

Quimicocos de papel: una apuesta divertida para estudiar los principios de la química verde

Quimicocos: A Fun Approach to Study the Principles of Green Chemistry

María Camila Rosero Hoyos,¹ Angie Celeste Peña Meneses¹ y Danny Arteaga²

Resumen

Este documento presenta los detalles de una hoja didáctica diseñada para estudiar e introducir los principios de la Química Verde a nivel de laboratorio. La estrategia pedagógica propuesta busca ser una herramienta de innovación educativa en el aula, diseñada para apoyar a profesores y estudiantes en la enseñanza-aprendizaje de los principios de esta filosofía química mediante la gamificación. La propuesta fomenta una experiencia lúdica, atractiva y divertida, que facilita la comprensión de los criterios que definen la Química Verde. La idea central se basa en un juego tradicional conocido como Comecocos, que promueve la interacción social, la diversión y el entretenimiento. Su estructura está inspirada en el clásico videojuego Pac-Man, adaptado para exponer los elementos clave de la Química Verde, como sus principios, los rombos de seguridad y los pictogramas. Esta propuesta de innovación educativa incluye actividades secuenciales en las que los estudiantes universitarios, a través de la mecánica del juego “Quimicocos”, deben resolver retos y desafíos, lo que les permitirá explorar y aplicar los principios de la Química Verde en el contexto de cada práctica experimental relacionada con su currículo académico.

Palabras clave: química verde, innovación educativa, gamificación en química, aprendizaje lúdico, estrategia pedagógica.

Abstract

This document presents the details of a teaching sheet designed to study and introduce the principles of Green Chemistry at the laboratory level. The proposed pedagogical strategy aims to be an innovative educational tool in the classroom, designed to support both teachers and students in the teaching and learning of the principles of this chemical philosophy through gamification. The proposal fosters a playful, engaging, and enjoyable experience, which facilitates the understanding of the criteria that define Green Chemistry. The central idea is based on a traditional game known as Comecocos, which promotes social interaction, fun, and entertainment. Its structure is inspired by the classic Pac-Man video game, adapted to expose the key elements of Green Chemistry, such as its principles, safety diamonds, and pictograms. This educational innovation proposal includes sequential activities in which university students, through the “Quimicocos” game mechanics, must solve challenges and problems, allowing them to explore and apply the principles of Green Chemistry within the context of each experimental practice related to their academic curriculum.

Keywords : green chemistry, educational innovation, gamification in chemistry, playful learning, pedagogical strategy.

CÓMO CITAR:

Rosero Hoyos, M. C., Peña Meneses, A. C., y Arteaga, D. (2025, abril-junio). Quimicocos de papel: Una apuesta divertida para estudiar los principios de la química verde. *Educación Química*, 36(2). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.2.87006>

¹ Programa académico de Química, Universidad del Cauca, Popayán 19003, Colombia.

² Grupo de Investigación Química de Productos Naturales QPN, Universidad del Cauca, Popayán 19003, Colombia.

Introducción

La investigación y enseñanza en las áreas de la química, particularmente en las de tipo experimental, enfrentan actualmente grandes retos. Uno de los más importantes es fomentar procesos experimentales que se ejecuten bajo condiciones sustentables, que generen un menor impacto en el entorno y sean más amigables con el medio ambiente (P. T. Anastas y Kirchhoff, 2002; Vilches, 2013). Esta química se define en el contexto del diseño de productos y transformaciones de materias primas que minimicen y/o supriman tanto el uso como la producción de sustancias de carácter peligroso (P. Anastas y Eghbali, 2010).

Para ello, y teniendo en cuenta la particularidad de cada proceso —reacción y/o transformación química—, la elección de materiales de partida, condiciones y generación de nuevos productos deben orientarse para garantizar el cumplimiento de los principios de la Química Verde (P. T., W. J. C. Anastas, 1998). En este sentido, es importante integrar en los contenidos curriculares de ciencias la enseñanza y el cumplimiento de estos principios, específicamente en lo que se refiere a la química verde (Hjeresen et al., 2000).

Es primordial que, en las etapas tempranas de la formación universitaria, los estudiantes comiencen a indagar, analizar y discutir los aspectos más relevantes de esta línea, no solo desde el campo investigativo, sino también desde la academia en general. Es precisamente en estos momentos cuando debe generarse conciencia ambiental para que las propuestas investigativas, académicas y profesionales que los estudiantes desarrollen estén encaminadas hacia procesos sustentables.

Así, en esta propuesta, que surge de un trabajo dinámico propuesto en el programa de Química de la Universidad del Cauca (Popayán, Colombia), particularmente en el Laboratorio I de Química Orgánica, se busca implementar una estrategia de aprendizaje activo que, al adaptarse a diferentes niveles educativos, facilite el estudio de los principios de la Química Verde. Esto permitirá un desarrollo integral de todos los actores del proceso educativo: estudiantes de educación media y superior, investigadores y futuros científicos. Con este propósito, se propone una hoja didáctica en la que se complementen la gamificación, la ludificación en el aula y el trabajo colaborativo como metodologías de aprendizaje activo, generando ambientes únicos y divertidos que faciliten la aprehensión del conocimiento sobre el tema de interés.

Objetivo

El propósito de esta hoja didáctica es proponer una estrategia de aprendizaje basada en juegos que ofrezca a los estudiantes entornos de aprendizaje variados. Este enfoque pretende potenciar sus habilidades y su inteligencia emocional, al tiempo que les enseña

eficazmente los principios de la Química Verde. Al comprometerse con estos principios, los estudiantes adquirirán una comprensión más profunda de sus implicaciones, lo que les permitirá aplicar estos conocimientos en sus actividades académicas y de investigación. La motivación y el compromiso son elementos fundamentales de una cultura de aprendizaje positiva, y los juegos contribuyen a fomentar estos factores. Pueden servir como herramientas eficaces de enseñanza, creando entornos de aprendizaje cómodos que resuenan positivamente con las nuevas generaciones de estudiantes, fomentando su desarrollo cognitivo, social y emocional (Bozkurt y Durak, 2018; Buitrago et al., 2023; Martínez Díaz, 2020). Además, los métodos lúdicos de enseñanza están relacionados con la mejora del rendimiento académico y del aprendizaje cognitivo (Bharath Sampath Kumar, 2023; Putz et al., 2020; Vargas-Rodríguez et al., 2023; Vera-Monroy et al., 2020).

Así, la secuencia didáctica que proponemos consta de tres etapas definidas en espacios cronológicos de tiempo: I. Ambientación, II. Diseño y III. Ejecución. En la figura del trabajo colaborativo, estas etapas son de gran importancia, según el nivel de compromiso que tanto los profesores como los estudiantes tengan para su desarrollo. En la primera etapa, se socializa el tema y la propuesta metodológica en torno a su estudio, promoviendo un espacio de discusión y reflexión sobre la importancia de los principios de la Química Verde y los elementos que los definen en el ámbito medioambiental y educativo. En la segunda etapa, se da inicio a la elaboración de una manualidad educativa denominada “Quimicocos”, basada en el arte del origami. Para ello, el profesor guía a los estudiantes paso a paso en su construcción. En la última etapa, se propone poner en marcha la propuesta didáctica, estableciendo las reglas y acciones de juego, metodología y todo lo que los estudiantes deberán realizar con el origami durante la experiencia educativa.

TABLA 1. Tabla 1. Etapas y secuencia didáctica propuesta para estudiar e introducir los principios de la Química Verde a nivel de laboratorio.

Fuente. Elaboración propia.

Ambientación	
Estudiante	Profesor
<p>En la primera sesión de trabajo, los estudiantes van a ser partícipes de una socialización respecto al fundamento ambiental más importante: los principios de la Química Verde.</p> <p>Los estudiantes analizarán el material de apoyo propuesto y en compañía de su profesor y/o tutor resolverán las dudas que de allí surjan.</p> <p>Deben llevar los materiales didácticos de dibujo requeridos por el profesor y/o tutor que serán indispensables para trabajar en clase.</p> <p>Participar activamente de la retroalimentación y lluvia de ideas propuestas por tu profesor para conceptualizar y destacar la importancia de los principios de la química verde.</p> <p>Revisar minuciosamente el material e información de apoyo compartido sobre el tema. Página web <i>Material de apoyo: “Quimicocos”</i>.</p>	<p>Antes de la clase, visite la página web de Material de apoyo “Quimicocos”.</p> <p>En esta página encontrará el material de apoyo propuesto para esta actividad, como gráficos, figuras e instrucciones para la construcción del “Quimicocos”.</p> <p>Solicite a los estudiantes los materiales didácticos de dibujo necesarios, como pintura, cartulina, marcadores, regla, lápiz y colores.</p> <p>Para comenzar la actividad en clase, realice una lluvia de ideas en la que se socialicen los conceptos previos sobre los principios de la Química Verde.</p> <p>Posteriormente, comparta con los estudiantes el material e información de apoyo sobre el tema, disponible en la página web de Material de apoyo: “Quimicocos”.</p>

Diseño	
Estudiante	Profesor
<p>Forme grupos de dos (2) estudiantes para realizar la manualidad y construcción del "Quimicocos". El docente dispondrá de un instructivo para su realización, que se detalla a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use una hoja cuadrada de papel o cartulina y realice dos dobleces diagonales. El tamaño recomendado del cuadrado es de 70 x 70 cm. • Doble todas las esquinas hacia el centro del cuadrado. • Voltee la hoja con los pliegues del paso anterior y nuevamente doble las esquinas hacia el centro. • Abra los bolsillos del "Quimicocos" y decórelo de acuerdo con las imágenes de referencia. <p>Para la cara externa, coloree con los cuatro colores representativos del diamante de seguridad: azul, rojo, amarillo y blanco.</p> <p>En la cara externa del lado posterior, enumere los doce (12) principios de la Química Verde y los pictogramas de seguridad. Esta acción puede complementarse con una ilustración representativa de cada uno.</p> <p>En las caras internas del origami, realice una breve descripción de lo que implica cada principio y pictograma.</p> <p>Para ver las instrucciones con mayor detalle, visite el sitio web: https://proyectoquimicocos.my.canva.site/quimica-verde</p> <p>Referencia para las ilustraciones del origami</p> 	<p>Indique a los estudiantes participantes que la actividad va a comenzar, asignando y compartiendo los instructivos para la construcción de la manualidad "Quimicocos".</p> <p>Acompaño a los estudiantes durante la construcción y desarrollo de la actividad en cada grupo formado, asegurándose de que todos participen de manera equitativa.</p> <p>Exhiba a los estudiantes la siguiente imagen de referencia:</p> <p>Carátula externa: "Rombo de Seguridad"</p>  <p>Exhibir a los estudiantes las siguiente imagen de referencia:</p> <p>Carátula externa del lado posterior: "bolsillos para la identificación de la posición de cada principio y/o pictograma de seguridad"</p>  <p>Carátula interna: "12 principios de la química verde y pictogramas de seguridad"</p> 

Desarrollo	
Estudiante	Profesor
<p>REGLAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uno de los jugadores sostiene el “Quimicocos” en sus manos; de manera alterna, otro jugador elige un número cualquiera. Este número indicará la cantidad de veces que el “Quimicocos” debe abrirse y cerrarse. 2. El jugador debe elegir uno de los bolsillos internos, que corresponderá a uno de los principios o pictogramas. 3. El jugador lee el contenido y, a partir de ello, se le puede asignar una pregunta o desafío que deberá cumplir estrictamente. 4. Una vez que el primer jugador cumpla o responda lo asignado, el turno del “Quimicocos” pasa al siguiente jugador y así sucesivamente. 5. El juego termina cuando se hayan abordado todos los principios de la Química Verde. <p>Al finalizar la sesión de trabajo, cada estudiante valida la actividad educativa desde su experiencia como usuario y la efectividad de la misma, reflejada en la asimilación de los objetivos de aprendizaje propuestos (Buitrago et al., 2023; Gómez Buitrago et al., 2024).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para validar la experiencia del usuario, responde objetivamente a las preguntas orientadoras incluidas en la encuesta de satisfacción. La evaluación se realiza analizando los niveles de acuerdo y/o desacuerdo con las aseveraciones, utilizando una escala de medida de Likert previamente establecida (Likert, 1932). <p>Link encuesta de satisfacción: https://forms.gle/FNBA7owPhjWJYvzw9</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para evaluar si se cumplieron los objetivos de aprendizaje y la adquisición de competencias, responde objetivamente a la prueba de conocimiento diseñada para este propósito. Esta prueba se encuentra en un formulario de evaluación electrónica (Google Forms). <p>Link prueba de conocimientos: https://forms.gle/MsRBdcNbmgJ8kNoK8</p> <p>La prueba de conocimientos se considerará aprobada cuando la calificación total obtenida por el estudiante y/o grupo de trabajo supere el 70% de los puntos totales.</p> <p>¡RECUERDA! Este juego puede ser útil para estudiar con tus amigos. Desafíalos con pequeñas trivias sobre los principios de la Química Verde y los pictogramas de seguridad.</p> <p>¡Aprende divirtiéndote!</p>	<p>TAREAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Acompañar a los grupos durante la construcción y desarrollo de la actividad, asegurando que todos los estudiantes participen por igual. 2. Recordar a los estudiantes que el “Quimicocos” puede jugarse tantas veces como deseen, e incluso pueden llevárselo a sus hogares para estudiar y aprender de forma dinámica. 3. Antes de finalizar la actividad, proponer una dinámica de retroalimentación y participación colaborativa para reforzar los conocimientos sobre los principios de la Química Verde y sus implicaciones. <p>Al finalizar la sesión de trabajo, liderar la siguiente tarea: validar la actividad educativa tanto desde el aspecto operativo (“experiencia de usuario”) como desde el factor disciplinar (“asimilación de contenidos”) (Buitrago et al., 2023; Gómez Buitrago et al., 2024).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compartir el formulario (Google Forms) y dar las indicaciones sobre cómo abordar la encuesta, de acuerdo con el sistema de evaluación definido por la escala de Likert. <p>Link encuesta de satisfacción: https://forms.gle/FNBA7owPhjWJYvzw9</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compartir el formulario de evaluación (Google Forms) y explicar su propósito, lo que se pretende con la prueba de conocimiento, el número y tipo de preguntas, así como el sistema de calificación y ponderación que se utilizará para determinar la calificación final de la prueba. <p>Link prueba de conocimientos: https://forms.gle/MsRBdcNbmgJ8kNoK8</p> <p>La prueba de conocimientos se considerará aprobada cuando la calificación total obtenida por el estudiante y/o grupo de trabajo supere el 70% de los puntos totales.</p> <p>¡RECUERDA! Este juego puede ser útil para enseñar y motivar a tus estudiantes con pequeñas trivias sobre los principios de la Química Verde y los pictogramas de seguridad.</p> <p>¡Enseña divirtiéndote!</p>

Recomendaciones

Notas finales para los profesores:

La hoja didáctica ha sido diseñada con un enfoque flexible, lo que facilita su modificación según las necesidades específicas de cada grupo de estudiantes, permitiendo adaptarla a diversos niveles educativos, desde la educación media hasta la superior. Los principios de la Química Verde, al ser universales, pueden contextualizarse en diferentes entornos culturales, siempre y cuando se consideren las realidades locales y los recursos disponibles.

Para apoyar esta adaptación, se recomienda a los profesores visitar la página web de **Material de apoyo**, donde encontrarán recursos adicionales, incluyendo material de apoyo para la comprensión de este tema, además del instructivo para la construcción y decoración del “Quimicocos”, fomentando un aprendizaje inclusivo.

Con estudiantes de nivel superior, programas de química o ciencias afines, se recomienda que el profesor implemente esta herramienta para posteriores encuentros de laboratorio, lo que permitirá a los estudiantes comprender la importancia de aplicar criterios ecológicos en el ejercicio de la química y su impacto en el medioambiente.

Las imágenes proporcionadas son una referencia que aborda temas como los 12 principios de la química verde, pictogramas y el rombo de seguridad; sin embargo, pueden adaptarse al estilo de cada persona. Lo importante es que prime la creatividad de los estudiantes y que la herramienta sea fácil de acceder, estudiar y disfrutar.

Agradecimientos

Agradecemos al programa de Química y a la Universidad del Cauca por ser espacios generadores de conocimiento y reflexión. Al profesor Danny Arteaga, gracias por su orientación, asesoría y motivación para desarrollar esta actividad de innovación educativa en el aula.

Referencias

- Anastas, P., y Eghbali, N. (2010). Green chemistry: Principles and practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301–312. <https://doi.org/10.1039/B918763B>
- Anastas, P. T., y Warner, J. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press.
- Anastas, P. T., y Kirchhoff, M. M. (2002). Origins, current status, and future challenges of green chemistry. *Accounts of Chemical Research*, 35(9), 686–694. <https://doi.org/10.1021/ar010065m>
- Bharath Sampath Kumar. (2023). Game-based learning in chemistry education: An overview of the literature. *Research Journal of Educational Sciences*, 11(2), 16–27.
- Bozkurt, A., y Durak, G. (2018). A systematic review of gamification research. *International Journal of Game-Based Learning*, 8(3), 15–33. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.2018070102>
- Buitrago, P. G., Arteaga, D., y Cabanzo, A. C. (2023). Finding keywords in a YouTube video: A fun tool to learn atomic structure in middle school students. *Journal of Chemical Education*, 100(2), 1017–1022. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00750>

- Gómez Buitrago, P., Tobar-Muñoz, H., y Arteaga, D. (2024). Amino-structure: A card game for amino acids learning in biochemistry classes. *Journal of Chemical Education*, 101(5), 2141–2148. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01209>
- Hjeresen, D. L., Boese, J. M., y Schutt, D. L. (2000). Green chemistry and education. *Journal of Chemical Education*, 77(12), 1543. <https://doi.org/10.1021/ed077p1543>
- Likert, R. (1932). *Technique for the measurement of attitudes*. Woodworth, R. S.
- Martínez Díaz, O., Obaya-Valdivia, A. E., Pérez Paniagua, H. M., Pérez G., P., Casanova, M. C., y Yara Mejía, V. R. (2020). Didactic game as a learning aid tool of redox process in the level of higher middle education. *International Journal of Current Research*, 12(11), 14571–14581.
- Putz, L.-M., Hofbauer, F., y Treiblmaier, H. (2020). Can gamification help to improve education? Findings from a longitudinal study. *Computers in Human Behavior*, 110, 106392. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106392>
- Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya-Valdivia, A. E., Sosa Fernández, P., Rivero Gómez, D., y Lima Vargas, S. (2023). El cubo RUBIQUIM como herramienta en el aprendizaje basado en juegos para la enseñanza de la nomenclatura química inorgánica de sales binarias. *Educación Química*, 34(3), 143–161. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.3.84724>
- Vera-Monroy, S. P., Mejía-Camacho, A., y Gamboa Mora, M. C. (2020). C=OCARBOHIDRATOS: Efecto del juego sobre el aprendizaje. *Educación Química*, 31(1), 23. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.68522>
- Vilches, A., y García P., D. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. *Educación Química*, 24(2), 199–206.