

Ciencias e Ingeniería

PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

Ciencias e Ingeniería



Volumen I-N°3 Diciembre 2025

Consejo Editorial

Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

Editor, diseño y traducción

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Diagramador de texto y asistencia de diseño

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
Lima-Perú

Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

La socialización de conocimientos sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM en el periodo 2025-II.

Sr. Anjali Kajol Cornejo Navas
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: anjali.cornejon@unmsm.edu.pe

Srta. Fernanda Yamile Huaman Chavez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: fernanda.huamanc@unmsm.edu.pe

Sr. Patrick Gabriel Huaman Hanco
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: patrick.huamanh@unmsm.edu.pe

Resumen: En este trabajo, se sostiene que la socialización de conocimientos sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas es fundamental para evitar riesgos de salud ocupacional, minimizar accidentes académicos, analizar el rol del docente en la formación del estudiante, fomentar el pensamiento científico y crítico, así como reconocer el impacto que las sustancias químicas tienen en la vida cotidiana y en la salud. En consecuencia, la finalidad del texto es dar a conocer la importancia de promover prácticas seguras y bien fundamentadas que contribuyan a una experiencia formativa integral durante el periodo 2025-II.

Palabras clave: Sociabilización de conocimientos / Uso responsable / Reactivos y sustancias / Laboratorios.

Abstract: This paper argues that disseminating knowledge about the responsible use of reagents and chemical substances is fundamental to preventing occupational health risks, minimizing academic accidents, analyzing the teacher's role in student training, fostering scientific and critical thinking, and recognizing the impact of chemical substances on daily life and health. Consequently, the purpose of this text is to highlight the importance of promoting safe and well-founded practices that contribute to a comprehensive educational experience during the 2025-II semester.

Key words: Knowledge sharing / Responsible use / Reagents and substances / Laboratories.

Résumé: Cet article soutient que la diffusion des connaissances relatives à l'utilisation responsable des réactifs et des substances chimiques est essentielle pour prévenir les risques professionnels, minimiser les accidents du travail, analyser le rôle de l'enseignant dans la formation des étudiants, favoriser la pensée scientifique et critique et prendre conscience de l'impact des substances chimiques sur la vie quotidienne et la santé. Par conséquent, ce texte vise à souligner l'importance de promouvoir des pra-

tiques sûres et rigoureuses contribuant à une expérience éducative complète au cours du semestre 2025-II.

Mots-clés : Partage des connaissances/ Utilisation responsable / Réactifs et substances / Laboratoires.

1.Introducción

En los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el uso de reactivos y sustancias químicas constituye una actividad central en la formación académica dentro de los estudiantes. Sin embargo, la frecuente manipulación y exposición, implica riesgos que afectan negativamente a la salud ocupacional, la seguridad y el adecuado desarrollo de las prácticas experimentales.

En esta situación, la socialización de conocimientos sobre el uso responsable de estos materiales se convierte en un aspecto esencial para determinar que los futuros profesionales de nuestra facultad, adquieran no solo competencias y habilidades técnicas, sino también criterios éticos y preventivos en los trabajos de laboratorio.

De acuerdo a esto, buscamos responder a la pregunta: ¿Es importante la socialización de conocimientos sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM en el periodo 2025-II? Teniendo como objetivo, determinar la relevancia de dicha socialización en la formación académica y en la prevención de riesgos.

2. Argumento N° 1

La socialización de conocimientos sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas dentro de los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM es fundamental para evitar riesgos de salud ocupacional y minimizar accidentes académicos, promoviendo que se adquiera conciencia sobre los peligros potenciales.

Una noticia publicada en el diario peruano “el Popular” en octubre del 2023, reportó un incendio ocurrido en un laboratorio de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, que fue provocado por una posible fuga de gas o un mechero encendido, lo que generó daños materiales y evidenció la importancia de reforzar las medidas de seguridad en las prácticas universitarias (Lozano, 2023). Es lamentable el accidente ocurrido en dicha institución, en el cual se evidencia la importancia de manejar con mucha escrupulosidad los trabajos y experimentos dentro de los laboratorios universitarios, más aún los que implican reacciones químicas y el uso de materiales inflamables.

La mala manipulación y falta de medidas de bioseguridad, el manejo de las llaves de gas desencadenan accidentes con consecuencias graves. Por ello, en el reporte nos resalta la necesidad de fomentar una cultura de bioseguridad en los estudiantes universitarios. Las instituciones de educación superior deben priorizar la seguridad en toda práctica experimental, asegurando una capacitación previa a docentes y aún más a los alumnos sobre los riesgos y el uso correcto de los materiales. Exigir la implementación de protección como guantes, gafas y batas, revisión continua de las llaves de algún tipo de gas. Además, es esencial contar con protocolos de emergencia, como los botiquines y extintores para actuar de manera inmediata en cualquier accidente, garantizando un aprendizaje seguro y responsable dentro de instalaciones educativas.

Un estudio realizado por el Education Bureau (2024), dieron los siguientes resultados: La mayoría de los casos involucraron pequeños cortes provocados por vidrios rotos (tubos de ensayo, vasos de precipitados, goteros, probetas), herramientas (cúteres, bisturís, cuchillas) o bordes afilados (vasos metálicos, tiras de cobre). Las lesiones se produjeron principalmente en los dedos y las palmas, de las cuales dos requirieron tratamiento con puntos de sutura. Aproximadamente el 53 % de los casos de esta categoría ocurrieron durante clases de Ciencias, mientras que alrededor del 29 % sucedieron en clases de Biología. La mayoría de los casos de quemaduras se debieron al manejo descuidado de objetos calientes (trípodes, crisoles, material de vidrio, mecheros Bunsen, líquidos calientes o la llama del mechero). Aproximadamente el 76 % de los casos de esta categoría ocurrieron en Ciencias y cerca del 20 % en Química. (pp.1-2)

La cita nos describe los tipos de accidentes más concurrentes en los laboratorios, destacando que los cortes y quemaduras representan un gran porcentaje de estos accidentes, producidos principalmente por vidrios rotos, herramientas cortantes y objetos calientes. Dichos accidentes ocurrieron en las clases de Ciencias Generales y Biología. El texto nos manifiesta la deficiencia de la formación preventiva en los estudiantes encuestados. A pesar de que estos accidentes son leves, la alta tasa de frecuencia de accidentes relacionados con descuidos muestra que las medidas de seguridad no están siendo aplicadas con seriedad. Además, nos indica que no solo son accidentes con reacciones químicas, sino que de los mismos materiales de laboratorio ocurren estos accidentes. Sin embargo, también nos manifiesta una falta de cultura de seguridad consolidada, porque los accidentes no se deben mucho a las fallas de estos materiales, sino al comportamiento humano y la falta de supervisión por parte de los docentes.

Es recomendable que las instituciones de educación superior implementen programas continuos de capacitación en bioseguridad, dirigido tanto a estudiantes como a docentes. Además, se debería reforzar las normas de manipulación de materiales. Es esencial que exista un taller o un curso relacionado a prevención de riesgos en laboratorios, de modo que para los estudiantes se vuelva un hábito y no solo sean instrucciones ocasionales.

Los investigadores Yevanraaj y Norafneeza de la Universidad Tecnológica de Malasia, en el año 2024, realizaron un estudio donde analizaron las actitudes, la conciencia y el

comportamiento de los estudiantes de Ingeniería Química sobre la seguridad dentro de los laboratorios universitarios:

En la Facultad de Ingeniería Química y Energética, Universidad Tecnológica de Malaysia (UTM), la falta de un clima de seguridad y cultura de seguridad entre los estudiantes universitarios es uno de los factores que contribuyen a los accidentes de laboratorio.

Esta afirmación nos destaca que los accidentes de los laboratorios universitarios, no dependen de factores técnicos o con qué tipo de material se utiliza, sino también de las actitudes y el nivel de conciencia de los estudiantes frente a la seguridad. Nos explican la ausencia de una cultura y un clima de seguridad que genera estos comportamientos descuidados, incrementando la posibilidad de accidentes.

Si bien los autores, atribuyen gran parte de los accidentes a la falta de cultura de seguridad de los estudiantes. Este análisis puede considerarse limitado, ya que no se profundiza en los factores institucionales.

La supervisión deficiente, la falta de infraestructura adecuada, la mala gestión universitaria son factores generales por lo cuales ocurren estos accidentes. La responsabilidad no recae solo en los estudiantes, sino también en la implementación de políticas efectivas de seguridad, tener un enfoque más integral que combine conciencia individual con el fortalecimiento de los sistemas de cada facultad de Ciencias e Ingeniería.

Una vez que los estudiantes desarrollan dicha conciencia, el siguiente desafío consiste en transformar ese mismo entendimiento en acciones y hábitos dentro de los laboratorios. A partir de esto es donde los comportamientos responsables aplicando medidas de bioseguridad adquieren un rol fundamental y decisivo. La bioseguridad no solo se limita al buen uso de protección personal, sino saber identificar sustancias químicas peligrosas, equipos críticos o procedimientos específicos, para tener una reflexión más profunda sobre la seguridad y el autocuidado.

"One cause of these accidents is the insufficient awareness and culture of safety, which stems from shortcomings in education"

["Las principales causas de estos incidentes es la débil percepción y cultura de seguridad, lo cual puede atribuirse a deficiencias en la educación."] (Marin & Muñoz-Osuna, como se citó en Krug & Huwer, 2023, pp.3).

Los factores principales de los accidentes, es la ausencia de una cultura y percepción adecuada de la seguridad, debido a la falta de educación. Nos da a entender que la formación y promoción en temas de seguridad son fundamentales para prevenir cualquier riesgo, ya que estos mismos comportamientos derivan de falta de conocimiento o de una valoración insuficiente del riesgo. Si bien la afirmación es contundente, se considera algo general, ya que solo atribuir los accidentes a deficiencias educativas es simplificar un problema con muchos factores, como la presión laboral, condiciones del entorno, la mala supervisión o la falta de recursos para implementar medidas seguras.

La educación es un componente clave, sin embargo no el único que determina la cultura de seguridad.

Adoptar programas de formación continua en seguridad, que vayan más allá de la teoría, fomentando una verdadera cultura preventiva. Integrar estrategias de comunicación, liderazgo y participación activa del personal para consolidarlo a lo largo del tiempo.

"The reasons for poor training may be that laboratory safety is generally considered boring and monotonous, making safety briefings seem like annoying and recurring obligations, the value of which is not recognized, mainly by students."

[Las razones de esta formación deficiente pueden deberse a que la seguridad en el laboratorio suele considerarse aburrida y monótona, por lo que las charlas o instrucciones de seguridad se perciben como obligaciones molestas y repetitivas, cuyo valor no es reconocido por los estudiantes.] (Krug & Huwer, 2023, pp.4).

La percepción negativa de los estudiantes hacia las actividades relacionadas con este tema. Debido a que toman las charlas e instrucciones de seguridad aburridas o repetitivas, los estudiantes no le toman importancia haciendo que la captación de estas ideas y buenas prácticas sean menores.

Nos refleja un problema estructural, de qué forma se enseña la seguridad. La monotonía que nos menciona, podría ser una consecuencia de métodos pedagógicos tradicionales, en la transmisión pasiva de información sin involucrar a los estudiantes de manera práctica y experimental.

Implementar estrategias didácticas, como simulaciones de riesgos, estudios de casos, guiados por protocolos de seguridad aumentaría el interés notablemente. Los estudiantes podrían comprender la relevancia de práctica de la seguridad y asumir una actitud más responsable dentro de los laboratorios.

Reconocer los peligros potenciales que están asociados a los reactivos químicos, forma una base para promover prácticas de laboratorios seguros, ya que solo es posible desarrollar comportamientos responsables ante el cumplimiento de las medidas de bioseguridad con una comprensión clara de estos riesgos. Sin embargo, la conciencia de riesgos y la práctica responsable, no ocurren de manera automática o inmediata, por lo que aquí, el docente a cargo adquiere este papel esencial como mediador en la socialización del conocimiento químico, haciendo más fácil la interpretación de medidas, orientando de manera adecuada el uso correcto de los materiales y reactivos, guiando a los estudiantes en la formación de una cultura de seguridad.

"The data verifies how teachers use coordinated actions in conversations to create balance, connecting theory and experience, and manage the tension between exposing students' knowledge gaps and presenting students as competent as part of the interaction." [Los datos verifican cómo los profesores utilizan acciones coordinadas en

las conversaciones para crear un equilibrio, conectando la teoría y la experiencia, y gestionar la tensión entre exponer las dudas de conocimiento de los alumnos y presentar a los alumnos como competentes como parte de la interacción.] (Hammel, 2024, p.1)

Nos explican cómo el docente, como mediador, es determinante para saber cómo los estudiantes construyen su razonamiento en contextos de aprendizajes de química. Aunque el docente puede fomentar la participación de los estudiantes, si no proporciona un adecuado andamiaje, es decir, un apoyo constante a los estudiantes para que desarrollen sus propias ideas, el razonamiento puede quedar limitado y simple. El planteamiento que nos da el autor revela una comprensión profunda de cómo es el rol del docente como mediador activo en la construcción del conocimiento químico. Tener un equilibrio entre la parte teórica y la dinámica de los estudiantes, lo cual es fundamental en el laboratorio, donde los errores forman parte del proceso formativo.

En el contexto de nuestra facultad, nos indica que los docentes no solo deben explicar las normas de seguridad y riesgos, sino que deben mediar activamente a los estudiantes, que ellos observen, cuestionen, expliquen con sus propias palabras lo que entendieron y que tengan comportamientos responsables ante el uso adecuado de reactivos y exposición a sustancias químicas dentro de los laboratorios.

"An augmented-reality-enhanced escape game was created as a laboratory rally, incorporating all the essential information needed to work safely in school chemistry labs and presenting it in an engaging, playful, and motivating manner" ["Se desarrolló un juego de escape con apoyo de realidad aumentada en forma de rally de laboratorio, que incluye toda la información relevante para trabajar con seguridad en laboratorios escolares de química y transmite esta información de manera lúdica y motivadora."] (Krug & Huwer, 2023, pp.6).

Describe una iniciativa por la enseñanza de la seguridad en laboratorios de química mediante un juego de realidad virtual aumentada. Esta propuesta combina el aprendizaje de medidas de seguridad con una metodología interactiva.

Aunque la estrategia resulta ser prometedora, su implementación podría enfrentar algunos desafíos, como falta de materiales, capacitación docente y tiempo de preparación, lo cual podría dificultar su aplicación con limitación presupuestaria. Integrar este tipo de metodologías como complemento a las enseñanzas tradicionales, asegurando que la dimensión tecnológica esté al tanto del aprendizaje significativo. Con los ajustes adecuados, este tipo de recursos transforma positivamente la percepción y cultura de seguridad en los laboratorios químicos de la FQIQ en la UNMSM.

En este estudio que se realizó en la Universidad de Texas at Dallas, nos muestra la importancia de la enseñanza interactiva con el famoso videojuego "Minecraft" pero en una versión adaptada a su campus y especialidades científicas. Nos da a entender que el equipo dirigido por el Dr. Robert Steininger, estudia con cuidado y más próximo a la realidad sobre laboratorios y equipos científicos.

El entorno abstracto y cúbico de Minecraft también hace posible construir rápidamente instalaciones de laboratorio complejas en el juego que no necesitan ser réplicas exactas de sus homólogas del mundo real para funcionar. ... Un equipo dirigido por el Dr. Robert Steininger ... estudia cuidadosamente manuales, planos y distribuciones físicas para recrear laboratorios y equipos de UTD y modelar actividades humanas, como aprender a fabricar un chip de computadora desde cero, mediante Minecraft (Horner, 2025, pp.7)

Estas plataformas de recreación como Minecraft Education, se convierten en espacios digitales fundamentales para la simulación de conocimientos científicos. Tener esa posibilidad de experimentar y conocer antes de entrar a un laboratorio químico, permite democratizar el acceso a la experimentación y reducir los riesgos asociados a la práctica real.

Los investigadores Furukado et.al, en el 2024, realizaron un currículo para las lecciones de química desarrolladas en este estudio, que son determinadas en siete lecciones. El juego está diseñado para aprovechar el máximo potencial del paquete de recursos de química, lo que permitirá que los estudiantes puedan manejar estas herramientas especializadas para aprender química. Diseñaron la plataforma de manera que el valor de entretenimiento no comprometa los objetivos educativos de la clase. (p.5).

En el estudio realizado por Furukado y su equipo de investigadores en el 2024, nos detalla cómo fue diseñado el currículo de química dentro del videojuego de Minecraft Education, que está compuesto por siete lecciones, que no solo se trata de un juego libre, sino de un programa educativo formal, que tiene una secuencia planificada dentro de los cursos académicos. Este estudio que nos muestran, refleja un enfoque innovador que integra la gamificación con la enseñanza formal de la química, con un diseño curricular detalladamente estructurado, transformando un aula tradicional, donde la mayor parte de los estudiantes no captan al 100% el conocimiento impartido a herramientas digitales con un entorno interactivo y participativo.

Los estudios que se tomaron referencias donde toman la utilización de videojuegos didácticos derivan a niveles distintos de producción , focalizados sobre todo en España y EE.UU, donde en el 2014 y 2021 fueron los años de mayor producción. (Labañino et.al,. 2024, p.19)

Esta cita nos explica que la empleabilidad de los videojuegos en entornos educativos se realizaron principalmente en Europa y Estados Unidos, dando referencia a que países potencias aplican estos métodos porque reconocen la eficacia de implementar herramientas digitales a la formación de los estudiantes.

Nos revelan que la innovación educativa mediada por la tecnología, no se distribuye de manera equitativa en los distintos países, lo cual limita esta diversidad de enfoques y realidades en el mundo. De otro modo, este dato nos sugiere que tomemos como referencia a estos países para aspirar a una tendencia de crecimiento y que se extienda a

otros contextos educativos promoviendo la investigación y formación hacia el docente y estudiantes el uso pedagógico de los videojuegos.

Relacionando lo dicho anteriormente, se realizó una encuesta compuesta por dieciséis ítems de cuatro dimensiones, es decir, dieciséis preguntas con cuatro opciones cada una, con una muestra de 60 estudiantes de las carreras de Química, Ingeniería Química, Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería del Agua y Tecnologías de Tratamiento matriculados en el periodo 2020-II. Para este argumento se tomarán los resultados de cinco ítems.

En resumen, los resultados nos demuestran que los estudiantes de la FQIQ sí son conscientes de los riesgos ocupacionales que pueden ocurrir en las prácticas de laboratorio. De esta manera, fortalecemos nuestra tesis de que la socialización de conocimientos sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM es fundamental para evitar riesgos de salud ocupacional y minimizar accidentes académicos, promoviendo que se adquiera conciencia sobre los peligros potenciales. En nuestra realidad, sabemos que existe escasa inversión para las renovaciones de nuevos laboratorios, sin embargo nosotros podemos cambiar el incremento de estos accidentes generando hábitos adecuados, observando de manera crítica cada práctica y que el conocimiento teórico no solo se quede en un salón de clases.

3. Argumento N° 2

Además, los cuidados con la aplicación de reactivos y sustancias químicas en los experimentos de laboratorio en los estudiantes de la FQIQ UNMSM son fundamentales para desarrollar el pensamiento científico y crítico, ya que incentivan una mejor planificación de experimentos. Así como lo indica Van Brederode et al en el año 2025, donde realizaron un estudio sobre la influencia que tenía el desarrollo de actividades previas antes de entrar al laboratorio con el pensamiento crítico del alumnado mientras realizaban actividades de investigación en química, Para ello se hizo un análisis sobre la comparación de dos tipos de cohortes para las prácticas: una de ellas basada en el entendimiento del tema en base a preguntas y la otra donde se fomenta el pensamiento crítico, donde los estudiantes elaboran sus propios planes experimentales. Este análisis el cual tuvo una duración de dos años, se realizó con alumnos que estaban por culminar el bachillerato en Países Bajos, en la elaboración experimental relacionada con las reacciones de sustitución nucleofílica (SN1/SN2). Se demostró que los estudiantes que ejecutaron actividades vinculadas con el pensamiento crítico, se vieron más motivados, tuvieron una reflexión más profunda en el entendimiento del tema y usaron de manera adecuada el uso de sus métodos de análisis a diferencia de los que usaron los métodos tradicionales para la elaboración de sus actividades. En esta investigación se analizaron las actividades realizadas antes de entrar al laboratorio; había dos variables, en una de ellas se aplicó más lo teórico, mientras que en la otra era más didáctico impulsando actividades relacionadas con el pensamiento crítico y científico. Ya con los resultados obtenidos se dejó ver que entre las dos variables, la que estaba relacionada con el pensamiento crítico y científico resultaba ser más efectiva para una mejor elaboración

de experimentos e incluso el entendimiento del tema abordado a diferencia del uso de los métodos tradicionales de aprendizaje. El estudio dejó en claro la importancia de usar metodologías renovadas y modernas no solo para obtener una investigación más provechosa, sino también sentirse más motivados en aprender, para ello se inculca el uso del pensamiento crítico y científico que acompañados con un buen método de aprendizaje, el tema por aprender suele ser captado con mayor facilidad gracias a sus herramientas de enseñanza, siendo relevante para el entendimiento de tópicos a abordar en el laboratorio de química. Para poner en práctica más métodos de aprendizaje, es necesario hacer más estudios sobre ellos y así poder inculcarlos tanto en los docentes, como en los estudiantes. Asimismo, causando que el trabajo en conjunto en el laboratorio tenga como consecuencia un mejor nivel educativo superior.

El pensamiento crítico y el pensamiento científico a pesar de ser dos habilidades diferentes, suelen estar relacionadas ya que en su trabajo conjunto contribuyen en una mejor enseñanza de la ciencia. La educación suele estar enfocada más que nada en la información o procedimientos experimentales, lo cual no fomenta de manera adecuada las habilidades para la reflexión, la evaluación de evidencias o incluso la argumentación. Por ello se propone que los educadores incentiven actividades no solo experimentativas, sino también de cuestionamiento, interpretación de resultados, justificación, entre otros. En la parte experimental (uso de reactivos y otros implementos de laboratorio) la aplicación de reflexión con una adecuada guía docente se vuelve una herramienta muy útil para una correcta investigación (García Carmona, 2025). El autor propone que ante las pocas habilidades de reflexión, se desarrollen actividades relacionadas con planificar, interpretar, justificar, entre otras en el laboratorio, ya que ahí suelen centrarse en la información o los procedimientos experimentales, pero no ambas a la vez, causando un menor entendimiento y conexión con el tema. Por ello es necesaria la contribución docente, para lograr mayor alcance hacia los estudiantes, ya que trabajando no solo actividades experimentales, sino desarrollando herramientas de pensamiento crítico se logra elaborar una mejor investigación. Las herramientas que propone el autor son muy importantes ya que para lograr un mayor alcance con la investigación no solo es necesario saber solo lo teórico o solo lo práctico, sino su trabajo en conjunto, ya que en asignaturas como las de química, la teoría va muy de la mano con la de práctica, generando una mejor comprensión de los procesos vistos en laboratorio. Aunque la propuesta del autor es buena, muchos estudiantes suelen pasar por desapercibido el aprovechamiento que se le puede dar al uso de diversos métodos de estudio, por lo cual se deberían hacer cursos de capacitación para un buen desarrollo de investigación.

Un estudio del año 2023 hecho por Scoggin y Smith presenta que los alumnos de química general no solo tienen que limitarse a seguir los procesos tradicionales que ya están preestablecidos sino también pueden intervenir en el diseño de experimentos. Cuando planifican los pasos a seguir en los experimentos, formulan preguntas o incluso prestan mayor atención a los diversos elementos usados en la parte experimental. Gracias a ello analizan más a fondo las decisiones tomadas en base al experimento y manejo de sustancias químicas, desarrollando más su pensamiento crítico, mientras que por otro lado llegan a relacionar variables, formulando mejores hipótesis, lo que significa el uso

del pensamiento científico. Aunque los estudiantes tienden a trabajar individualmente en el laboratorio lo que trae como consecuencia menor manejo de integración para los trabajos en equipo, por lo cual resulta requerido guías pedagógicas para conllevar mejores relaciones en el ámbito educativo al momento de realizar los experimentos. Este planteamiento nos deja en evidencia que la socialización del conocimiento en el laboratorio debe orientarse no solo en transmitir procedimientos técnicos, sino también al fortalecimiento de las competencias científicas y actitudinales de los estudiantes. La participación activa en el diseño y análisis de los experimentos incentiva a una comprensión más profunda del uso responsable de los reactivos y sustancias químicas, promoviendo así una cultura de seguridad, reflexión crítica y colaboración dentro del entorno educativo. Es importante promover actividades didácticas relacionadas con el estudio de los experimentos, ya que ello garantiza una mayor comprensión del proceso de investigación, estimulando el trabajo en equipo, para no generar conflictos en las actividades de laboratorio.

Continuando, está la contribución en una adecuada enseñanza de la ciencia, la cual cuenta con estudios de hace más de 10 años en EEUU, donde no se ejecutaba un estudio nacional basado en los objetivos de los docentes en los laboratorios de química encontrados en pregrado. Con este estudio actual, se reanuda el tema donde se utiliza una encuesta la cual se desarrolló en el año 2022 a 521 profesores de química, para así poder reconocer las finalidades recientes e investigar la variación existente de acuerdo al tipo de asignatura, la institución y la inversión obtenida para el desarrollo de un mejor aprendizaje. Ya con los datos recopilados, se reveló que los objetivos de los docentes se apoyan en gran medida del grado del curso y del financiamiento excepcionando el tipo de universidad. Se dejó percibir que en los laboratorios de química general tienden a tener objetivos discrepantes en relación con asignaturas más avanzadas ya que estos se encuentran menos centrados en la práctica universal de la química. De acuerdo con los estudiantes que van avanzando con el plan de estudios correspondiente, los profesores potencian el desarrollo de sus habilidades fundamentales para la investigación y el requerimiento de saberes más especializados. El estudio determinó la importancia de evaluar los objetivos de los laboratorios, incentivando buenos métodos de enseñanza apoyados de evidencia, un aumento financiero para los docentes y potenciar mejoras en las evaluaciones dadas de los programas de química en el ámbito universitario (Connor, 2023). La investigación de Connor resulta pertinente para comprender cómo los objetivos pedagógicos definidos por los docentes influyen de manera directa en la calidad del aprendizaje experimental dentro de los laboratorios universitarios. Dentro del contexto de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, este estudio nos permite reflexionar acerca de la necesidad de fortalecer la planificación educativa, de modo que se promueva una enseñanza más participativa y consciente del uso responsable de los reactivos y sustancias químicas. Asimismo, deja en evidencia la falta de orientación de los docentes en la socialización efectiva del conocimiento científico, fomentando en los estudiantes la capacidad crítica, la seguridad y la responsabilidad ambiental dentro de las prácticas de laboratorio. Todo esto nos revela una problemática persistente dentro de la enseñanza de la química universitaria: la falta de una orientación pedagógica integral que articule los objetivos docentes con la formación ética y responsable del

estudiante. Como bien reconocemos el valor de evaluar los propósitos educativos y las condiciones institucionales, el análisis deja en evidencia la limitada atención hacia la socialización del conocimiento y el desarrollo de una conciencia ambiental dentro del uso de reactivos. Esta carencia refleja la necesidad urgente de replantear los modelos de enseñanza, no solamente priorizando la competencia técnica, ahora también la responsabilidad social y científica en la práctica de laboratorio.

Se realizó un análisis sobre las prácticas dadas en el laboratorio por los profesores del Sistema Universitario Lyceum para llegar a cumplir con los 7 objetivos educativos, donde se destaca el mayor control de la materia, poner en práctica el razonamiento científico y una de las más importantes, trabajar en conjunto. Gracias a que se puso en práctica el enfoque mixto con cuestionarios, entrevistas y observaciones que se implementaron a 80 estudiantes y 4 docentes. Los resultados obtenidos dejaron ver que los docentes estaban comprometidos con el cumplimiento de los objetivos educativos, lo que permitía que los alumnos puedan implementar su uso de habilidades aplicadas a laboratorio y el desarrollo de comportamientos positivos hacia la química obteniendo como consecuencia mayor rendimiento académico, concluyendo que estos objetivos promueven un mayor aprendizaje en el laboratorio (Reyes, 2024). La investigación de Reyes demuestra la importancia de la planificación pedagógica en la enseñanza de la química, resaltando cómo el cumplimiento de objetivos educativos bien estructurados puede potenciar las habilidades prácticas y las actitudes positivas de los estudiantes hacia la disciplina. En este sentido, la aplicación del razonamiento científico, el trabajo colaborativo y el control adecuado de la materia son pilares fundamentales para alcanzar un aprendizaje significativo dentro del laboratorio. Dentro de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM, este estudio refuerza la necesidad de promover la socialización del conocimiento como medio para consolidar una cultura académica basada en la cooperación, responsabilidad y manejo seguro de las sustancias químicas. Viéndolo de manera crítica, el estudio de Reyes dice que, si bien los docentes muestran compromiso con los objetivos educativos, aún persisten limitaciones en la integración efectiva de la seguridad y el uso responsable de los reactivos dentro del proceso formativo. El énfasis en el rendimiento académico y en la adquisición de habilidades técnicas puede dejar de lado la reflexión ética y ambiental que debe acompañar la parte práctica experimental. Por ello, se hace necesario que los programas de laboratorio incorporen no sólo estrategias de enseñanza activa, sino también espacios de diálogo y socialización del conocimiento que fomenten la conciencia científica, la prevención de riesgos y el aprendizaje cooperativo como ejes de una formación integral.

Existen 10 principios orientadores para aplicar en el aprendizaje dado en los laboratorio de química, teniendo como meta lograr mejorar la instrucción. Estos principios van más allá de solo la realización de experimentos, ya que resalta lo fundamental de adaptar el laboratorio para que los estudiantes puedan obtener los conocimientos previos con mayor facilidad y así encontrar relación con la parte experimental. Destaca la importancia de disponer a los estudiantes antes de llegar al laboratorio para que las medidas de seguridad sean aplicadas, así como la reflexión y el diálogo, además promoviendo el uso del pensamiento crítico, de la creatividad y una experimentación orientada correctamente. También se habla sobre la evaluación continua de los conoci-

mientos, complementado con una retroalimentación de los conocimientos adquiridos en la práctica. Para el manejo de los reactivos y sustancias químicas, estos principios vienen a ser muy importantes para su correcto manejo y aprendizaje ya que también contribuyen a tomar mejores decisiones que estén fundamentadas, la seguridad que se debe tener en el laboratorio, la responsabilidad e incluso promueven el uso del pensamiento crítico y científico, transformando la enseñanza a una experiencia más didáctica para el alumnado (Seery et al, 2024). El estudio de Seery et al. plantea una propuesta integral para mejorar el aprendizaje de los laboratorios de química, basada en diez principios orientadores que promueven una enseñanza más reflexiva, segura y significativa. Estos principios subrayan la importancia de preparar al estudiante antes de la práctica, reforzando tanto los conocimientos teóricos como las competencias actitudinales necesarias para un manejo responsable de los reactivos y sustancias químicas. Asimismo, enfatizan la necesidad de fomentar la reflexión, el pensamiento crítico y la evaluación continua, siendo estos elementos esenciales para transformar el laboratorio en un espacio de aprendizaje activo, colaborativo y éticamente orientado. Desde una perspectiva crítica, Seery nos pone en evidencia las limitaciones que aún persisten en muchos laboratorios universitarios, donde la enseñanza suele centrarse exclusivamente en la ejecución mecánica de los experimentos. Si bien los principios planteados ofrecen una valiosa guía, la aplicación efectiva depende del compromiso institucional y de la capacitación pedagógica del docente. Sin una adecuada socialización de estos enfoques y una cultura de seguridad consolidada, los laboratorios corren el riesgo de mantener prácticas tradicionales que no estimulan la autonomía ni la responsabilidad del estudiante con el uso de sustancias químicas. Por ello, es importante adoptar estos principios no solo como lineamientos técnicos, sino como fundamentos para una educación científica más crítica, participativa y sostenible.

Finalmente, se encuentra la facilitación del análisis de riesgos, donde en el año 2023, Ramesh y Norazahar analizaron temas relacionados a la seguridad que había en los laboratorios de IQ en la Universiti Teknologi Malasia, donde se evaluaron las reacciones, actitudes, entre otros aspectos del alumnado. A través de cuestionarios, se reveló que su cultura de seguridad estaba relacionada con factores como, la experiencia que tenían en el laboratorio, la edad, trayectoria académica y su involucramiento en capacitaciones de seguridad, sin embargo, el ambiente de seguridad se ve influido por el lapso de exposición que se tiene en el laboratorio y aprendizaje alcanzado. Ya con los resultados obtenidos, se mostró que los riesgos de accidentes en laboratorio se veían incrementados por una poca perspectiva de seguridad, dejando en evidencia que es importante la formación técnica vinculada a las exposiciones que se tienen a las sustancias como también la incentivación a una mejor cultura de seguridad. La investigación de Ramesh y Norazahar pone en evidencia la fuerte relación entre la formación en seguridad y el desarrollo de una cultura preventiva dentro de los laboratorios universitarios. Llevando al contexto de la FQIQ en la UNMSM, este estudio nos permite comprender que la socialización de conocimientos no solo debe limitarse al ámbito teórico, sino extenderse a la práctica cotidiana, promoviendo conductas seguras y responsables frente al manejo de sustancias químicas. De igual manera, resalta la necesidad de incorporar programas continuos de capacitación y reflexión acerca de la seguridad, donde tanto docentes como estudiantes asuman un rol activo en la construcción de entornos

de aprendizajes seguros, éticos y sostenibles. Desde una mirada crítica, este estudio muestra la debilidad común entre muchas instituciones de educación superior: la subestimación de la seguridad como eje formativo dentro de la enseñanza de la química. Si bien los estudiantes adquieren conocimientos técnicos, la falta de interiorización de una cultura de seguridad revela una brecha entre el aprendizaje teórico y la práctica responsable. Este problema refleja la necesidad de replantear la formación científica, ahora integrando la seguridad y el uso responsable de los reactivos como componentes esenciales del currículo, aparte de su tratamiento superficial o normativo. Solo a través de una educación consciente y reflexiva será posible crear una verdadera cultura de prevención y responsabilidad en los laboratorios universitarios.

Se hizo una exploración en relación al gestionamiento de sustancias químicas peligrosas en centros de educación superior en donde se reconocieron fallas vinculadas al uso del laboratorio, en donde se destacó la inadecuada práctica de reciclaje y eliminación, y monitoreo de sustancias, lo que representaba un riesgo simbólico para los estudiantes y el personal de trabajo. También demuestra que estas carencias pueden influir en la veracidad de los experimentos hechos, dejando en claro que es fundamental la aplicación de procedimientos adecuadamente. Esta investigación refuerza la idea del correcto manejo de las sustancias químicas, ya que no solo genera mayor seguridad, sino también planificación y reflexión en las actividades realizadas en el laboratorio (Yang, 2022). El estudio de Yang muestra la importancia de una gestión adecuada de las sustancias químicas en los laboratorios universitarios, resaltando que las deficiencias en los procesos de eliminación, reciclaje y monitoreo no solo representan un riesgo para la seguridad, sino también para la validez científica de las prácticas experimentales. El estudio deja en claro la problemática estructural presente en numerosos laboratorios universitarios: la falta de una gestión integral y sostenible de las sustancias químicas. Esta deficiencia no solo compromete la seguridad del entorno de trabajo, también evidencia una carencia en la formación ética y ambiental de la comunidad académica. Pese a reconocerse la existencia de normativa sobre el manejo de reactivos peligrosos, su cumplimiento suele ser mayormente limitado debido a la escasa supervisión y a la insuficiente capacitación técnica. Por ello, resulta imprescindible que las instituciones de educación superior asuman una postura más proactiva, incorporando la educación ambiental, la seguridad y la socialización del conocimiento como pilares esenciales en la formación. Esta investigación nos permite reflexionar sobre la necesidad de fortalecer los protocolos de manejo y control de reactivos, promoviendo una cultura de prevención y responsabilidad ambiental. Asimismo, resalta que la socialización de conocimientos sobre el uso responsable de sustancias químicas es fundamental para garantizar prácticas sostenibles, seguras y éticamente orientadas dentro del ámbito académico.

Un informe hecho por National Research Council (2020) resalta lo fundamental de la incentivación de una cultura de seguridad para una adecuada investigación. Se registraron accidentes y casi accidentes que ocurrieron en los laboratorios universitarios, entre ellos, las intoxicaciones, quemaduras, e incluso explosiones dadas por una gestión ineficiente de los reactivos y sustancias químicas. Se evidenció aspectos de exposición, una escasa supervisión, falta de capacitación, equipamiento incompleto,

y protocolos ambiguos, Este informe destaca la importancia de aplicar una correcta cultura de seguridad, puesto que genera conciencia, compromiso y normas precisas, lo cual genera menor probabilidad de accidentes en laboratorio y una mayor seguridad en el espacio de investigación. Este informe nos pone de manifiesto la urgencia de fortalecer la cultura de seguridad dentro de los laboratorios universitarios, evidenciando que los accidentes registrados son la consecuencia directa de la falta de capacitación, claridad y supervisión dentro de los protocolos de manejo de sustancias químicas. La socialización del conocimiento sobre seguridad debe asumirse como un proceso formativo continuo que involucra la participación de docentes como estudiantes. De este modo, la educación en seguridad no solo previene riesgos, sino que también fomenta la responsabilidad colectiva, la ética científica y el compromiso institucional para crear un entorno académico seguro y sostenible. Desde una perspectiva crítica, el informe muestra una problemática persistente en la gestión de la seguridad dentro de los laboratorios universitarios: la tendencia a tratar a las normas de prevención como simples formalidades y no como una parte esencial dentro de la formación científica. Esta visión limitada refleja una cultura institucional que prioriza la productividad experimental por encima de la seguridad y el bienestar de la comunidad académica. En consecuencia, se vuelve imprescindible replantear las políticas educativas y de investigación, promoviendo una verdadera socialización del conocimiento en torno al uso responsable de los reactivos y al fortalecimiento de la conciencia ética y prevención dentro del ámbito universitario.

En la Universidad de Lyon (Francia), un estudiante de 22 años afrontó un accidente al intentar traspasar diclorometano (DCM) con una inyectora: al querer vaciar la sustancia al matraz, se llegó a pinchar con parte del solvente residual, el cual tenía un aproximado de 100 μL de contenido. Pasado unos 13 minutos aproximadamente del suceso imprevisto, el dedo afectado empezó a obtener un tono púrpura, pasado más de dos horas, los alrededores de la zona afectada se empezaron a tornar negros, señalando necrosis. Se intervino de emergencia: se retiró el tejido muerto y procedieron a extraer tejido del brazo del afectado para reconstruir la región dañada. A pesar de la recuperación, no fue absoluta, ya que los nervios sufrieron daños, lo que generó menor fuerza y manipulación adecuada del dedo (Burke,2020). Un alumno sufrió un accidente mientras realizaba una práctica en el laboratorio de química en donde se lastimó el dedo a tal punto de llevarlo a emergencias, ya que estaba empeorando debido al daño que había causado el diclorometano. A pesar de la intervención médica no pudo recuperar completamente el nerviosismo del dedo, ya que este había quedado dañado, dejando en evidencia uno de los riesgos a los que se exponen los estudiantes universitarios al ejecutar sus trabajos de laboratorio. A pesar de tener conocimiento sobre el implemento adecuado, sobre el manejo de reactivos y sustancias químicas, el estudiante no fue capaz de prevenir el accidente por creer que por ser una práctica "habitual", al ser los mismos procedimientos, ya se encontraban 100% seguros, lo cual es subestimar la exposición a la que se llega a enfrentar al ejecutar estas prácticas, dejando ver el escaso uso del pensamiento científico para el cuestionamiento. Se recomienda incentivar la importancia de la concientización sobre una buena cultura de seguridad, siendo más atentos y no dejando de lado medidas que podrían evitar accidentes mayores, bien se sabe que las personas suelen ignorarlas porque "ya conocen del tema", pero es impor-

tante recapitular y seguir poniendo en práctica las medidas de bioseguridad usadas en el laboratorio.

A partir del argumento 2, también se elaboraron preguntas en la encuesta para ser respondidas por 60 alumnos de la facultad. Los resultados evidenciaron la existencia de la concientización sobre el uso del pensamiento crítico y científico para mejorar la estadía en los laboratorios; la importancia de una adecuada docencia para orientar una mejor práctica a pesar de la discrepancia en las respuestas de los alumnos, dejando ver que hay que mejorar los métodos de enseñanza para lograr un mayor alcance del conocimiento hacia los alumnos y por último una mayor percepción de seguridad para la disminución de riesgos en padecer accidentes, incentivando una mejor cultura de seguridad.

4. Argumento N° 3

Culminando con el artículo, la socialización de conocimientos sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM es fundamental para reconocer las sustancias químicas presentes en la vida cotidiana y comprender su impacto en la salud, promoviendo así una cultura científica y preventiva que permita la eficiencia de una buena gestión de almacenamiento sobre las sustancias químicas.

Según el Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) en el año 2023 tener un conocimiento del sistema NFPA 704 mejora la seguridad, la protección y la resiliencia de las instalaciones del sector químico, a la vez que mitiga los riesgos al aumentar la concienciación de propietarios y operadores, personal, contratistas y miembros de la comunidad, de respuesta a emergencias sobre los posibles peligros químicos dentro de un edificio. En particular es difícil saber con precisión cuál es la sustancia más peligrosa que el ser humano ha experimentado o creado, ya que presentan características particulares, las cuales las diferencia en peligrosidad como lo son el trabajar con sustancias inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas y corrosivas, como indica la revista existen maneras óptimas, las cuales permiten un control eficaz en base a su correcta clasificación, los compuestos químicos peligrosos deben de tener en su contenedor de almacenamiento algo que identifique los peligros a través de los modelos de seguridad como lo son el rectángulo y el rombo. El modelo rectángulo está basado según la revista en el sistema de identificación de materiales peligrosos (HMIS/ Hazardous Material Identification System). Contienen cuatro parámetros los cuales son la salud, inflamabilidad, riesgo especial y reactividad que están clasificados en números que van desde 0 al 4, estos mismos tiene relación a la clasificación de riesgo de cada uno de los compuestos y son establecidos de acuerdo al nivel de peligro que pueden provocar. De la misma manera el modelo del rombo-704 usa la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA/ National Fire Protection Association) para clasificar de acuerdo a este parámetro. Así mismo, se recomienda para el almacenamiento de sustancias, los recipientes deben estar almacenados de manera ordenada, independientes o separados según su clasificación específica e incompatibilidad y permanecer cerrados mientras no se encuentren en uso, además de las sustancias químicas peligro-

sas no debe exceder el 90 por ciento de su capacidad. En particular considero que es fundamental saber sobre los modelos de identificación de materiales peligrosos y con más razón lo deberían de hacer las personas que no están tan inmiscuidas en el mundo de la química, ya que fundamentalmente estas medidas se crearon con la finalidad de asegurar y cuidar el bienestar de quienes están en presencia o trabajan con materiales peligroso.

“La Junta de Investigación de Seguridad Química y Riesgos de EE. UU. (CSB, por sus siglas en inglés) publicó hoy, 7 de Junio del 2024, su informe final sobre tres incidentes químicos graves relacionados con fluoruro de hidrógeno (HF), una sustancia tóxica, en las instalaciones de Honeywell Performance Materials and Technologies en Geismar, Luisiana. Los incidentes ocurrieron en un lapso de menos de tres años, entre octubre de 2021 y junio de 2024, y revelan fallas sistémicas en la seguridad de las instalaciones”. (pp. 1)

La apropiada revisión y almacenamiento de él HF pudieron prevenir de mejor manera estos accidentes graves los cuales se descubrió que eran altamente predecibles, ya que como indica la Universidad de Princeton, cuando existan derrames de ácido clorhídrico, se deben de usar materiales absorbentes como Hazorb® o Chemsorb®, cuando existan derrames de mayor volumen deben de usarse materiales que presenten una mayor resistencia al HF como lo son PowerSorb® o PolySorb®. En específico, asegurarse con gel de glutamato de calcio y el equipo de protección adecuado para afrontar el derrame de HF. Prácticamente, es útil tener muy clara la manera de actuar ante estos problemas inesperados; es fundamental para así salvaguardar el bienestar de la empresa distribuidora como de los trabajadores.

Uno de los casos en los que se demuestra que una mala gestión en un mal momento puede llegar a ser grave; en este caso el accidente de Villa El Salvador que ocurrió el 23 de enero del 2020, en el cual un camión que transportaba 2500 L de gas licuado de petróleo (GLP) produjo una deflagración que se extendió por toda una cuadra para después explotar, esta tragedia provocó que 34 personas fallecieran y 50 fueran heridas por quemaduras graves, el Osinergmin se presentó para investigar qué es lo que sucedió, extraigo de la investigación el resultado de lo que pasó:

La fuga del gas licuado de petróleo (GLP) fue producto de que el vehículo se desplazaba con la válvula interna abierta, debido a que fue bloqueada manualmente. Dicha válvula tenía que haberse mantenido cerrada en todo el trayecto del vehículo, ya que este dispositivo está diseñado para la contención del gas en caso de una fuga. (Osinergmin, 2020, p.9)

Lo que sucedió en este incidente es una prueba de factores externos, los cuales pudieron haberse impedido pero por negligencia no se acataron las normas y ocurrió este accidente.

Por otra parte, en el mundo, la mayoría de productos de uso cotidiano contiene agentes químicos que uno no sabe si es que son peligrosos; es por eso la importancia de

reducir los riesgos asociados al manejo de compuestos tóxicos de uso cotidiano, así como la desinfección con lejía genera peligros en el aire, mediante mecanismos separados: el gas cloro, mediante reacciones con residuos orgánicos, y las PUF mediante procesos secundarios influenciados por las condiciones ambientales. Estos hallazgos respaldan la mejora de los protocolos de limpieza y ventilación, y la necesidad de que las autoridades reguladoras presten atención a la exposición a las PUF en entornos laborales. (Fontana et.al., 2025, pp.4)

Como nos dice esta revista de medicina y toxicología del trabajo, la lejía es una sustancia química que en una mala gestión puede llegar a provocar serios problemas contra la salud; en esta misma revista advierte sobre el problema de juntar este agente químico con diferentes ácidos, los cuales pueden provocar accidentes fatales como lo fue en el año de 1987, un paciente vertió una cierta cantidad de ácido fosfórico al 4% (usado para eliminar el óxido o tratar con metales) en un cubo, el cual contenía lejía, lo que pasó después fue una reacción química, la cual liberó un gas irritante (cloro), el cual lo dejó en un pésimo estado, el equipo médico indicó que el paciente se quejaba de ansiedad, opresión en el pecho, dificultad para respirar y acidez; la exploración física reveló roncus pulmonares bibasales dispersos, que es una obstrucción parcial en las vías respiratorias, posteriormente el paciente tuvo que recibir tratamiento con oxígeno suplementario y la mayoría de síntomas remitieron al cabo de una hora; pero qué sucedió exactamente aquí, bueno el hipoclorito de sodio (NaClO) o comúnmente llamado lejía al entrar en contacto con ácido fosfórico (H_3PO_4) libera protones (H^+) que reaccionan con el ion hipoclorito (ClO^-) de la lejía, esto descompone al hipoclorito el cual libera cloro en estado gaseoso (Cl_2) siendo un gas de color verdoso medio amarillento altamente tóxico, que al inhalarlo puede causar adema pulmonar.

Otro caso en que la lejía en combinación con un ácido puede llegar a ser fatal, es cuando entra en contacto con el amoníaco que se encuentra en ceras para el piso o en sales aromáticas, la mezcla de estas dos sustancias desencadena una reacción que libera unos gases venenosos: la cloramina (NH_2Cl) y la hidrazina (N_2H_4). Primeramente la cloramina es un compuesto que según la EPA (Agencia de protección ambiental) y la OSHA (Administración de seguridad ocupacional) es una sustancia que en exposiciones prolongadas es peligroso para la salud, debido a sus propiedades tóxicas y corrosivas. Los síntomas tras la inhalación de estos vapores van desde irritación de las mucosas hasta un edema pulmonar y en casos extremos la muerte misma, y por otro lado la hidrazina provoca daños respiratorios y sistémicos, una exposición a largo plazo de esta sustancia puede causar daños al hígado y a los riñones y se ha detectado que es un carcinógeno reconocido por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. (DHHS)

Un estudio analítico realizado por Donghui y su grupo de investigadores, en el año 2025, por parte del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Energía de la Universidad de Ciencias y Tecnología de Zhejiang, China, mostraron como el formaldehído tiene una relación en contraer cáncer a las fosas nasales desde este hallazgo en los años 1980 la Agencia de protección Ambiental (EPA) la cataloga como un probable carcinógeno debido a que este material se encuentra principalmente en productos de

madera compuesta, materiales de construcción adhesivos, pinturas, acabados, productos de papel y cosméticos. Esto mismo presenta un riesgo crítico para la salud ambiental en interiores, particularmente en entornos de rápida urbanización; como resultado ellos indicaron que entornos residenciales y públicos fueron los principales fuentes de exposición para los adultos que trabajaron, para los niños de 5 años y ancianos, los entornos residenciales representan mayor al 80% de la exposición para este sector de la población y en los entornos vehiculares algo del 10 % de la exposición. Estos datos representan la cantidad en la que sectores de la población están expuestos al formaldehído debido a esto las estimaciones de tener cáncer oscilan entre

2.5×10^{-5} y 8.6×10^{-5} . Los resultados demuestran que al minimizar las cargas de formaldehído podríamos reducir las probabilidades de tener cáncer a temprana edad.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, en el año 2024, nos informa que durante un apagón, nunca usar generadores, parrillas ni otros aparatos que funcionen con gasolina, propano o carbón dentro de la casa, garaje, cochera o cerca de puertas, ventanas o rejillas de ventilación. Estos aparatos producen monóxido de carbono (CO), un gas inodoro e incoloro que causa la muerte de más de 500 estadounidenses cada año. (pp.1)

Como comunica el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS) el monóxido de carbono (CO) a ser un gas incoloro e inodoro hace que comúnmente se le atribuya como el asesino silencioso ya que el monóxido de carbono (CO) es producto de la combustión incompleta, puesto que el combustible no se llega a oxidar por completo debido a la falta de oxígeno en la reacción. Por eso, llega a causar la muerte antes de que uno se de cuenta de su presencia en el hogar. Según la EPA los efectos que se le atribuyen variarán dependiendo de la edad, estado de salud y la concentración y duración de la exposición. Pero primero donde puede llegar a producirse este gas mortal, se le atribuye las causas de propagación de este gas a los calentadores de queroseno, chimeneas y hornos, estufas a gas o leña, generadores y otros equipos que funcionan a gasolina, escapes de automóviles, etc. Este gas es peligroso ya que de no saber si lo estás inhalando en bajas concentraciones, provoca la fatiga y dolores en el pecho en las personas que sufren de algún problema cardiovascular; pero en exposiciones prolongadas causa problemas en la visión y problemas para la coordinación, dolores de cabeza, mareo, confusión, náuseas y es mortal en concentraciones altas. Así mismo esto se debe a que el CO al momento de entrar en contacto con la hemoglobina produce carboxihemoglobina (COHb) en la sangre impidiendo el paso del oxígeno en nuestro sistema, por ello cuando ya se inhaló lo suficiente, el cuerpo de la víctima sufre un desmayo provocado por la falta de oxígeno en el cuerpo para posteriormente nunca más despertar. Se recomienda priorizar en un buen mantenimiento a los equipos de combustión que se presentan en el hogar, mantener los aparatos de gas correctamente ajustados, dejar de usar combustibles de querosene y si es posible instalar un sistema de extractor de humos sobre las estufas de gas.

De la misma manera, el informar de las sustancias químicas tóxicas a las que a lo largo de la historia se les atribuye la mayor cantidad de muertes forma parte de cómo debe-

mos cuidarnos de estas sustancias, casos que dañaron a una cantidad de personas y agentes químicos, los cuales dejaron una huella negativa en este mundo que al inicio trajeron beneficios; pero que al pasar los años contaminaron la salud de los ciudadanos.

La era del guano surge a una fuerte necesidad de tener este material, varios de los países que hoy son potencias mundiales en su momento se peleaban por tener una isla llena de este material. Bueno este material era tan codiciado debido a que era necesario para el cultivo pues contiene amoniaco. Tanto fue la demanda que Perú (uno de los países que tenía la mayor cantidad de reserva del guano) prohibió a los países exportadores que sigan sacando guano dentro de los años de 1872, dando como respuesta que el mundo necesitara otra manera de conseguir amoniaco, hasta que un químico llamado Fritz Haber fue el primer químico en sintetizar amoniaco en un laboratorio, otorgándole por su hazaña el premio Nobel de química en el año de 1918, gracias a este descubrimiento ya no era necesario el guano y la cantidad de comida se cuadruplicó a lo que generalmente se produce y como resultado la población de la tierra se duplicó; pero el uso del amoniaco no era único y exclusivo de fertilizantes ya que Haber lo uso para fines de la primera guerra mundial creando explosivos provocando numerosa muertes. A lo que voy es que el amoniaco es una parte fundamental para hacer fertilizantes pero a su vez puede ser peligroso, un estudio realizado por Ahmad S. y compañeros de estudio, en el 2023, experimentó sobre la exposición de amoniaco en cantidades inferiores al valor límite del umbral negativo, dando como resultado que la exposición al amoniaco en concentraciones inferiores también puede ser perjudicial, citando lo que se halló: "La exposición al amoniaco en concentraciones inferiores a una quinta parte del VLT podría provocar efectos pulmonares agudos y reducir los parámetros de la función pulmonar, de forma similar al patrón observado en las enfermedades pulmonares obstructivas". (pp.1)

No era de esperar que los gases más peligrosos y que se han llevado consigo un gran número de personas fueron aquellos que se crearon para los ámbitos de la guerra, para ser más específicos el dicloruro de ácido carbónico o fosgeno (COCl_2). El fosgeno fue sintetizado por primera vez por el químico británico John Davy y el descubrimiento de este compuesto gasífero se produjo en 1812, es un gas que principalmente se usaba en la fabricación de plásticos, pesticidas y pinturas teniendo como fin el ámbito industrial, para posteriormente dentro del contexto bélico de la primera guerra mundial ser usado como arma química por los franceses. Lo que hacía peligroso este gas era su cualidad incolora y olía a heno recién pastado, lo que era útil para el ámbito bélico. Además de ser más denso que el aire por lo que se quedaba impregnado en las trincheras, a este gas se le atribuyen más de 1000 bajas en un instante. Un estudio del Departamento de Epidemiología Ambiental, ICMR-Instituto Nacional de Investigación en Salud Ambiental, Bhopal, Madhya Pradesh, India realizado por Tiwari R. y Raghavan S., en el año 2022, analizaron a 287 trabajadores de dos unidades de fabricación y cautivas de fosgeno, obviamente para este estudio El Comité de Ética Institucional del Instituto Nacional de Salud Ocupacional, Ahmedabad, lo aprobó y se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada participante antes de iniciar la recopilación de datos, lo que se logró rescatar de esta investigación es que el presente estudio se realizó para evaluar el efecto de la baja exposición crónica al fosgeno, un gas altamente tóxico, en

la PEFR de los trabajadores. La PEFR media global se encontró en $7,16 \pm 1,59$ L/s. Con el aumento de la edad, se observó una tendencia decreciente estadísticamente significativa en la PEFR media. Además, al correlacionar la PEFR con la edad, se observó una correlación negativa significativa. De igual manera, quienes llevaban más años en el trabajo y quienes trabajaban en primera línea en las plantas de producción presentaron una PEFR significativamente menor. (pp.15) lo que significó que la tasa en la del flujo espiratorio (PEFR) fue menor al inicial demostrando que en pequeñas cantidades el fosgeno llega a ser peligroso dañando el sistema respiratorio progresivamente.

Clair Patterson fue uno de los científicos que trabajaron para el proyecto Manhattan su trabajo era concentrar uranio-235 que sería usado como combustible para la bombas nucleares, cuando terminó la guerra él regresó a su universidad para terminar su doctorado, se dedicó a buscar maneras para medir la edad de la tierra usando el uranio ya que tenía experiencia usando estos materiales y su decaimiento en otros elementos hasta llegar al plomo para así medir la vida de la tierra, pero cuando empezó a calcular el contenido de plomo en piedras de circonio (naturalmente tiene más cantidad de uranio que de plomo) se dio cuenta que la cantidad de plomo encontrada en estas piedras era más de lo normal, él junto a su ayudante George Tilton se cuestionaron el porqué de esta medición inusual dentro de las piedras de circonio y todo indicaba que la acumulacion de plomo en la atmosfera era no natural, pero que era lo que aumentó la cantidad de plomo en la atmósfera. Para los años de 1911 Charles Kettering junto de la mano del Henry Leland (fundador de cadillac) crearon el primer auto que se encendía solo sin el uso de la manivela, el problema era que el motor que tenía el auto comprimía tanto al combustible que provocaba que este mismo se prendiera antes de que la chispa se activara provocando "golpes de motor", este problema generaba que el motor bajara su rendimiento y el combustible usado no fuese tan útil. Hasta que Thomas Midgley Jr. que se encontraba experimentando con cada material posible para encontrar uno que reduzca esos golpes, así un día halló lo que estaba buscando, el TEL (tetraetilo de plomo) que reduce estos golpes y además era económico, por su descubrimiento la ACS (American Chemical Society) le otorgó un premio Nicholson y lo invitaron a dar charlas; pero él se negó, así fue cuando en 1921 se comercializa el ETHYL o Tetraetilo de plomo. El problema llegó cuando en una fábrica de TEL docenas de trabajadores se habían intoxicado por plomo, así mismo varias organizaciones advirtieron del problema de agregar plomo al combustible, pero estos llamados no fueron escuchados, para la década de los 50, millones de personas en todo el mundo usaban el TEL como combustible para sus autos, volviendo a la investigación de Clair Patterson, este plomo acumulado en la atmósfera fue lo que dañaba los cálculos de contenido en plomo del circonio; al sospechar de contaminación de plomo se mudó a otro lugar para seguir con sus investigaciones donde usaría meteoritos en vez del circonio para su investigación. Cuando se le preguntó al presidente de Standard Oil sobre el plomo en su combustible, él se negó a retirarlo del mercado hasta que Patterson busco de qué tan común era el plomo en la atmósfera dentro de los recientes años, demostrando que la cantidad de plomo se había elevado hasta 10 veces su producción natural todo esto desde la utilización de TEL en combustible. Pero esto como afecta a las personas la World Health Organization en el 2024 indicó que:

“El Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud (IHME) estima que más de 1,5 millones de muertes a nivel mundial se atribuyen a la exposición al plomo en 2021, principalmente debido a efectos cardiovasculares.” (pp. 10)

Esto es producto que el plomo se adhiere al calcio de los huesos provocando que pasado un largo tiempo de una exposición al plomo aún se puede seguir padeciendo de estas complicaciones. Así mismo, la exposición de plomo en niños menores de 12 años es perjudicial como indica el estudio realizado por Sirve H. y compañía, durante el 2022, demuestra que se seleccionaron 3316 niños, los cuales habían estado en exposiciones de plomo superior a 10 µg/dL y otro donde era inferior a 10 µg/dL en un periodo de 4 a 5 años dando como resultado:

En el subgrupo con una duración de exposición inferior a la media de 4,5 años, la diferencia en la puntuación de la prueba de CI entre los dos grupos fue significativa (DM = -3,53) (valor $p < 0,05$). Asimismo, en el subgrupo con una duración superior a 4,5 años, la diferencia en la puntuación de la prueba de CI fue significativa (DM = -22,63) (valor $p < 0,001$). (pp.2)

Lo que se demostró es que en pequeñas o grandes cantidades el plomo es dañino para el cerebro reduciendo su CI (coeficiente intelectual) resultado de que afecta directamente al sistema nervioso, dañando principalmente a las neuronas, producto de esto existe una relación con la tasa de delictividad así indica Maria J. y el grupo de investigación, en un estudio del 2023, revisaron estudios en los cuales relación el plomo y la tasa delictiva dando como resultado:

Nuestra revisión, junto con la evidencia biológica disponible, sugiere que existe un mayor riesgo de conducta delictiva en la edad adulta cuando una persona está expuesta al plomo en el útero o en los primeros años de la infancia. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses ni haber recibido financiación.(pp.1)

Lo que se busca es advertir que a menores concentraciones el plomo sigue siendo dañino para la salud y más perjudicial en edades tempranas, de tal manera de informar cómo sucedió toda esta crisis por la exposición al plomo mediante combustibles dando como resultado problemas que hasta el día de hoy abordamos.

Durante el proceso de elaboración del argumento 3 se formularon preguntas, las cuales estaban relacionadas con los respaldos vistos en este argumento, tales como la pregunta de:

¿Tienes conocimiento de que algunos productos domésticos pueden liberar gases tóxicos al mezclarse? Evidencian que cierto sector de la población dentro de la FQIQ carece de conocimientos sobre su cuidado personal en el manejo de sustancias dentro del hogar. Lo que principalmente se intentó con este cuestionario es delimitar al sector que presenta dificultades al momento de saber qué sustancias son peligrosas en un entorno cotidiano; de la misma forma, nos sirve como indicativo sobre qué tanto actúa la FQIQ ante esta problemática de la seguridad.

5. Conclusiones

- En la Facultad de Química e Ingeniería Química, la socialización sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas en nuestros laboratorios, nos encamina a garantizar entornos académicos seguros, formativos y didácticos. Que el conocimiento no se quede solo en una charla o en un salón de clases, el objetivo es llevarlo de manera concreta hacia la práctica. Los estudiantes no solo entenderán estos riesgos o de qué manera manejar materiales, sino que promoverán una adopción de actitudes preventivas, comportamientos éticos y un estricto cumplimiento de normas de bioseguridad. Además, de integrar el rol del docente como mediador, entre la teoría y la práctica experimental, convirtiéndose en un espacio de aprendizaje colaborativo. De esta manera, la socialización de conocimientos sobre el uso responsable de reactivos y sustancias químicas en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM contribuye a la formación de profesionales capaces de gestionar riesgos, responder críticamente frente a situaciones peligrosas y consolidar una buena cultura de seguridad sostenible dentro de la universidad.
- La aplicación de habilidades relacionadas con el pensamiento crítico y científico son muy importantes para tener una mejor estadía en los laboratorios, puesto que genera una mejor estructuración de experimentos, ya que con la teoría previamente aprendida es más factible que los resultados sean más confiables. Así mismo también aporta a un mejor aprendizaje de la ciencia porque no solo depende del conocimiento de los estudiantes, sino incluso de los profesores debido a que son los que aplican los métodos para una mejor enseñanza, donde se debe priorizar el mayor alcance posible de sus conocimientos. Y para culminar, está la facilidad para poder reconocer riesgos en los laboratorios dado que con prácticas más didácticas y con la adecuada capacitación se da la prevención de accidentes.
- Es fundamental que, como químicos, debamos tener previa condición en poseer conocimiento de las sustancias peligrosas, a las cuales vamos a enfrentarnos dentro de nuestro entorno laboral y así mismo en el entorno social. Todos deberíamos saber reacciones químicas básicas, las cuales perjudican a la salud. Elementos del hogar, como lo es el formaldehído o la lejía, que fácilmente uno se puede encontrar con facilidad, pueden llegar a ser mortales al usarlos de mala manera. Del mismo modo, el tener conocimiento de actos negligentes en el mal manejo conlleva que se produzcan casos aterradoros que se podrían haber evitado con facilidad, pero simplemente no se realizó un chequeo óptimo. Todos estos factores ayudan a interpretar acciones que anteriormente se cometieron para que ya no se realicen de mala manera.

5.1. Conclusión general

La socialización sobre el manejo adecuado de los reactivos y sustancias químicas en los laboratorios genera estudiantes que incentiven la aplicación de actitudes preventivas frente a riesgos, siendo éticos y aplicando las medidas de bioseguridad. La labor docente juega un papel fundamental para la correcta orientación para la práctica experimental, priorizando el mayor alcance posible de sus conocimientos para el adecuado manejo de sustancias a trabajar. Por otro lado, está la correcta aplicación de la teoría en la parte experimental, haciendo uso de habilidades cognitivas y científicas generando incluso el pensamiento crítico para la obtención de resultados óptimos con una correcta capacitación pedagógica, reconociendo posibles riesgos en el camino. Es importante reconocer las sustancias químicas peligrosas, para ello se debe adquirir todo el conocimiento posible como "requisito", así como el de actos negligentes ya ocurridos en el laboratorio para una mejor concientización logrando prevenir posibles accidentes. Todo lo anterior colabora en la idea de la formación de profesionales capaces de analizar, prevenir y atender de la mejor manera situaciones de riesgo abordadas en los laboratorios durante las prácticas.

6. Literatura citada:

BURKE, M. (2020, 10 DE MARZO). GRUESOME ACCIDENT PROMPTS CALL TO FIND ALTERNATIVE TO NEEDLES IN CHEMISTRY LABS. CHEMISTRY WORLD.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. (2024, FEBRUARY 8). AVOIDING CARBON MONOXIDE POISONING. [HTTPS://WWW.CDC.GOV/NATURAL-DISASTERS/PSA-TOOLKIT/AVOIDING-CARBON-MONOXIDE-POISONING.HTML](https://www.cdc.gov/natural-disasters/psa-toolkit/avoiding-carbon-monoxide-poisoning.html)

CYBERSECURITY AND INFRASTRUCTURE SECURITY AGENCY (CISA). (2023, NOVIEMBRE 15). NFPA 704 SAFETY DIAMOND: CISA CHEMICAL SRMA INFORMATIONAL WEBINAR [RECURSO WEB EDUCATIVO]. U.S. DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY. [HTTPS://WWW.CISA.GOV/RESOURCES-TOOLS/TRAINING/NFPA-704-SAFETY-DIAMOND-CISA-CHEMICAL-SRMA-INFORMATIONAL-WEBINAR](https://www.cisa.gov/resources-tools/training/nfpa-704-safety-diamond-cisa-chemical-srma-informational-webinar)

CONNOR, M. C., ROCA BADO, G. A., & RAKER, J. R. (2023). REVISITING FACULTY MEMBERS' GOALS FOR THE UNDERGRADUATE CHEMISTRY LABORATORY. CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE, 24, 217–233.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (S. F.). CARBON MONOXIDE'S IMPACT ON INDOOR AIR QUALITY. [HTTPS://WWW.EPA.GOV/INDOOR-AIR-QUALITY-IAQ/CARBON-MONOXIDES-IMPACT-INDOOR-AIR-QUALITY?UTM_SOURCE](https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/carbon-monoxides-impact-indoor-air-quality?utm_source=)

EL COMERCIO. (2020, ENERO 31). VILLA EL SALVADOR: OSINERGMIN ASEGURA QUE CAMIÓN CIRCULABA CON VÁLVULA DE GLP ABIERTA. [HTTPS://ELCOMERCIO.PE/LIMA/SUCESOS/OSINERGMIN-VEHICULO-QUE-PRODUJO-INCENDIO-EN-VILLA-EL-SALVADOR-CIRCULABA-CON-VALVULA-DE-TANQUE-DE-GLP-ABIERTA-TRAGEDIA-EN-VILLA-EL-SALVADOR-NNDC-NOTICIA/?REF=ECR](https://elcomercio.pe/lima/sucesos/osinergmin-vehiculo-que-produjo-incendio-en-villa-el-salvador-circulaba-con-valvula-de-tanque-de-glp-abierta-tragedia-en-villa-el-salvador-nndc-noticia/?ref=ecr)

- FONTANA, L., FAPPIANO, L., STABILE, L. ET AL. CHLORINE GAS AND ULTRAFINE PARTICLE EMISSIONS FROM BLEACH DISINFECTION: EXPOSURE RISK CHARACTERIZATION. *J OCCUP MED TOXICOL* 20, 18 (2025). [HTTPS://DOI.ORG/10.1186/s12995-025-00465-6](https://doi.org/10.1186/s12995-025-00465-6)
- FURUKADO, R., ZHU, Y., & HAGIWARA, G. (2024). INTEGRATING MINECRAFT EDUCATION IN CURRICULUM DESIGN TO ENHANCE CHEMISTRY LEARNING. *PROCEDIA COMPUTER SCIENCE*, 246, 1220–1228. ELSEVIER B.V. [HTTPS://SHARE.GOOGLE/JHPPKUWAEbXBDzyR6](https://share.google/JHPPKUWAEbXBDzyR6)
- GARCÍA-CARMONA, A. PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y PENSAMIENTO CRÍTICO EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA. *SCI& EDUC* 34 , 227–245 (2025). [HTTPS://LINK.SPRINGER.COM/ARTICLE/10.1007/s11191-023-00460-5](https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-023-00460-5)
- HAMNELL-PAMMENT, Y. (2023). MAKING SENSE OF CHEMICAL EQUILIBRIUM: PRODUCTIVE TEACHER–STUDENT DIALOGUES AS A BALANCING ACT BETWEEN SENSEMAKING AND MANAGING TENSION. *CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE*, 24(4), 823–834. THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. [HTTPS://PUBS.RSC.ORG/EN/CONTENT/ARTICLEPDF/2024/RP/D3RP00249G](https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2024/rp/d3rp00249g)
- HEIDARI, S., MOSTAFAEI, S., RAZAZIAN, N. ET AL. THE EFFECT OF LEAD EXPOSURE ON IQ TEST SCORES IN CHILDREN UNDER 12 YEARS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS OF CASE-CONTROL STUDIES. *SYST REV* 11, 106 (2022). [HTTPS://DOI.ORG/10.1186/s13643-022-01963-y](https://doi.org/10.1186/s13643-022-01963-y)
- HORNER, S. (2025). RESEARCHERS CRAFTING HANDS-ON SCIENCE LESSONS IN MINECRAFT. *UT DALLAS MAGAZINE*. [HTTPS://MAGAZINE.UTDALLAS.EDU/2025/04/03/RESEARCHERS-CRAFTING-HANDS-ON-SCIENCE-LESSONS-IN-MINECRAFT/](https://magazine.utdallas.edu/2025/04/03/researchers-crafting-hands-on-science-lessons-in-minecraft/)
- KRUG, M., & HUWER, J. (2023). SAFETY IN THE LABORATORY—AN EXIT GAME LAB RALLY IN CHEMISTRY EDUCATION. *EDUCATION SCIENCES*, 13(4), 410. [HTTPS://WWW.MDPI.COM/2073-431X/12/3/6](https://www.mdpi.com/2073-431X/12/3/6)
- LABAÑINO PALMEIRO, L., LORCA-MARÍN, A., DE LAS HERAS-PÉREZ, M. Á., & CAMPINA-LÓPEZ, A. C. (2024). VIDEOJUEGOS DIDÁCTICOS PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. *REVISTA PROFESORADO*. [HTTPS://REVISTASEUG.UGR.ES/INDEX.PHP/PROFESORADO/ARTICLE/VIEW/29475/27715](https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/29475/27715)
- MO, D., ZHANG, H., WANG, Y., TUO, F., CHEN, M., CAO, Z., XU, Y., LIN, L., LIANG, X., MMEREKI, D., LI, T., & BU, Z. (2025). FORMALDEHYDE EXPOSURE AND ASSOCIATED HEALTH BURDENS APPORTIONED TO RESIDENTIAL AND PUBLIC PLACES BASED ON PERSONAL AND ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS. *ATMOSPHERE*, 16(10), 1165. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/ATMOS16101165](https://doi.org/10.3390/atmos16101165)
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2020). SAFE SCIENCE: PROMOTING A CULTURE OF SAFETY IN ACADEMIC CHEMICAL RESEARCH. THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. [HTTPS://DOI.ORG/10.17226/25753](https://doi.org/10.17226/25753)

- ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA (OSINERGMIN). (2020, ENERO 31). INFORME SOBRE EVENTO OCURRIDO EL 23 DE ENERO DE 2020 EN VILLA EL SALVADOR, RELACIONADO AL CAMIÓN CISTERNA DE PLACA N° A2X-847 OPERADO POR LA EMPRESA TRANS-GAS L.G. E.I.R.L. (INFORME N.º 108-2020-OS/OR LIMA SUR). ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA (OSINERGMIN). [HTTPS://WWW.OSINERGMIN.GOB.PE/SECCION/CENTRO_DOCUMENTAL/INSTITUCIONAL/COMUNICADOS/OSINERGMIN-INFORME-EVENTO-VES-23-01-2020.PDF](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/institucional/comunicados/osinergmin-informe-evento-ves-23-01-2020.pdf)
- RAMESH, R., & NORAZAHAR, N. (2024). SAFETY CLIMATE AND SAFETY CULTURE OF CHEMICAL ENGINEERING LABORATORIES OF UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA. JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY, 7(170). [HTTPS://DOI.ORG/10.11113/JEST.V7.170](https://doi.org/10.11113/jest.v7.170)
- REYES, P. B., NUEVA ESPAÑA, R. C., & BELECINA, R. R. (2024). TOWARDS DEVELOPING A PROPOSED MODEL OF TEACHING-LEARNING PROCESS BASED ON THE BEST PRACTICES IN CHEMISTRY LABORATORY INSTRUCTION. INTERNATIONAL JOURNAL OF LEARNING, TEACHING AND EDUCATIONAL RESEARCH, [HTTPS://WWW.IJLTER.ORG/INDEX.PHP/IJLTER](https://www.ijlter.org/index.php/ijlter)
- SCOGGIN, J., & SMITH, K. C. (2023). ENABLING GENERAL CHEMISTRY STUDENTS TO TAKE PART IN EXPERIMENTAL DESIGN ACTIVITIES. CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE, 24(4), 1229-1242. [HTTPS://DOI.ORG/10.1039/D3RP00088E](https://doi.org/10.1039/d3rp00088e)
- SEERY, M. K., AGUSTIAN, H. Y., CHRISTIANSEN, F. V., GAMMELGAARD, B., & MALM, R. H. (2024). 10 GUIDING PRINCIPLES FOR LEARNING IN THE LABORATORY. CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE, 25(2), 383-402. [HTTPS://DOI.ORG/10.1039/D3RP00245D](https://doi.org/10.1039/d3rp00245d)
- SOLTANZADEH, A., ADELI, S. H., SADEGHI YARANDI, M., HEIDARI, H., & MAHDINIA, M. (2023). DOES EXPOSURE TO AMMONIA CONCENTRATIONS LOWER THAN THE THRESHOLD LIMIT VALUE CAUSE ACUTE PULMONARY EFFECTS?. TOXICOLOGY AND INDUSTRIAL HEALTH, 39(8), 471-479. [HTTPS://DOI.ORG/10.1177/07482337231185463](https://doi.org/10.1177/07482337231185463)
- TALAYERO, M. J., ROBBINS, C. R., SMITH, E. R., & SANTOS-BURGOA, C. (2023). THE ASSOCIATION BETWEEN LEAD EXPOSURE AND CRIME: A SYSTEMATIC REVIEW. PLOS GLOBAL PUBLIC HEALTH, 3(8), e0002177. [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PGPH.0002177](https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0002177)
- THE UNIVERSITY OF TEXAS AT DALLAS. (2025). RESEARCHERS CRAFTING HANDS-ON SCIENCE LESSONS IN MINECRAFT. UT DALLAS MAGAZINE. [HTTPS://MAGAZINE.UTDALLAS.EDU/2025/04/03/RESEARCHERS-CRAFTING-HANDS-ON-SCIENCE-LESSONS-IN-MINECRAFT/?UTM_SOURCE](https://magazine.utdallas.edu/2025/04/03/researchers-crafting-hands-on-science-lessons-in-minecraft/?utm_source)
- TIWARI, R. R., & RAGHAVAN, S. (2022). CHRONIC LOW-DOSE EXPOSURE TO HIGHLY TOXIC GAS PHOSGENE AND ITS EFFECT ON PEAK EXPIRATORY FLOW RATE. INDIAN JOURNAL OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL MEDICINE, 26(3), 189-192. [HTTPS://DOI.ORG/10.4103/IJOEM. IJOEM_417_20](https://doi.org/10.4103/ij OEM. IJOEM_417_20)
- UNIVERSITY OF ALABAMA, ENVIRONMENTAL HEALTH AND SAFETY. (2022). HYDROFLUORIC ACID: GUIDANCE FOR LABORATORIES [GUÍA TÉCNICA]. [HTTPS://EHS.UA.EDU/WP-CONTENT/UPLOADS/2022/07/HYDROFLUORIC-ACID-GUIDANCE-FOR-LABORATORIES.PDF?UTM_SOURCE](https://ehs.ua.edu/wp-content/uploads/2022/07/Hydrofluoric-Acid-Guidance-for-Laboratories.pdf?utm_source)

- U.S. CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD. (2024, JUNE 10). U.S. CHEMICAL SAFETY BOARD LAUNCHES INVESTIGATION INTO ANOTHER RELEASE OF TOXIC HYDROFLUORIC ACID AT HONEYWELL FACILITY IN GEISMAR, LOUISIANA [NEWS RELEASE]. [HTTPS://WWW.CSB.GOV/US-CHEMICAL-SAFETY-BOARD-LAUNCHES-INVESTIGATION-INTO-ANOTHER-RELEASE-OF-TOXIC-HYDROFLUORIC-ACID-AT-HONEYWELL-FACILITY-IN-GEISMAR-LOUISIANA/?UTM_SOURCE](https://www.csb.gov/us-chemical-safety-board-launches-investigation-into-another-release-of-toxic-hydrofluoric-acid-at-honeywell-facility-in-geismar-louisiana/?utm_source=)
- VAN BREDERODE, M. E., ZON, A., & MEETER, M. (2020). EXAMINING THE EFFECT OF LAB INSTRUCTIONS ON STUDENTS' CRITICAL THINKING DURING A CHEMICAL INQUIRY PRACTICAL. CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE. [HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION/342527331_EXAMINING_THE_EFFECT_OF_LAB_INSTRUCTIONS_ON_STUDENTS_CRITICAL_THINKING_DURING_A_CHEMICAL_INQUIRY_PRACTICAL](https://www.researchgate.net/publication/342527331_EXAMINING_THE_EFFECT_OF_LAB_INSTRUCTIONS_ON_STUDENTS_CRITICAL_THINKING_DURING_A_CHEMICAL_INQUIRY_PRACTICAL)
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2024, SEPTEMBER 27). LEAD POISONING AND HEALTH [FACT SHEET]. [HTTPS://WWW.WHO.INT/NEWS-ROOM/FACT-SHEETS/DETAIL/LEAD-POISONING-AND-HEALTH?UTM_SOURCE](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health?utm_source=)
- YANG, H. Y. (2022). CHALLENGES AND REMEDIAL MEASURES IN THE MANAGEMENT OF HAZARDOUS CHEMICALS AT UNDERGRADUATE INSTITUTIONS. BONICETR, 2(4), 17–26. [HTTPS://DOI.ORG/10.61360/BONICETR242017261102](https://doi.org/10.61360/BONICETR242017261102)

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. <https://www.durespo.com/importancia-de-la-nutricion-animal/>
2. <https://es.pinterest.com/irelenart/>
3. <https://apttperu.com/costos-en-la-industria-textil/>https://stock.adobe.com/pe/images/warehouse-metal-blank-electroplating-plant-for-the-metal/194755542?prev_url=detail
4. <https://www.instagram.com/smartmarketingby/?hl=en&epik=djoy-JnU9NFgzWG1Qc3UwYnZRR3dRRXRyZHJCS1ZMaXpGMXNUdGEmcD-owJm49eDRDM244Voo2OXVsYVVpV2ZPOXhGdyZoPUFBQUFBR2xT-cU13>
5. <https://es.pinterest.com/priyankaminnu/>
6. Vega (2025)

Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>
Volumen I- N° 3 Diciembre 2025

Contáctenos en nuestro correo electrónico
cienciaseingenierias@ctscafe.pe

Página Web:
<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>