

LA CIENCIA DETRÁS DE LO COTIDIANO: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA QUE ABORDA LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS EN EL MAR

Alan Javier Pérez Vázquez¹ y Nadia Teresa Méndez Vargas²

¹ Escuela Nacional Preparatoria, Plantel 5, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Calz. del Hueso 729, Coapa, Ex-Hacienda Coapa, Tlalpan, 14300 Ciudad de México, CDMX, alan.perez@enp.unam.mx

² Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Blvd. Cataratas 3, Jardines del Pedregal, Coyoacán, 01900 Ciudad de México, CDMX, natemeva@hotmail.com

RESUMEN

¿Alguna vez te imaginaste realizar experimentos fuera del laboratorio escolar? Para el caso de las ciencias naturales, uno de los retos es el de no desligar la parte teórica de la experimental. El propósito de este trabajo es presentar una secuencia didáctica que aborda el tema de contaminación de cuerpos de agua por plásticos, a partir de realizar cuatro experimentos caseros. Uno es sobre la densidad de líquidos, el segundo sobre cómo se calcula la densidad de un sólido, el tercero sobre el principio de Arquímedes, y el cuarto sobre corrientes marinas por convección. Así, se contempla el uso de materiales caseros y metodologías de fácil acceso que den respuesta a una problemática ambiental como la contaminación de cuerpos de agua por plásticos. Esta propuesta didáctica se implementó en estudiantes de sexto semestre durante el primer semestre del año 2021. Como resultado, se tuvo que los alumnos pudieron construir argumentos y contraargumentos, formularon hipótesis o preguntas, entre otras habilidades científicas. Se pudo constatar el mejoramiento del aprendizaje de las ciencias con apoyo de la actividad experimental casera.

Palabras clave: contaminación por plásticos, bachillerato, densidad, convección, aula virtual.

ABSTRACT

Have you ever imagined conducting laboratory-based experiments outside the school facilities? A challenge in the natural sciences has been reconciling the theoretical basis with their practical applications. That is why the purpose of this work is to present a didactic sequence that addresses the contamination of water bodies by plastics, based on four homemade experiments: density of liquids, calculation of a solid density, the principle of Archimedes, and ocean currents. The use of homemade materials and easy-to-use methodologies was contemplated to respond to environmental problems such as contamination of water bodies by plastics. This proposal was implemented in students in the 6th semester during the first half of 2021. As a result, students needed to be able to

build arguments and counter-arguments, hypotheses, or questions. In conclusion, it was noted the improvement of science learning by supporting students with homemade experimental activities.

Keywords: Plastic pollution, high school, density, convection.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje basado en el laboratorio es un componente esencial en el proceso de construcción de saberes en asignaturas del área de Ciencias Naturales. Esto debido a que los estudiantes pueden hacer conexiones significativas de la teoría con los fenómenos que nos rodean y tener la oportunidad de desarrollar el pensamiento científico. Lo anterior se logra siempre y cuando los trabajos prácticos experimentales se utilicen con un objetivo didáctico (Enneking, et al., 2019).

Derivado de la transición hacia una docencia no presencial, que se dio por el distanciamiento social a causa del SARS-CoV-2, la teoría se desarticuló, en cierta medida, de la experimentación. Esto por la falta de acceso a los espacios físicos escolares y de experiencia en algunos docentes en impartir asignaturas prácticas en una educación mediada por tecnologías (EMT), sistema híbrido o virtual.

A este respecto, la UNESCO (2007) refiere que se requiere tiempo para aprender de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Es decir, manipular los recursos virtuales en sí, aprender con las TIC (migrar la presentación de información del pizarrón a recursos digitales multimodales) y aprender a través de las TIC (fomentar aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales). En otras palabras, el pasar de lo presencial a lo híbrido o virtual implica un proceso de reflexión para el diseño de las experiencias de aprendizaje, entre ellas las de corte experimental (Figura 1).

Se puede apreciar la transición que ha sufrido la implementación de trabajos prácticos experimentales en asignaturas del área de las Ciencias Naturales. Esto ha traído consigo diversas posturas tales como las propuestas por Enneking, et al. (2019):

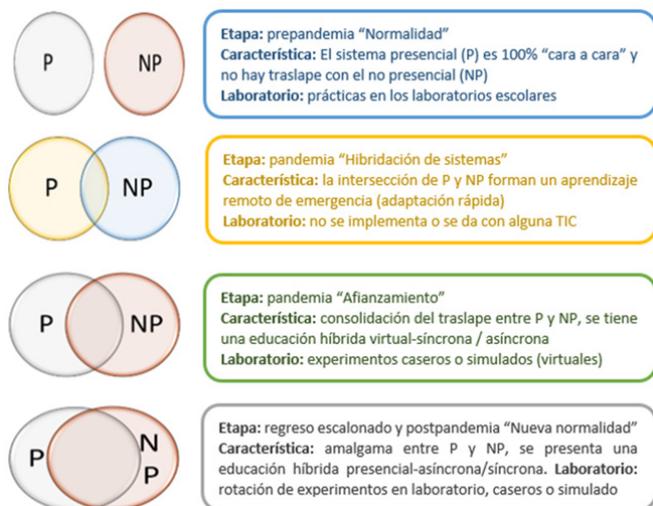


Figura 1. Transición de las actividades experimentales durante la pandemia

- Un laboratorio completamente virtual no proporciona a los estudiantes el mismo conocimiento que uno "cara a cara". Una cantidad considerable de docentes se han mostrado reacios a utilizar TIC como sustitutos de experimentos escolares.

- Los laboratorios mediados por tecnología digital y caseros son beneficiosos, aunque es importante reconocer que no para todos los aprendizajes.

- Los laboratorios virtuales y caseros bien diseñados se centran en el estudiante y se basan en la investigación promoviendo así, el pensamiento de orden superior y desarrollo de habilidades de corte científico, debido a que se pueden integrar animaciones y simulaciones a nivel de partículas. Los estudiantes trabajan de forma independiente y a su propio ritmo. Se brindan oportunidades al estudiantado para prepararse de antemano, con el fin de evitar errores comunes en el laboratorio, formular dudas en concreto, trazar una conexión entre la teoría y la práctica, entre otros aspectos más.

El presente trabajo es afín a los últimos dos puntos. Por lo anterior se implementó una secuencia didáctica en Moodle para el bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ésta incluye experimentos caseros para abordar la temática de la contaminación de cuerpos de agua por plásticos, usando como ejemplo la formación de islas de plásticos en los océanos para integrar sus habilidades cognitivas, afectivas y psicomotoras; lo cual concuerda con los Programas de Estudio de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) (2018) y del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) (2016). Los objetivos que se pretenden lograr son:

- Comprender cómo la ciencia y tecnología de la industria de los plásticos ha impactado a la sociedad y al ambiente. Esto, a partir del desarrollo de actividades experimentales caseras, las cuales contemplan los conceptos densidad, transmisión del calor, convección, Principio de Arquímedes.
- La finalidad es fomentar el pensamiento científico en los estudiantes del bachillerato.
- Explicar la formación de las islas de plástico en los océanos mediante la realización de experimentos con materiales caseros, con el fin de promover una alfabetización científica en el alumnado, que los lleve a ser ciudadanos responsables y comprometidos con su ambiente.

En la siguiente sección se describe la propuesta de la secuencia didáctica para abordar la temática de contaminación de cuerpos de agua por plásticos.

DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Lo hicimos. Hace 150 años se diseñó un material ligero, fuerte y económico conocido como plástico. Su producción cobró relevancia hasta 1950. Por lo anterior, tenemos que lidiar con 8300 millones de toneladas de este material. De ellas, más de 6300 millones se han convertido en basura. Dependemos de él, este material milagroso hace latir corazones y mantiene aviones en el aire. Nos ahogamos en él, más del 40 % sólo se utiliza una vez, y su vida útil puede ir de 15 minutos a menos de seis meses. Como consecuencia unos 8 millones de toneladas han terminado en el océano formando parte de las islas de plásticos (Parker, 2018).

METODOLOGÍA DE LA PROPUESTA

¿Por qué sucede lo anterior? ¿Todos los plásticos flotan? ¿Cómo explicarlo? A partir de este contexto se diseñó la siguiente secuencia didáctica. Se divide en seis actividades que conforman el Escenario uno –de cinco totales– alojado en un Aula Virtual de la plataforma Moodle CUAIEED-UNAM:

Contenido 1 del Aula Virtual

1. Toda una vida de plásticos.

Objetivo: que los estudiantes identifiquen la importancia de los plásticos en nuestra vida y que hay una problemática con su uso indiscriminado. Esto, mediante el análisis de una lectura con el fin de contextualizar el conocimiento científico. Es una actividad diagnóstica para indagar lo que saben los alumnos de los plásticos y el impacto ambiental ante su uso indiscriminado.

2. ¿Qué es la densidad?

Objetivo: que los estudiantes formulen predicciones con base en la experimentación, poniendo a prueba sus hipótesis a través de realizar actividades experimentales caseras. Asimismo, que comprendan que la densidad es una propiedad de los materiales que expresa la relación que hay entre la masa y el volumen. Además que reconozcan la variación de esta propiedad al modificar la temperatura.

Contempla una actividad diagnóstica sobre el concepto de densidad y la guía experimental para la actividad que le llamamos Columna de líquidos.

3. Densidad de plásticos y mares.

Objetivo: que los estudiantes formulen una predicción sobre la densidad de los plásticos y el Principio de Arquímedes, el cual menciona que todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido recibe un empuje ascendente, igual al peso del fluido desalojado por el objeto.

Por otra parte, que reconozcan que la flotabilidad de un cuerpo, en un fluido, está determinada por las diferentes fuerzas que actúan sobre él, así como el sentido de éstas. Teniéndose así, una flotabilidad positiva cuando el cuerpo tienda a ascender en un fluido, negativa cuando el cuerpo tienda a descender en el fluido, y neutra cuando se mantiene en "suspensión" en el fluido.

Finalmente, que identifiquen cómo cambia el empuje vertical de los plásticos al sumergirlos en agua salada y en agua dulce.

Contiene algunos ejercicios sobre la densidad de algunos plásticos, favorece la predicción como una habilidad y se propone la actividad experimental ¿Cómo es la densidad de algunos plásticos?

4. ¿Por qué flota y por qué no?

Objetivo: que los estudiantes formulen predicciones a partir de la experimentación y algunos datos proporcionados por el profesor,

con el fin de que pongan a prueba dicha hipótesis a través de la realización de un trabajo práctico al que llamamos ¿Por qué no flota y después sí? También comprenden que para que flote un material en un líquido, éste debe tener un mayor volumen con respecto a la masa y utilicen el Principio de Arquímedes para explicar la flotabilidad de un objeto. Para entender dicho Principio, se propone un video como apoyo para los alumnos.

5. Explicación de la formación de corrientes marinas

Objetivo: que los estudiantes identifiquen que la densidad del agua caliente es diferente a la del agua fría y esa diferencia en densidades es un motor de las corrientes marinas, las cuales arrastrarán a los contaminantes a sitios específicos, formando en algunos casos, islas de plásticos. Es importante recalcar a los educandos que la convección es solo uno de varios factores que provocan las corrientes marinas.

El experimento que los ayuda a construir esa diferencia de densidades es el de Corrientes marinas.

6. ¿Qué aprendí del escenario?

Objetivo: que los estudiantes identifiquen qué aprendieron de todo el contenido del escenario y valoraron su eficacia. Se propone un cuestionario final.

RESULTADOS

La secuencia didáctica se aplicó con un grupo de alumnos de sexto semestre de la Escuelas Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur, con la cual participaron en el XXIX Concurso Universitario Feria de las Ciencias, la Tecnología y la Innovación. El título que utilizaron y el contexto en el que la desarrollaron fue "Islas de plástico, una amenaza para la vida marina". Expusieron una problemática asociada a los plásticos como contaminantes de cuerpos de agua y abordaron algunos contenidos disciplinarios de la Física y la Química como densidad, temperatura, calor y el principio de Arquímedes. En el proyecto incluyeron algunos experimentos caseros para poder explicar el comportamiento de los plásticos en el agua, finalmente hicieron algunas propuestas de solución.

En el marco teórico los alumnos presentaron generalidades de los polímeros, la polimerización y a lo largo de su investigación escolar fueron particularizando sobre el tema para enfocarse en los plásticos, sus características, y el código con el triángulo de Möbius para clasificarlos. Incluyeron en su investigación información de los conceptos disciplinarios antes citados y que apoyaron en su análisis de resultados. Finalmente, desarrollaron aspectos asociados a la contaminación de aguas por plásticos.

Los objetivos que definieron los alumnos son:

- Identificar algunos factores que influyen en la formación de las islas de plástico en los cuerpos de agua.
- A partir de los resultados de los experimentos, promover el reciclaje de plásticos y el cuidado del ambiente.

La metodología que siguieron consistió en cuatro experimentos caseros que se proponen en el Escenario 1 y que describieron con detalle:

1. **Columna de líquidos.** Colocaron 20 ml de cada uno los siguientes materiales: miel, agua, aceite vegetal, y alcohol etílico al 70 %, en un recipiente de vidrio o plástico transparente y en ese orden.

2. **¿Cuál es la densidad de algunos plásticos?** En un recipiente añadieron a 1 L de agua, 30 g de sal de mesa, para simular el agua de mar, y colocaron trozos (similares en tamaño) de diferentes materiales plásticos que encontraron en su hogar: varios tipos de botellas de plástico, PVC, unisel, bolsas de polietileno, etcétera.

3. **¿Por qué no flota y después sí?** Colocaron una botella de refresco vacía en el recipiente de agua salada que usaron en el experimento dos, dado que son los plásticos que más se encuentran contaminando los cuerpos de agua. Después cortaron un trozo de la botella y lo colocaron en el mismo recipiente.

4. **Corrientes marinas.** Se diseñó un experimento para representar las corrientes marinas y cómo éstas mueven la basura que eventualmente pueden formar las "islas de plásticos". Cabe destacar que se recaló a los alumnos que la convección es solo uno de varios factores que provocan las corrientes marinas. En el recipiente de agua salada que usaron en los dos anteriores experimentos colocaron agua caliente de 70-93 °C, un hielo (0-4 °C) y trozos de plásticos.

Los resultados y el análisis que realizaron los alumnos fueron los siguientes:

1. **Columna de líquidos,** los cuatro líquidos no se mezclaron por sus diferentes densidades, identificaron que la miel es la más densa y, por lo tanto, se quedó hasta abajo en el vaso y que el alcohol etílico es el material menos denso y por eso quedó en la parte de arriba, ver Figura 2; de esta manera los alumnos construyeron el concepto de densidad a partir del experimento.

En la siguiente dirección web se puede conocer el video y el resultado del experimento:



Figura 2. Columna de líquidos de diferente densidad.

<https://www.youtube.com/watch?v=118dWESx6aM> .

2. **¿Cómo es la densidad de algunos plásticos?** Identificaron que algunos trozos de plásticos se hundieron y otros permanecieron flotando. Su explicación se basó en el concepto de densidad que construyeron con el primer experimento. Señalaron en su proyecto que el trozo de botella de refresco, es decir, el polietilentereftalato (PET) es más denso que el agua y por ello se hunde, llamó su atención el resultado dado que las botellas de PET flotan en el agua.



Figura 3. Trozos de materiales plásticos caseros y el resultado al colocarlos en agua salada.

La propuesta tiene justamente la intención de fomentar el conflicto cognoscitivo en los alumnos a partir de la evidencia experimental. En la Figura 3 se muestran los materiales que utilizaron los alumnos y el resultado que obtuvieron al colocarlos en agua salada.

En la siguiente dirección web se puede conocer el video y el resultado del experimento:

<https://www.youtube.com/watch?v=HQAe7eGb0kM>.

3. **¿Por qué no flota y después sí?** Para resolver el conflicto cognoscitivo que se presentó en la actividad anterior, los alumnos realizaron este experimento y efectivamente el resultado fue que la botella flota en el agua salada (ver Figura 4) y al cortar un trozo de la botella y colocarlo en el agua, ésta se hundió (ver Figura 5). El análisis de este resultado partió de la idea de que la densidad del material no cambia, así que este concepto se convirtió en insuficiente para explicar el resultado y tuvieron que recurrir al Principio de Arquímedes que considera la fuerza de empuje vertical y con ello justificar que muchos plásticos que contaminan los cuerpos de agua flotan y que de alguna manera esta cualidad puede ser aprovechada para retirarlos con más facilidad.



Figura 4. Botella de PET que flota en agua salada.



Figura 5. Trozo de botella de PET que se hunde en agua salada.

En la siguiente dirección web se puede conocer el video y el resultado del experimento:

<https://www.youtube.com/watch?v=TGuyEiN8Mpc>.

4. **Corrientes marinas.** Los alumnos identificaron que el agua caliente que pintaron se movía hacia la parte de arriba del recipiente y el agua fría, cercana al hielo que pintaron de azul, se desplazó hacia el fondo del recipiente. De esta manera, se logran corrientes de agua por diferencias de temperatura y densidad, dichas corrientes marinas ocasionan que la basura se concentre y eventualmente se forme una “isla de plástico” como se puede observar en el prototipo que construyeron los alumnos en la Figura 6. En este punto, a manera



Figura 6. Isla de plásticos que se formó ante las corrientes de agua fría y caliente.

de conflicto cognitivo, se les mencionó que las islas de plástico se conforman de manera horizontal y no vertical. Con lo anterior, se les preguntó si este experimento explicaba a cabalidad el fenómeno o se requería de mayor investigación al respecto. Aquí, lo que se pretendió es que con los trabajos experimentales caseros, el alumno desarrollara habilidades como la argumentación y la contraargumentación.

En la siguiente dirección web se puede conocer el video y el resultado del experimento:

<https://youtu.be/pWAOz9rGIL4>

Los alumnos presentaron su trabajo y obtuvieron un merecido segundo lugar, pero lo más importante es que con experimentos sencillos y caseros pudieron construir una explicación para un problema ambiental. En la reflexión señalaron que, si bien, las “islas de plástico” son un problema, el hecho de que un número importante de plásticos floten y se acumulen, facilita que se retiren de los cuerpos de agua. Al mismo tiempo, hicieron algunas propuestas de solución encaminadas a disminuir el uso de plásticos o reciclarlos para darles un uso diferente. El documento que construyeron los alumnos se puede consultar en la siguiente dirección electrónica:

Escenario 1

Aplicación del conocimiento científico para explicar la formación de las islas de plástico

OBJETIVOS

- Comprender como la ciencia y tecnología de la industria de los plásticos ha impactado a la sociedad y ambiente. Esto, mediante el desarrollo de actividades experimentales, las cuales contemplen conceptos tales como densidad, transmisión de calor, entre otros con el fin de fomentar el pensamiento científico en los estudiantes del bachillerato.
- Explicar la formación de las islas de basura en los océanos mediante la realización de experimentos con materiales caseros con el fin de promover una cultura científica en los estudiantes, la cual los lleve a ser ciudadanos responsables y comprometidos con su ambiente.

Figura 7. Pantalla de presentación en Moodle para el Escenario 1.

Aplicación del conocimiento científico para explicar la formación de las islas de plástico

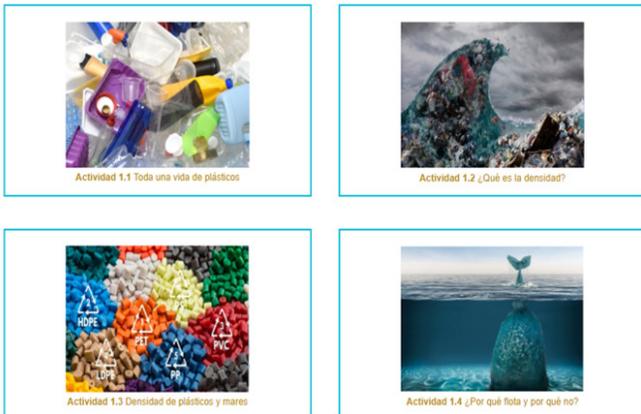


Figura 8. Panel de actividades en Moodle del Escenario 1.

<https://bit.ly/3z9z1u1>

LA PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta que presentamos se originó para mostrar que no se necesita del diseño de experimentos complejos; uno sencillo puede lograr que los alumnos construyan aprendizajes, si como docentes los acompañamos en el análisis de los resultados. Los experimentos sencillos y caseros son la mejor alternativa para épocas complicadas como las que vivimos durante la pandemia. La secuencia didáctica se alojó en un Aula Virtual de la plataforma Moodle CUAIEED-UNAM (Figuras 7 y 8), de esta manera responde a las necesidades de los docentes durante una enseñanza experimental mediada por tecnologías.

A continuación, se muestran las instrucciones por si algún lector quiere acceder al Moodle donde se encuentran los cinco escenarios didácticos que abordan alguna temática relacionada a las Ciencias de la Tierra:

1. Enviar un correo a quimica.teo@gmail.com
2. Indicar como asunto "Ingresar a Moodle" y en el cuerpo del correo indicar nombre completo, dirección electrónica y centro de adscripción.
3. En breve se enviará a su dirección electrónica la URL, clave y usuario para tener acceso al curso en Moodle.

CONCLUSIONES

Se diseñó un escenario de aprendizaje experimental en una Aula Virtual de la plataforma Moodle CUAIEED-UNAM para diseñar e innovar escenarios de aprendizajes acordes a las necesidades de las Ciencias Naturales.

Se utilizó el ejemplo de las islas de plástico para explicar los conceptos densidad, flotabilidad, Principio de Arquímedes, transmisión de calor, convección y en menor medida corrientes marinas.

Se proponen cuatro experimentos: 1) Columna de líquidos, 2) ¿Cuál es la densidad de algunos plásticos? 3) ¿Por qué no flota y después sí? y 4) Corrientes marinas. Estos experimentos pueden ser llevados a cabo en un ambiente casero, con materiales de uso cotidiano.

Se demostró que estos experimentos bien dirigidos fueron igual de efectivos que los que se han realizado en años pasados en los

laboratorios escolares.

Los estudiantes practicaron la argumentación, la contraargumentación, proponer hipótesis, plantear preguntas, predecir y proponer soluciones a un problema.

El escenario 1 arrojó buenos resultados una vez que se puso en práctica por los alumnos, la evidencia es que el trabajo descrito en este artículo fue reconocido con un segundo lugar en el XXIX Concurso Universitario Feria de las Ciencias, la Tecnología y la Innovación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los alumnos: Vanesa Herrera Cabrera, Gabriela Altamirano Carmona, Diana López Aldape, María Fernanda Lugo Zamora y Carlos Yael Martínez Chavez. Esta propuesta se desarrolló dentro del Diplomado "Enseñanza de Ciencias de la Tierra" del Centro de Geociencias de la UNAM.

REFERENCIAS

- Colegio de Ciencias y Humanidades (2016). Programa de Estudio. Área de Ciencias Experimentales, química I y II. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Ciudad de México.
- Enneking, K. M., Breitenstein, G. R., Coleman, A. F., Reeves, J. H., Wang, y., y Grove, N. P. (2019). The Evaluation of a Hybrid, General Chemistry Laboratory Curriculum: Impact on Students' Cognitive, Affective, and Psychomotor Learning. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1058-1067.
- Escuela Nacional Preparatoria (2018). Programa de Estudio de Química IV, area 1. Escuela Nacional Preparatoria. Ciudad de México.
- Parker, L. (2018). Lo hicimos. Dependemos de él. Nos ahogamos en él. Plástico. *Revista National Geographic*. Recuperado el 1 de abril de 2022 de <https://reader.magzter.com/preview/5mfsujh7tn4odysegx6nyp2813790/281379#page/1>.
- UNESCO. (2007). Del aula a la agenda política. Incorporación de las TIC en el Proceso de Enseñanza Aprendizaje. UNESCO Biblioteca Digital. Recuperado el 5 de abril de 2022 de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000182434>

Manuscrito recibido: 25 de abril de 2022

Manuscrito corregido recibido: 16 de mayo de 2022

Manuscrito aceptado: 20 de mayo 2022



Estudiantes ganadores del segundo lugar en el XXIX Concurso Universitario Feria de las Ciencias, la Tecnología y la Innovación.