Entre 11 y 14	3
Leve	Entre 7 y 10	2
No relevante	Entre 5 y 7	1

Tomado de Galvis (2008)

e. Evaluación del Riesgo Ambiental

Para el área piloto y para cada Entorno (Natural, Humano y Socioeconómico) se elaboró una matriz de doble entrada (Tabla 6). En las matrices se ubicó cada escenario teniendo en cuenta su probabilidad y la gravedad obtenida, resultado de la estimación del riesgo realizado. La ubicación de los escenarios en las matrices permitió, según el color, emitir un juicio sobre la complejidad del riesgo ambiental para cada escenario (Tabla 7).

TABLA 6. MATRIZ DE DOBLE ENTRADA PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS					
		Niveles	No relev ante	Le ve	Mode rado	Gra ve	Crit ico
		Puntaje	1	2	3	4	5
Raro	1						
Improb able	2						
Posibl e	3						
Proba ble	4						
Casi seguro	5						

Tabla 7. Categorías de Riesgo Ambiental.

COLOR	CATEGORÍA	RANGO
	Riesgo Muy Alto	21 a 25
	Riesgo Alto	16 a 20
	Riesgo Medio	11 a 15
	Riesgo Moderado	6 a 10
	Riesgo Leve	1 a 5

TOMADO DE GALVIS (2008)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. Área e Instalaciones objeto de estudio

Se seleccionaron 17 sitios para la evaluación de riesgo en la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Córdoba, los cuales corresponden básicamente a los laboratorios de Química y Biología: Termodinámica, Química Orgánica, Química General, Bioquímica, Cinética y Biocombustible, Productos Naturales, Materiales y Catálisis, Instituto Regional de Agua, Biología General, Zoología, Botánica, Microbiología, Genética, Biología Molecular, Laboratorio Instrumental, Almacén de Reactivos de Biología y Almacén de Reactivos de Química- M

b. Situación de Riesgo Ambiental para las Instalaciones evaluadas.

De acuerdo a la tabla 8, el Riesgo que las instalaciones evaluadas ocasionan a los tres entornos oscilan entre leve y moderado, lo cual podría dar un parte de tranquilidad a la Institución, sin embargo es necesario tener en cuenta que este valor representa un promedio del Riesgo de los escenarios presentes para cada instalación en cada Entorno. En este contexto la unidad de análisis que mejor aclara la situación de riesgo para los diferentes entornos es el escenario.

Tabla 8. Valoración del Riesgo Ambiental que cada instalación ocasiona en cada Entorno.

Instalación	E. Humano	E. Natural	E. Socioec.
	Categoría	Categoría	Categoría
Laboratorio de Botánica	Leve	Moderado	Leve
Laboratorio de Genética	Leve	Moderado	Leve
Laboratorio de Biología General	Leve	Moderado	Leve

Laboratorio de Microbiología	Moderado	Moderado	Moderado
Almacén de reactivos	Leve	Leve	Moderado
Laboratorio de Biología Molecular	Moderado	Moderado	Moderado
Laboratorio de Zoología	Leve	Moderado	Leve
Laboratorio de Química inorgánica	Moderado	Moderado	Moderado
Laboratorio de análisis instrumental	Moderado	Moderado	Moderado
Laboratorio de Bioquímica	Moderado	Moderado	Moderado
Laboratorio de Termodinámica	Leve	Leve	Leve
Laboratorio de Biocombustible	Leve	Leve	Leve
Laboratorio de Química orgánica	Moderado	Moderado	Moderado
Almacén de reactivos	Moderado	Leve	Moderado
Laboratorio de Materiales y catálisis	Leve	Leve	Leve
Laboratorio de Productos naturales	Moderado	Moderado	Moderado
Instituto Regional del Agua	Moderado	Moderado	Moderado
Recinto de almacenamiento de residuos peligrosos	Moderado	Moderado	Moderado

b. Escenarios de Riesgo Ambiental: contexto actual

Se identificaron los Escenarios de Riesgo Ambiental presentes en 17 laboratorios de la Facultad de Ciencias Básicas. El proceso arrojó la identificación de 9 Escenarios de Riesgo, de los cuales *Vertimiento de residuos líquidos químicos*, *Volatilización de Sustancias Químicas* y *Escape de gases y/o vapores contaminantes*, resultaron ser los escenarios con mayor Grado de Riesgo Ambiental a lo largo de los tres entornos (Natural, Humano y Socioeconómico). La prevalencia de estos Escenarios de Riesgo Ambiental coincide con investigaciones como las desarrolladas por (Carranza-Barrantes, 2013) (Ramírez, 2015), (Bravo and Medina, 2015) en las cuales se evidencia que los impactos o problemática ambiental en los laboratorios en instituciones de educación superior está asociada a la generación de residuos peligrosos y materiales infecciosos.

En la Figura 3 se listan los 9 escenarios de riesgo, diferenciados de acuerdo a su recurrencia. Los escenarios que se presentan en la mayoría de las instalaciones son: a) *derrame de sustancias químicas sobre personal, superficie o equipos* a

causa de un almacenamiento inadecuado de residuos líquidos, b) *vertimiento de residuos líquidos químicos* a causa del lavado de materiales durante y al finalizar las prácticas c) *escape de gases y/o vapores contaminantes* por falta o fallas en los equipos encargados de la extracción de los mismos d) *volatilización de sustancias químicas*, e) *accidente con residuos corto punzantes* que podría darse por un mal manejo de dichos residuos, errores de procedimientos y/o ubicación inadecuada de los recipientes destinados para su almacenamiento temporal –guardianes-

Los escenarios *vertimiento de residuos líquidos químicos* y *volatilización de sustancias químicas* se presentan en todos los laboratorios. Cabe destacar que el escenario *derrame de sustancias químicas sobre personal, superficie o equipos*, se presenta con mayor recurrencia dentro de una misma dependencia, donde de 11 instalaciones visitadas en 9 el personal manifestó su mayor recurrencia. En los laboratorios de Biología, el escenario que se presenta en la mayoría de las instalaciones es el de *accidente con residuos corto punzantes*.

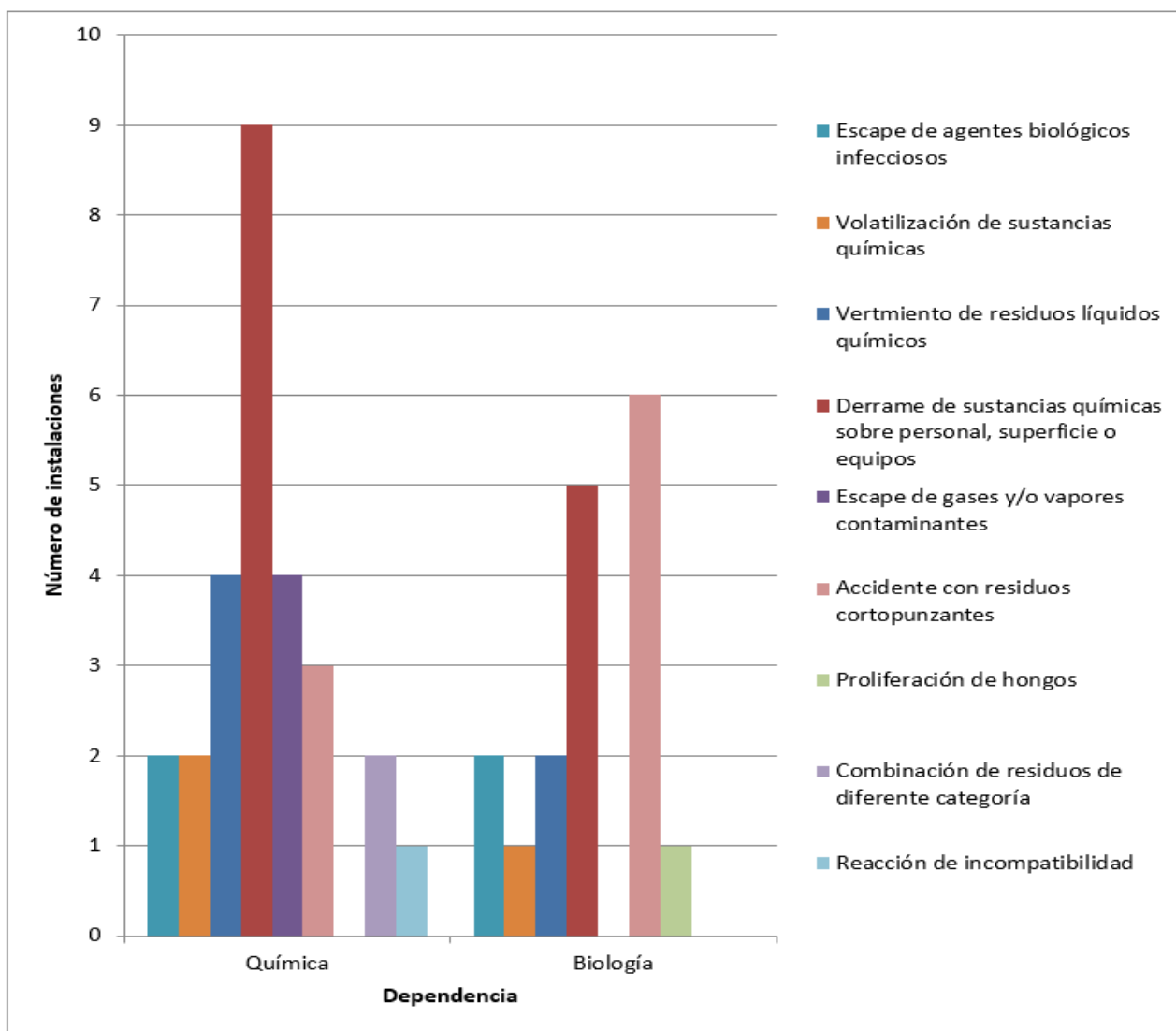


FIGURA 3. RECURRENCIA DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO POR DEPENDENCIA

b. Probabilidad de Ocurrencia y Gravedad de las Consecuencias

De los 9 Escenarios de Riesgo, los que tienen mayor Probabilidad de Ocurrencia son: *Escape de gases y/o vapores y Vertimiento de residuos líquidos químicos*. Con base en las categorías de la tabla 1, en los laboratorios de Biología, estos escenarios registraron calificaciones de 4 (Probablemente ocurran en la mayoría de las circunstancias) y en los laboratorios de Química registraron calificaciones de 5 (Se espera que ocurran en la mayoría de las circunstancias)

Con relación a la recurrencia de estos eventos, pese a que el Grafico 1 señala que no son los más recurrentes, estos abarcan un número considerable de instalaciones, lo cual les imprime un carácter de

relevantes. Con base en la valoración de los Escenarios de Riesgo, se estimó la Gravedad de las consecuencias para cada entorno estudiado y se halló que los rangos oscilan entre Leve y Moderado principalmente (Tabla 5)

c. Evaluación del Riesgo Ambiental

El Grado de Riesgo se estimó para tres entornos (elementos o ámbitos que pueden llegar a afectarse): Natural, Humano y Socioeconómico. Una vez asociados en la matriz de doble entrada (los valores de Probabilidad de Ocurrencia y Gravedad de las Consecuencias), para cada Escenario de Riesgo y para cada Entorno, se determinó su Grado de Riesgo. En la (Tabla 9) se exponen para cada Entorno, los Escenarios de Riesgo que son representativos dentro de la valoración por su

recurrencia a lo largo de las instalaciones y por alcanzar las calificaciones más altas en materia de Riesgo.

ENTORNO	ESCENARIO DE RIESGO	GRADO DE RIESGO
Natural	Escape de gases y/o vapores contaminantes	Medio
	Vertimiento de residuos líquidos químicos,	Moderado
	Volatilización de sustancias químicas	Moderado
Humano	Vertimiento de residuos líquidos químicos	Medio
	Volatilización de sustancias químicas	Medio
	Escape de gases y/o vapores contaminantes	Medio
	Accidente con residuos cortos punzantes	Moderado
Socio-Económico	Vertimiento de residuos líquidos químicos	Medio
	Volatilización de sustancias químicas	Moderado
	Escape de gases y/o vapores contaminantes	Moderado

Tabla 9. Principales escenarios de riesgo evaluados en el área de estudio

Los grados de complejidad oscilan entre Medio y Moderado, donde el Riesgo Medio es superior al Moderado y considera probabilidades de ocurrencia así como Gravedad de las Consecuencias superiores a 3 en la escala de valoración de la tabla 5.

El grado de complejidad del Riesgo Ambiental oscila entre Leve, Moderado y Medio según los criterios utilizados para cada uno de los Entornos. No obstante, hay una predominancia del Riesgo Ambiental Moderado. El grado de riesgo ambiental Medio en los laboratorios evaluados solo se presentó en el entorno Humano. Es conveniente afirmar que

al tratarse del entorno Humano, cuya representación en el campus es la Comunidad Universitaria, este grado de riesgo Medio adquiere una connotación importante, puesto que las consecuencias recaen sobre la población, afectando su salud y seguridad. En ese sentido, aunque no represente un porcentaje significativo, el hecho de que exista, indica que los escenarios de riesgo identificados pueden generar consecuencias graves no solo para la Comunidad Universitaria, sino también para los otros dos entornos.

Coincidente con los resultados que encontró (Adyel et al., 2013), quienes analizaron los impactos ambientales sobre diferentes componentes tales como el humano (investigadores y comunidades cercanas), agua, suelos, aire entre otros, en 9 laboratorios de la Universidad de Jahangirnagar en Bangladesh, encontraron que los valores más altos de impacto fueron asociados al componente Humano; en la presente investigación el mayor grado de riesgo ambiental (clasificado como medio) fue asignado al entorno Humano. Esto indica que a la escala de organizaciones, la concepción del Riesgo Ambiental se centra en la salud y bienestar humano, lo cual puede tomarse como positivo, ya que la formulación de medidas para disminuir el Riesgo Laboral puede conllevar a la disminución de los Riesgos Ambientales.

Durante el proceso de recolección de información que permitió determinar los Escenarios de Riesgo y la Gravedad de las Consecuencias, se evidenció que la comunidad académica que está directamente asociada al uso de los laboratorios (estudiantes y auxiliar de laboratorio) no tienen conocimiento acerca de los Riesgos Ambientales y/o en temas específicos asociados al manejo adecuado de los residuos peligrosos tal como lo expresan (Krazt et al., 2011; Carranza-Barrantes, 2013).

De acuerdo al contexto evidenciado durante la investigación, se presume que en la Universidad de Córdoba no se contemplaban los eventos descritos anteriormente como escenarios de riesgo ambiental, por tanto, es posible que en una valoración cuantitativa, el grado de riesgo sea mayor. Por ejemplo, según (Soto and Godoy, 2007) evidenciaron que casi en la totalidad de los laboratorios el desagüe utilizado en las prácticas no está separado con el destinado a otros usos, es decir, la gran mayoría de los vertimientos son dispuestos en los pozos sépticos ubicados en las inmediaciones de las instalaciones o bien sea directamente a la red de alcantarillado común.

Se destaca que en general los niveles de percepción de riesgo de la población expuesta no son elevados, sin embargo, (Taylor et al., 2006) enfatizan que no es posible ignorar la existencia de dichos niveles, debido a su influencia en el rendimiento del trabajador y a su preparación para aceptar un riesgo mayor. En ese orden de ideas, (Martínez and Mera, 2012) resalta que el proceso de educación en aspectos ambientales como el manejo de residuos y de seguridad en el laboratorio, aumenta el conocimiento, por ende sirve de referencia para establecer programas y actividades dentro del Plan de Gestión del Riesgo Ambiental de tal manera que contribuyan a minimizar las falencias encontradas.

Diversas Universidades en Colombia han tratado en diferentes modalidades la Gestión Ambiental Universitaria (Ramírez, 2015; Jaramillo, 2015; Vargas, 2015; Solano, 2015, Jiménez and Núñez, 2014), pero específicamente en la Evaluación de Riesgos Ambientales al interior de instituciones de educación superior la Universidad de Córdoba se convierte en pionera, ya que la metodología ajustada para la presente investigación fue propuesta por la Universidad Pedagógica Nacional, sin embargo no se encontraron evidencias de que haya sido implementada en este campus.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación sientan un precedente en cuanto a Gestión de Riesgo en instituciones de educación superior, con el fin de mejorar los procesos y actividades al interior de los claustros. Asimismo, las herramientas metodológicas sirvieron como referencia clara para el desarrollo de la evaluación de riesgo ambiental en las áreas seleccionadas. Se realizaron modificaciones a las mismas con el fin de adaptarlas al contexto de la Universidad.

El presente estudio se convierte en una herramienta básica para la elaboración del Plan de Gestión de Riesgo Ambiental el cual a su vez es un instrumento necesario en el marco del Sistema de Gestión ambiental institucional y los procesos de acreditación de los laboratorios. De manera general se listan algunas acciones que deben estar incluidas en el Plan de Gestión de Riesgo: 1) Como acción de prevención se propone la caracterización de los vertimientos de residuos químicos con el fin de determinar el nivel de impacto sobre el medio, y como medida de mitigación y control se propone el

diseño de desagües independientes para los vertimientos y 2) En relación al escape de gases y/o vapores contaminantes y volatilización de sustancias químicas, como medidas de prevención se proponen: a) la renovación y mantenimiento periódico de las cámaras extractoras, b) la capacitación a los usuarios acerca de la importancia del uso de máscaras de protección y c) la adopción de medidas de control que induzcan el uso de los elementos de seguridad.

Es conveniente replicar esta investigación para la infraestructura de laboratorios de las demás facultades de la Universidad de Córdoba e iniciar evaluaciones cuantitativas para los escenarios que presenten los mayores grados de riesgos, con el fin de precisar las acciones de manejo. Adicionalmente, es necesario considerar la valoración económica de los Riesgos Ambientales.

Debido a que las situaciones y procesos son dinámicos, la Universidad de Córdoba debe actualizar esta investigación anualmente para hacer una vigilancia de los peligros ambientales hallados a fin de evitar la aparición de otros o la intensificación de los actuales.

No se encontró información sobre registro de accidentes al interior de los laboratorios y demás instalaciones, lo que no permitió realizar un análisis de registro de accidentes para determinar los escenarios de riesgo. Por lo tanto se recomienda que los laboratorios y demás instalaciones implementen procesos asociados al registro de accidentes, manual de buenas prácticas, plan de contingencia, inventario de residuos, análisis de riesgo, entre otros.

No se logró estimar la probabilidad de los escenarios de riesgo por medio de la determinación de la frecuencia, debido a la falta de registros de especificación y cuantificación de eventos, por lo tanto las estimaciones fueron de tipo cualitativo. Para que la estimación de la probabilidad de los escenarios de riesgos se acerque a la realidad, se requieren de mediciones cuantitativas. En este sentido se ratifica la necesidad de crear la cultura del registro detallado del funcionamiento de las Instalaciones, que permita tener un acervo de conocimiento que contribuya a identificación de escenarios y estimación de su probabilidad de ocurrencia.

Para la estimación de la gravedad de las consecuencias en los tres entornos, se recomienda

establecer rangos específicos asociados a los niveles de valoración de los factores (cantidad, peligrosidad, extensión, calidad del medio, patrimonio y capital financiero). Esto se hace necesario para que exista claridad en que se diferencia, por ejemplo, un nivel muy alto a un nivel alto, logrando así que se disminuya la subjetividad de la valoración y en general de la investigación.

Durante la recolección de información se detectó que la comunidad universitaria en general no tiene conocimiento acerca del Riesgo Ambiental o no le atribuye la importancia necesaria, de esta forma, una actividad fundamental en el marco de los Sistemas de Gestión Ambiental es la capacitación de la comunidad en relación a los Riesgos y manejo adecuado de los Residuos Peligrosos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adomssent, M., Godemann, J., Michelsen, G., 2008. "Sustainable University"—empirical evidence and strategic recommendations for holistic transformation approaches to sustainability in higher education institutions.
- Adyel, T.M., Begum, F.N., Islam, S.N., Rahman, M.H., 2013. Assessment of Environmental Aspects and Impacts of Scientific Laboratories of a University: Focus on Gap Analysis and Environmental Management System (EMS) Implementation. Jahangirnagar Univ. Environ. Bull. 2, 9–17.
- Assessment, E.R., 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment.
- Barnes, D.G., Dourson, M., Preuss, P., Bellin, J., Derosa, C., Engler, R., Erdreich, L., Farber, T., Fenner-Crisp, P., Francis, E., 1988. Reference dose (RfD): description and use in health risk assessments. Regul. Toxicol. Pharmacol. 8, 471–486.
- Bravo and Medina, v, 2015. Mapeo de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de la Corporación Universitaria Lasallista (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., da Fonseca, G.A., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J.F., Mittermeier, C.G., Pilgrim, J.D., Rodrigues, A.S., 2006. Global biodiversity conservation priorities. science 313, 58–61.
- Calow, P.P., 2009. Handbook of environmental risk assessment and management. John Wiley & Sons.
- Carranza-Barrantes, Y.M., 2013. Evaluación del Sistema de Gestión de las Sustancias Químicas y sus Residuos en los Laboratorios de Química, Toxicología y Ambiental del Departamento de Ciencias Forenses, Poder Judicial.
- Carretero, A., 2008. Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental (Exposición NORMA UNE 150008–2008). Asoc. Esp. Norm. Certificación–AENOR Esp.
- Covello, V.T., Merkhoher, M.W., 2013. Risk assessment methods: approaches for assessing health and environmental risks. Springer Science & Business Media.
- Cullen, A.C., Frey, H.C., 1999. Probabilistic techniques in exposure assessment: a handbook for dealing with variability and uncertainty in models and inputs. Springer Science & Business Media.
- Esen, N., Ituen, E., Etuk, S., Nwokolo, S., 2013. A survey of environmental radioactivity level in laboratories of the town Campus University, Uyo Niger Delta region. Adv. Appl. Sci. Res. 4, 1–5.
- Galvis, 2008. Riesgos Ambientales: Guía institucional de gestión ambiental. Identificación y evaluación. Universidad Pedagógica Nacional.
- Gibb, H., Chen, C., 1989. Evaluation of issues relating to the carcinogen risk assessment of chromium. Sci. Total Environ. 86, 181–186.
- Hyndman, D., Hyndman, D., 2016. Natural hazards and disasters. Cengage Learning.
- ICONTEC, 2006a. ICONTEC 2006a. Guía técnica colombiana gtc 104. Editada por Instituto Colombiano de Norma Técnicas y Certificación. Bogotá, D.C.
- Jaramillo, 2015. Propuesta ambiental para la evaluación y manejo integral de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia de la Universidad de Gran Colombia Seccional Armenia.
- Jimenez and Nuñez, 2014. Evaluación del desempeño ambiental basado en la norma ISO 14001:2004, con el fin de determinar estrategias para su implementación en la Universidad de Cundinamarca.
- Kasperson, J.X., Kasperson, R.E., 2013. Global environmental risk. Routledge.
- Kihampa, C., Hellar-Kihampa, H., 2015. Environmental and public health risks associated with chemical waste from research and educational laboratories in Dar es Salaam, Tanzania. J. Chem. Health Saf. 22, 19–25.
- Krastz, C.P., Sánchez, D.M., González, A.M., 2011. Factores que influyen en que se realice una inadecuada disposición de residuos hospitalarios y similares y que consecuencias se han generado en la Universidad Católica de Manizales en el año 2011.

- Martinez, T.R.P., Mera, A.C., 2012. Educación ambiental para la gestión de residuos peligrosos y la reducción del riesgo en laboratorios. *Praxis* 8, 39.
- Omidvari, M., Mansouri, N., Nouri, J., 2015. A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. *Saf. Sci.* 73, 34–42.
- Orozco, M.M., 2013. Accidentalidad por riesgo biológico en los estudiantes de enfermería de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, Bogotá, Colombia. *Rev. UDCA Actual. Divulg. Científica* 16, 27–33.
- Paustenbach, D., Shu, H., Murray, F., 1986. A critical examination of assumptions used in risk assessments of dioxin contaminated soil. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 6, 284–307.
- Paustenbach, D.J., 2015. *Human and Ecological Risk Assessment: Theory and Practice (Wiley Classics Library)*. John Wiley & Sons.
- Ramírez, B., 2015. Evaluación de buenas prácticas en laboratorio de docencia universitaria.
- Solano, J.A.V., 2015. Formulación de una propuesta metodológica para la gestión integral de residuos químicos peligrosos en instituciones de educación superior. *Inf. Téc.* 79, 169–178.
- Soto and Godoy, 2007. *Plan de Gestión Integral de Residuos de la Universidad de Córdoba. Volumen I y II*. Universidad de Córdoba. Comité de Investigaciones y Extensión de la Universidad de Córdoba CIUC. Montería.
- Taylor, G., Easter, K., Hegney, R., 2006. *Mejora de la salud y la seguridad en el trabajo*. Madrid, ES: Elsevier.
- Universidad del Valle, 2014. *Guía de buenas prácticas Ambientales de la Universidad del Valle*. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Cali.
- Vargas, R.D.S., 2015. CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES EN LA CUENCA BAJA DEL RIO SINU, COLOMBIA. *Rev. Direitos Emerg. Na Soc. Glob.* 4, 23–43.
- Wals, A.E., Corcoran, P.B., 2006. 14. Sustainability as an Outcome of Transformative Learning. *Driv. Barriers Implement. Sustain. Dev. High. Educ.* 103.
- Wals, A.E., Jickling, B., 2002. “Sustainability” in higher education: From doublethink and newspeak to critical thinking and meaningful learning. *Int. J. Sustain. High. Educ.* 3, 221–232.
- Wright, T., 2004. The evolution of sustainability declarations in higher education, in: *Higher Education and the Challenge of Sustainability*. Springer, pp. 7–19.
- Yan, C., Yang, Y., Zhou, J., Nie, M., Liu, M., Hochella, M.F., 2015. Selected emerging organic contaminants in the Yangtze Estuary, China: A comprehensive treatment of their association with aquatic colloids. *J. Hazard. Mater.* 283, 14–23.