



Facultad de Educación
Departamento de Pedagogía Media y Didácticas Específicas
Carrera de Pedagogía Para Profesionales
Especialidad Biología

**Desarrollo de habilidades científicas a través del ABP:
Una propuesta desde la biotecnología y la economía circular**

Conducente al título de Profesora de Educación Media en Biología

Marjorie Rios Rojas

Didacta: Pamela Medina Herrera

Santiago de Chile, 2024

Desarrollo de habilidades científicas a través del ABP:

Una propuesta desde la biotecnología y la economía circular

Marjorie Rios Rojas

Resumen

Este artículo tiene como objetivo dar a conocer el proceso de diseño e implementación de una secuencia didáctica realizada en la asignatura de Biología celular y molecular en un establecimiento particular subvencionado de Chile. A partir de un diagnóstico preliminar, se detectó que el nivel de desarrollo de las habilidades científicas era precario. Por lo tanto, se trabajó una unidad didáctica desde un enfoque competencial para proponer una solución frente a la problemática de la gran cantidad de residuos generados en la escuela. La propuesta se enmarcó en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la cual se trabajó en equipos, desarrollando actividades orientadas a desarrollar y fortalecer las habilidades científicas. Entre los principales resultados de la implementación, se evidenció el desarrollo de las habilidades científicas de formular preguntas investigables, diseñar y planificar una investigación y comunicar. Además, se determinó que el 92,9% de los equipos lograron desarrollar satisfactoriamente la competencia científica global esperada, demostrando ser capaces de utilizar los conocimientos adquiridos para proponer e implementar una iniciativa sostenible para la gestión de los residuos en su escuela, asumiendo un rol transformador dentro de su comunidad educativa. Sin embargo, no hubo evidencias de logro de alfabetización científica crítica por parte del estudiantado, por lo cual se proponen acciones de mejora para la propuesta didáctica.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, habilidades científicas, alfabetización científica crítica, desarrollo sostenible.

Introducción

En el mundo actual, donde el conocimiento científico está al alcance de todos, existen artículos científicos de libre acceso, videos en plataformas de uso masivo y bases de datos de todo tipo. Esto, lleva a preguntarnos cuál es el rol de los docentes en la formación científica de los estudiantes. Al respecto, Vilches (2004) entrega algunas luces de la principal misión de los docentes en la actualidad, al relevar que "la ciencia puede ofrecer, a la futura ciudadanía en formación, un marco de análisis e interpretación de la realidad que le permita actuar para construir un mundo más justo socialmente y más sostenible ecológicamente" (p.1). Por lo tanto, si el propósito es conocer para actuar y transformar el mundo, las y los docentes serían las y los encargados de guiar este proceso.

En este marco, la tarea docente es seleccionar cuidadosamente aquellas estrategias que ayuden a cumplir este objetivo. Para ello debemos realizar una revisión pedagógica, didáctica y disciplinar que nos permita diseñar secuencias didácticas planteadas con una base sólida para fomentar las acciones del estudiantado.

En sintonía con esta labor, el presente artículo busca describir el proceso de diseño e implementación de una secuencia de once clases desarrolladas en las secciones I, II y III de la asignatura de Biología celular y molecular, en un colegio particular subvencionado de Chile.

La secuencia didáctica se enmarca en el Objetivo de Aprendizaje número 7 de Biología celular y molecular, presente en las Bases Curriculares de 2019, que está relacionada con el análisis de diversas aplicaciones

de la biotecnología. En esta propuesta, se centrará específicamente en el uso de aplicaciones biotecnológicas en el ámbito medioambiental. Para su desarrollo, se partió de una problemática real identificada en la escuela: la generación diaria de grandes cantidades de residuos, lo que causaba un impacto negativo en el medioambiente. La propuesta se estructuró bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), para fomentar el trabajo en equipos y el desarrollo de actividades orientadas a fortalecer las habilidades científicas de los estudiantes.

Respecto a la estructura de este artículo, al inicio se presenta un diagnóstico institucional de la escuela y un diagnóstico pedagógico sobre los grupos de estudiantes de la sección I, II y III de Biología celular y molecular. En este apartado es posible identificar las principales características de la cultura escolar de la institución y la relación entre los estudiantes y docente-estudiantes. En este punto, es posible identificar un obstáculo para el aprendizaje relacionado con un bajo nivel de desarrollo de las habilidades científicas.

A continuación, se describen los referentes teóricos que fundamentan el diseño de la secuencia didáctica y se consideran las dimensiones: pedagógica, didáctica y disciplinar. Luego, se muestra una descripción general de las clases de la secuencia didáctica que responde a un enfoque de diseño competencial. Además, se indica la relación de los elementos de la secuencia con cada uno de los referentes teóricos.

Finalmente, se presentan evidencias de los aprendizajes logrados por las y los estudiantes a partir de resultados obtenidos a partir de actividades de clase e instancias evaluativas en las que participaron. A modo de cierre, se realiza una reflexión enfocada a presentar una propuesta de mejora para la unidad didáctica considerando los desafíos detectados durante su implementación.

Diagnóstico de la institución y del curso

Diagnóstico institucional

La presente unidad didáctica se implementa en un colegio localizado en la comuna de La Florida, Chile. Esta institución se fundó en el año 1996 y actualmente posee una matrícula total de 1258 estudiantes provenientes de familias de clase media. Es un establecimiento particular subvencionado y ofrece enseñanza desde los niveles de pre-Kínder a 4° medio. Es un colegio laico-católico que surge con el propósito de ser un agente evangelizador de la Iglesia Católica. En el año 1998, el colegio fue acogido por el Arzobispado como colegio de Iglesia y en ese mismo año se crea la Pastoral y se establece como parte de la organización institucional del colegio. Dentro de los hitos destacables, el año 2003 el colegio hace ingreso a la Jornada Escolar Completa y durante el año 2006 se actualiza por primera vez el *Proyecto Educativo Institucional* (PEI).

El estilo educativo del colegio se basa en enseñar bajo la disciplina, la exigencia y el rigor académico pero enmarcado en relaciones de afectividad y comunicación efectiva. La misión del colegio es propiciar la formación valórica de sus estudiantes, facilitando el aprendizaje permanente, orientando los procesos, prácticas pedagógicas y de convivencia hacia el mejoramiento educativo, dando respuesta a una propuesta educativa de calidad. Por ello, se fomenta una formación espiritual basada en los valores cristianos y la excelencia académica a través del desarrollo de las potencialidades individuales. La visión de la institución, por su parte, se resume en el lema “educar para la vida”. Se aspira llegar a ser una comunidad educativa referente en la comuna, en la que no solo se logren los objetivos académicos trazados, sino que, además sus estudiantes adquieran la formación necesaria para transformarse un aporte significativo para la comunidad.

Tanto el estilo educativo y la visión del establecimiento se enfocan en los logros y el rigor académico, destacando una mirada de la enseñanza altamente vinculada a los resultados académicos y evaluación de

contenidos, por sobre el desarrollo de actitudes y habilidades. Asimismo, se declara en el Manual de procedimientos evaluativos de la institución que las evaluaciones poseen un régimen semestral, en que al finalizar se realizará un Prueba de Cobertura Final con el objetivo de cautelar el cumplimiento de los objetivos curriculares declarados en las planificaciones de los docentes. Además, se menciona que adicionalmente se dispondrá de evaluaciones externas para monitorear los aprendizajes, que podrán ser equivalentes hasta un 20% de una nota. Las directrices institucionales reflejan una cultura escolar centrada en los resultados académicos y las evaluaciones sumativas, mostrando desconfianza en los instrumentos creados por los docentes, ya que se deben aplicar evaluaciones externas a pesar de contar con un instrumento interno para medir los avances de los estudiantes. No obstante, se destaca que existe libertad para que las y los docentes diseñen las estrategias y herramientas de evaluación, lo que permite a los profesores diversificar sus instrumentos evaluativos e incorporar nuevas estrategias.

Sobre el trabajo en ciencias naturales, cabe destacar que no existe una cultura de trabajo por departamentos en la institución y tampoco se declara en el Proyecto Educativo institucional. Las y los profesores se reúnen por afinidad en los espacios laborales del establecimiento. Las planificaciones son realizadas por las y los docentes con mayor carga laboral en cada nivel, aunque la enseñanza sea compartida con otros y otras docentes en dicho nivel. Por lo tanto, el trabajo colaborativo no es una actitud profesional primordial en la cultura escolar del establecimiento.

El modelo pedagógico del PEI es cognitivo, donde el profesor facilita el aprendizaje y el estudiante desarrolla habilidades de forma individual. Sin embargo, los docentes más recientes incorporan el enfoque constructivista, en el cual el estudiante es el centro y el profesor actúa como guía. Esta diferencia influye en la enseñanza de las ciencias naturales, con algunos docentes utilizando estrategias tradicionales y otros adoptando enfoques constructivistas. Mientras en la educación básica predomina el modelo cognitivo, en la enseñanza media se transita hacia el constructivista, especialmente en Biología, Física y Ciencias para la Ciudadanía.

Diagnóstico pedagógico - didáctico

La implementación de la unidad didáctica se lleva a cabo en los niveles de III° y IV° medios asistentes a las secciones I, II y III del electivo de Biología celular y molecular durante el año 2024. El promedio de edad del estudiantado es entre 16 y 18 años, solo hay un estudiante de nacionalidad venezolana y el resto del alumnado posee nacionalidad chilena. Considerando la información presente en la plataforma de libro digital Syscol, se cuenta con la presencia de un total de 103 estudiantes cuyas características generales se presentan en la Tabla 1.

Con una técnica de observación participante, mediante el uso de un diario de campo y la aplicación de una encuesta como instrumentos específicos, ambos procedimientos propios de la investigación educativa cualitativa (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018), se logra caracterizar la forma de relación entre estudiantes como una interacción respetuosa, inclusiva y participativa, en términos generales. En los registros se puede observar que existe un ambiente donde las y los estudiantes se sienten con confianza para participar en las clases (ver Anexo 1). Sin embargo, algunos de ellos y ellas piensan que podrían participar más, pero esto implica que se debe realizar un trabajo personal y en conjunto con la docente para poder lograrlo (ver Anexo 2-A). Al utilizar el mismo procedimiento de recogida de información, se lograron recopilar datos sobre la relación entre la profesora y el estudiantado (ver Anexo 2-B). Estas interacciones pueden describirse como respetuosas de manera bidireccional y que propician el aprendizaje de las y los estudiantes.

Tabla 1.

Caracterización de estudiantes de las secciones I, II y III de Biología celular y molecular

Características de estudiantes	Sección 1		Sección 2		Sección 3	
	cantidad	porcentaje	cantidad	porcentaje	cantidad	porcentaje
Sexo femenino	24	63,16 %	17	51,52 %	14	42,42 %
Sexo masculino	14	36,84 %	16	48,48 %	19	57,58 %
III° medio	17	44,74 %	18	54,54 %	20	60,60 %
IV° medio	21	55,26 %	15	45,46 %	13	39,40 %
Total	38	100 %	33	100 %	33	100 %

Durante las clases realizadas en el primer semestre de 2024 fue posible advertir algunos problemas específicos para identificar habilidades científicas. En efecto, es posible identificar esta problemática mediante evidencias de campo (ver Anexo 3), tras analizar las respuestas sobre una guía en que se exponen distintas situaciones del quehacer científico y se espera que los estudiantes logren identificar qué habilidad científica está presente en cada uno de los casos. Esta información es presentada en la tabla n°2, que considera el análisis muestral de 10 casos analizados de forma aleatoria.

Las habilidades científicas corresponden a competencias o capacidades que permiten regular una actividad racional con el objetivo de definir un problema y solucionarlo mediante un proceso de investigación científica (Vargas y Morales, 2020). Al analizar este fenómeno, se pudo advertir que las y los estudiantes han tenido pocas instancias para su conocimiento y aplicación en los niveles de enseñanza previos. A pesar de que las habilidades científicas aparecen en las Bases Curriculares de primero a sexto básico (Ministerio de Educación - República de Chile, 2018) y también en las Bases Curriculares de 7° básico a 2° medio (Ministerio de Educación - República de Chile, 2015), es posible que no se hayan trabajado de forma clara ni con un nivel de profundidad mayor que permita que las y los estudiantes sean capaces de reconocerlas completamente. En el caso del electivo de Biología celular y molecular, se abre nuevamente un espacio para retomar estas habilidades y trabajarlas junto a las y los estudiantes. Si se revisan las Bases Curriculares de 3° y 4° medio, se menciona de forma explícita que se pretende que los estudiantes “desarrollen habilidades científicas como analizar, investigar, experimentar, comunicar y formular explicaciones con argumentos” (Ministerio de Educación - República de Chile, 2019, p.182).

Tabla 2.

Análisis sobre la identificación de habilidades científicas por parte de estudiantes de las secciones I, II y III de Biología celular y molecular

Habilidad científica	Análisis de las respuestas del estudiantado
Observación	Se observa que una parte del estudiantado reconoce la habilidad científica, pero solo la asocia con el uso de los sentidos y la descripción de situaciones, sin especificar qué sentidos se emplean (ver Anexo 3 - Documento J). Además, algunos la confunden con la formulación de predicciones, ya que la relacionan con una afirmación sobre algo que sucederá, sin comprender su vínculo con las hipótesis. Según Harlen (2003), esta habilidad es una actividad mental que implica no solo la respuesta sensorial, sino también la capacidad de establecer semejanzas y diferencias entre objetos de estudio, enfocándose en los detalles y seleccionando la información relevante para un propósito determinado.
Formulación de hipótesis	En general, es una habilidad identificada correctamente por el estudiantado. Destacan que brinda posibles explicaciones frente a una pregunta de investigación y se basa en conocimientos previos. En efecto, Furman (2009) señala que las hipótesis son explicaciones de un fenómeno (respuestas a preguntas investigables), basadas en los conocimientos previos, pero también en la lógica y la imaginación.
Formulación de predicciones	Se observa que una parte significativa del estudiantado puede identificar una predicción, pero solo un equipo establece la relación adecuada con la hipótesis (ver Anexo 3 - Documento H). En la mayoría de los casos, los estudiantes solo asocian la predicción con un evento futuro sin vincularlo con la hipótesis. Según Furman (2009), una predicción implica imaginar lo que ocurriría si las hipótesis fueran correctas o incorrectas, y aunque pensar en el futuro es importante, sin esa conexión con la hipótesis no se trata de una verdadera predicción. Además, un equipo confunde la predicción con la observación al referirse a una "comparación", cuando en realidad la relación debería ser causal (ver Anexo 3 - Documento J).
Planificación e investigación	En general, es una habilidad identificada correctamente por el estudiantado. Hacen énfasis en el paso a paso y en el orden que este implica dentro de una investigación. Sin embargo, según lo plantea Furman (2009), estas competencias permiten comprender las razones detrás del proceso de una investigación, identificando las variables involucradas, asignando tareas relacionadas, ejecutándolas y registrando resultados. Desde esta perspectiva, las y los estudiantes no mencionan las variables, lo que sugiere la necesidad de un mayor enfoque y trabajo en este aspecto.
Derivación de conclusiones	En general, es una habilidad identificada correctamente por el estudiantado, con algunas imprecisiones. Destacan que se confirma un hecho en base a datos derivados de una investigación. Sin embargo, un equipo no brinda justificación de su elección (ver Anexo 3 - Documento G). Harlen (2003) plantea que extraer conclusiones supone reunir distinta información de un tema con la finalidad de deducir algo sobre ella. Sin embargo, es importante destacar que no es posible "confirmar un hecho" a partir de pruebas limitadas, por lo que este autor menciona la importancia de ser críticos y justificar las

	conclusiones apoyándose en evidencia.
Comunicación	<p>En general, es una habilidad identificada correctamente por el estudiantado, destacando el hecho de que existe una información que es transmitida a otros.</p> <p>No obstante, existe una amplia variedad de explicaciones sobre sus elecciones, planteando que en el caso presentado se transmiten: “problemas”, “ideas”, “mensajes” y “algo” (ver Anexo 3). Además, un equipo no brinda justificación de su elección (ver Anexo 3 - Documento G).</p> <p>Para Harlen (2003), y tal como menciona el estudiantado, esta habilidad permite compartir ideas, estimular el interés, realizar preguntas y exponer explicaciones. No obstante, el autor indica que la comunicación no solo constituye la extensión del pensamiento al exterior, sino que tiene un rol sumamente relevante en la recomposición del pensamiento, ya que permite mejorar su comprensión sobre un tema.</p>

Al contrastar las evidencias con bibliografía especializada, se identifica que existen problemas en el trabajo de aula respecto a las habilidades científicas, siendo crucial superar una lectura superficial de las mismas y contextualizarlas. Es fundamental que docentes y estudiantes avancen hacia una educación en contexto, que fomente la curiosidad y la problematización, evitando un aprendizaje dogmático (Vargas y Morales, 2020). El desafío radica en profundizar en el desarrollo de estas habilidades para lograr una comprensión más completa del mundo, lo que requiere alcanzar un nivel de alfabetización científica superior (Guerrero y Torres-Olave, 2021). Este desafío fue también señalado por Di Mauro et al. (2015) en estudiantes de primaria, quienes destacaron la importancia de los primeros años en el desarrollo del pensamiento científico. Sin embargo, según mediciones de la OCDE y la UNESCO, el objetivo de desarrollar habilidades científicas en los estudiantes aún está lejos de ser alcanzado, lo que requiere replantear la enseñanza de las ciencias a lo largo del sistema educativo. Un resultado preocupante es que el 35,3% de los estudiantes de 15 años en Chile no ha logrado desarrollar las competencias científicas mínimas (Agencia de la Calidad de la Educación, 2019).

Tras lo expuesto a modo de contextualización, al considerar las evidencias de campo y las teóricas, es posible afirmar que existe un problema en el desarrollo de las habilidades científicas en las y los estudiantes de las secciones I, II y III de Biología celular y molecular (III° y IV° medio).

Una de las causas más profundas de este problema son los cambios que han existido en las reformas de las Bases Curriculares de Chile en los últimos años. En un período muy acotado de tiempo las orientaciones sobre alfabetización científica han cambiado profundamente, promoviendo diferentes visiones de educación científica. Si se revisan las Bases Curriculares del año 2015, es posible observar que se hace énfasis en que cada estudiante debe comprender las leyes y teorías que explican mejor los fenómenos naturales. No obstante, en el 2019 se plantean nuevas Bases Curriculares para III° y IV° medios en Chile, que promueven una nueva visión de educación científica, lo que evidencia algunas posibilidades de un cambio de paradigma. En ellas se hace referencia de manera implícita a un nivel de alfabetización científica crítica (visión III) (Guerrero y Torres-Olave, 2021), sin embargo, esta aún no se declara de manera evidente.

Recién en junio de 2024 se publicó una propuesta de Actualización Curricular en los niveles de 1° básico a 2° medio que fue sometida a consulta pública. En esta, es posible observar que por primera vez se menciona de forma explícita que en ciencias naturales el principal propósito es la alfabetización científica crítica, y así fortalece la “promoción de una conciencia crítica que impulse comprensiones y usos de la ciencia escolar que aporten a la transformación de la sociedad y al cuidado ambiental” (Ministerio de Educación - Gobierno de Chile, 2024, p.92). Por lo tanto, por primera vez en Chile, las Bases Curriculares

declaran el uso de la ciencia para la transformación social. El hecho de que esta actualización en las Bases Curriculares sea tan reciente, no ha permitido que todas y todos los docentes actualicen sus propuestas didácticas, al considerar una nueva visión sobre la alfabetización científica, más crítica y emancipatoria.

Estos cambios en las visiones de alfabetización científica provocan diversas consecuencias en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. En el caso del profesorado, Vargas y Morales (2021) han investigado las distintas percepciones en torno a las habilidades científicas en docentes chilenos y determinaron que, de un total de 82 docentes, solo un 56% piensa que la adquisición de habilidades científicas orienta la formación de un ciudadano con capacidad de discernir y participar en decisiones públicas. Esto podría llevar a que algunos docentes planifiquen e implementen clases sin priorizar adecuadamente estas habilidades.

Al considerar este problema en la didáctica de las ciencias, algunos investigadores e investigadoras han comenzado a indagar sobre maneras para poder evaluar el desarrollo de las habilidades científicas en el estudiantado. Goytia et al. (2015) proponen la incorporación de preguntas en formato de indagación en exámenes para poder evaluar la adquisición de distintas habilidades científicas. En esta misma línea, las investigadoras chilenas Pérez y Castañeda (2023) publicaron el proceso de diseño y validación de tres test para evaluar el nivel de desarrollo de habilidades científicas de: observación, comunicación y formulación de hipótesis en estudiantes entre 5 y 6 años de edad. Estos avances podrían ser de gran utilidad para la investigación de las habilidades científicas durante la educación inicial con la finalidad de proyectar nuevos diseños didácticos en los siguientes niveles de la enseñanza escolar formal.

Para potenciar las habilidades científicas de los estudiantes de III° y IV° medio del electivo de Biología celular y molecular, se propone diseñar una unidad didáctica competencial centrada en su desarrollo. Esta secuencia didáctica se implementará en las secciones I, II y III durante el segundo semestre de 2024, y se evaluará el progreso en el desarrollo de las habilidades científicas de los estudiantes tras su implementación.

La secuencia didáctica implementada sigue un enfoque cualitativo, permitiendo comprender el desarrollo de las habilidades científicas desde la perspectiva del docente (quien también actúa como investigador) y los estudiantes, inmersos en el contexto de estudio. Considera evidencia teórica y de campo para fomentar competencias científicas, y promueve un constante diálogo entre experiencia, acción y resultados de la investigación didáctica, generando resultados contextualizados (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). En general, responde a un modelo de investigación basada en diseño, cuyo propósito es evaluar el impacto de la secuencia didáctica en el desarrollo de habilidades científicas en el contexto de la asignatura de Biología celular y molecular. Además de mejorar el aprendizaje del estudiantado, como investigación basada en diseño, pretende desarrollar teoría que pudiera ser utilizada como una herramienta para la didáctica de la Biología en el contexto de enseñanza-aprendizaje (Esterday et al., 2018).

En síntesis, la importancia de esta propuesta didáctica tiene su fundamento en tres dimensiones: normativa, teórica y de campo. En cuanto a lo normativo, se espera que la propuesta sea un aporte al campo de las Ciencias Naturales en el establecimiento educativo, alineándose con la visión declarada en el Proyecto Educativo Institucional del establecimiento: “educar para la vida”.

Desde una perspectiva teórica, la propuesta didáctica es relevante porque permite investigar el impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos en el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes de III° y IV° medio, en una asignatura diferenciada. Dado que la enseñanza de Biología celular y molecular es incipiente en Chile, estos estudios podrían ser útiles para formar futuros docentes de ciencias, compartiendo propuestas que empoderen a los estudiantes para transformar su entorno (Figueroa et al., 2020). De esta

manera, se propone avanzar hacia una visión III (visión crítica) de alfabetización científica crítica de las y los estudiantes (Guerrero y Torres-Olave, 2021).

Finalmente, la propuesta fomenta el pensamiento científico crítico, el trabajo colaborativo y la toma de decisiones informadas sobre la problemática de la contaminación en la escuela, proponiendo soluciones sostenibles basadas en biotecnología y economía circular.

Referentes teóricos de la unidad didáctica

Fundamentación teórica pedagógica

Al considerar que el objetivo de la secuencia didáctica planteada es el desarrollo de las habilidades científicas de las y los estudiantes, existen dos pilares pedagógicos que fundamentan su diseño: el socioconstructivismo y el aprendizaje significativo.

El constructivismo es una propuesta filosófica y psicológica que tiene como premisa que las personas construyen de forma activa lo que aprenden y resalta que las interacciones entre las personas y las situaciones permiten perfeccionar habilidades y conocimientos (Shunk, 2012). Una de las corrientes que se enmarca en esta propuesta es el socioconstructivismo, que es una teoría del aprendizaje que se basa en los planteamientos del psicólogo Lev Vygotsky. Él propone que, en primera instancia, el conocimiento se construye en un contexto social y que luego es internalizado por los individuos a partir del lenguaje. Vygotsky plantea el principio de la *zona de desarrollo próximo* que significa que en el aprendizaje existe un proceso continuo donde quienes saben más promueven en el aprendiz la transición del conocimiento a un nivel superior, producto de las interacciones que se producen entre ellos (Tirado, 2021).

Respecto a la zona de desarrollo próximo, Vygotsky propone que existen 2 niveles evolutivos. En primera instancia un nivel evolutivo real, que comprende todas las actividades que un niño puede desarrollar por sí mismo, lo que es indicativo de sus capacidades mentales. Sin embargo, plantea que si se le ofrece ayuda o se le muestra cómo resolver un problema y este es capaz de solucionarlo, alcanza un nivel de desarrollo potencial. (Vygotsky et al., 1979, como se citó en Carrera y Mazarella, 2001). Por lo tanto, aquí radica la importancia de la orientación entregada por las y los docentes y el estudiantado en las aulas. Un estudiante en particular, bajo la orientación de su profesor o profesora y estableciendo conexiones con sus pares puede lograr avances significativos en su aprendizaje.

Además, es importante destacar que se espera que se produzca un proceso de aprendizaje significativo. Para Ausubel, el aprendizaje significativo corresponde a un proceso en que una persona relaciona un nuevo contenido o información con una estructura cognitiva ya existente. Esta estructura previa está jerarquizada, pero al interactuar con la nueva información, ambas se transforman provocando que existan estructuras cognitivas más elaboradas y diferenciadas. Este proceso de transformación es gradual y requiere de tiempo para establecerse. En primera instancia se produce una “diferenciación progresiva” en que los nuevos contenidos se incorporan por repetición sucesiva, subordinados a una estructura ya existente que les incluye. Luego de existir varios conceptos subordinados a una estructura preexistente, se produce la generación de una estructura supraordinaria que incluye a todas las anteriores, proceso denominado como “reconciliación integradora”. (Ausubel et al., 1989, como se citó en Contreras, 2016).

En efecto, según Coll et al. (2007) el aprendizaje no es copiar ni reproducir la realidad, sino que se construye cuando se crea una representación personal de la realidad. Para poder lograrlo, los estudiantes se aproximan al conocimiento desde sus propias experiencias personales, motivaciones y conocimientos previos. Estas experiencias personales se enriquecen mediante la vinculación con sus pares y el docente, lo que genera modificaciones en la forma de comprender el mundo.

Según Marín (2014), existen dos líneas maestras para enseñar en ciencias naturales en el marco del constructivismo: una de ellas es *recontextualizar* y la otra es *resignificar*. Cuando se habla de

recontextualizar se hace referencia a presentar el contenido de ciencias en un contexto práctico que permita darle un sentido adecuado a través de mecánicas de conflicto cognitivo y de reequilibración. En el caso de la resignificación, se requiere compartir significados en grupos de trabajo (intragrupo) y buscar consensos a través de debates entre grupos (intergrupo) a través de mecánicas reflexivas.

Otro de los aspectos mencionados por Ausubel es que para que el aprendizaje sea realmente significativo se requieren 3 pilares fundamentales durante el proceso: materiales y recursos conceptualmente transparentes, una actitud o disposición por parte del estudiantado a aprender significativamente y una estructura cognitiva adecuada en que los conceptos ya existentes permitan establecer relaciones no arbitrarias con los nuevos conceptos. (Ausubel et al, 1983, como se citó en Peley et al., 2007).

Las propuestas de Vygotsky y Ausubel se vinculan estrechamente con la teoría del cambio conceptual de Vosniadou, quien describe la modificación de las concepciones mentales como un proceso tanto cognitivo como social, que conlleva la reestructuración de las estructuras cognitivas iniciales. Este proceso es gradual y lento, ya que requiere el desprendimiento de presupuestos y creencias preexistentes, debido a la presencia de teorías implícitas resistentes al cambio, adquiridas a partir de experiencias previas a la instrucción (Vosniadou et al., 2003, como se citó en Raynaudo y Peralta, 2017). En línea con esta perspectiva, la investigadora mexicana Carranza (2017) identifica dos condiciones esenciales para lograr un aprendizaje significativo. Señala que el aprendizaje debe ser funcional, es decir, que permita a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos para resolver problemas en contextos diversos relacionados con su vida cotidiana. Además, este tipo de aprendizaje solo se alcanza cuando los estudiantes asumen un rol activo en el aula, al reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje y al desarrollar estrategias para enfrentar los desafíos que surjan.

En este sentido, el estilo de enseñanza que se propone se fundamenta en principios humanistas, que reconocen y valoran el potencial de cada estudiante, lo que promueve su crecimiento personal. La teoría humanista plantea que el aprendizaje es un proceso holístico que integra la conducta, los pensamientos y las emociones, por lo que se deben ofrecer diversas opciones y oportunidades para favorecer este desarrollo (Schunk, 2012).

Por lo tanto, la unidad didáctica se centra en promover un aprendizaje significativo mediante el trabajo colaborativo. Los estudiantes desarrollan un proyecto por etapas, proponiendo soluciones a una problemática de su entorno escolar, utilizando los conocimientos y habilidades científicas adquiridos en clase.

Fundamentación teórica didáctica

La unidad didáctica se basa en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que fomenta el trabajo colaborativo y el desarrollo de habilidades en los estudiantes. Esta metodología permite que los estudiantes trabajen durante un largo período para proponer soluciones a problemas reales y desafiantes, promoviendo la interdisciplinariedad. A través de diversas etapas, se busca crear un producto que se presentará públicamente. Además, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) tiene como foco formativo el desarrollo de competencias disciplinares, así como también habilidades del siglo XXI que corresponden a competencias necesarias para lograr un desarrollo y participación integral en el mundo actual (Ministerio de Educación - República de Chile, 2019).

No obstante, Majó y Baqueró (2014) resaltan que no existe una sola finalidad como se menciona anteriormente, sino que existen tres grandes finalidades al desarrollar un proyecto que se presentan a continuación:

- A. Dar respuesta o solución a una situación o problema.
- B. Investigar o evaluar un problema o tema complejo.
- C. Diseñar, elaborar o construir un producto.

Por lo tanto, la metodología ABP implica el desarrollo de diversos tipos de proyectos, dependiendo de su finalidad. Así también, en la literatura es posible hallar diferentes estrategias para llevar a cabo esta metodología, cada una de ellas con diferentes estructuras o fases. Según la ruta de aprendizaje propuesta por Fundación Chile (2021), se señala que existen 4 etapas:

1. Desafío: Los estudiantes se involucran con la problemática del proyecto, considerando una pregunta auténtica, significativa y motivadora.
2. Investigación: Los equipos de trabajo buscan una respuesta al problema planteado desde diversas fuentes, formulando hipótesis, investigando y levantando datos sobre el tema desafiante.
3. Creación de productos: Las y los estudiantes crean sus productos utilizando diversos soportes tales como informes, esquemas, obras de arte, afiches, entre otros.
4. Comunicación: Los equipos realizan una muestra pública para presentar sus productos y dar cuenta de sus aprendizajes.

El investigador español Domènech-Casal (2018) ha diseñado una propuesta más simplificada para desarrollar proyectos que consta de aprendizaje por instancias: comprender, decidir y actuar. En la instancia de comprender se propone el desarrollo de actividades que permitan que el estudiantado genere vínculos entre contextos y modelos científicos, al utilizar la ciencia para comprender y analizar la realidad. En una instancia intermedia de decidir, se promueve el desarrollo de actividades que capaciten al estudiantado a valorar consecuencias al considerar decisiones mediadas por el conocimiento científico y los valores personales. Finalmente, se propone una fase para actuar, en la que se insta a cada estudiante a actuar de forma individual y colectiva por medio del desarrollo de iniciativas vinculadas con la ciencia.

Por su parte, la UNICEF (2020) también ha creado una propuesta de orientaciones para la implementación del ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos). El esquema ABP consta de 7 fases:

1. Presentación del desafío: Se presenta el desafío del proyecto, debe estar vinculado con una problemática del mundo real. Debe ser una presentación estimulante.
2. Análisis de conocimiento previos y necesidades: Emergen los conocimientos previos de las y los estudiantes. El estudiantado detecta su propio punto de partida.
3. Planificación y organización: Se planifica la búsqueda de información y se establecen las acciones necesarias para completar tareas complejas.
4. Búsqueda y síntesis de información: Se investiga y se sintetizan nuevos conocimientos en línea con las necesidades del proyecto.
5. Elaboración de producto final: Se elabora una respuesta al desafío (ej: producto) suele tomar tiempo y es valioso que se desarrolle en clases, para contar con la orientación docente.
6. Presentación del producto final: Los equipos presentan sus producciones de forma pública y responden preguntas sobre su proyecto.
7. Metaprendizaje y evaluación: Esta fase está presente a lo largo de todo el proyecto, implica la reflexión constante sobre cómo mejorar y cuáles son los conocimientos y habilidades que se obtienen a través del desarrollo del proyecto.

Al considerar que esta última propuesta incorpora explícitamente la importancia de incluir las motivaciones del estudiantado y que fomenta una reflexión durante el proceso, es la estrategia utilizada

para el desarrollo de la unidad didáctica que se implementará en esta investigación en general. Aunque cabe destacar que entre la etapa 3 y 4 de la propuesta de la UNICEF, se incorpora explícitamente el paso “actuar” mencionado por la propuesta de Domènech-Casal al implementar una iniciativa vinculada con la ciencia para resolver una problemática del contexto escolar.

Según Furman (2009a), las habilidades o competencias científicas se pueden definir como un abanico de modos de conocer específicos de las ciencias naturales, de esta manera constituyen un puente para poder comprender y construir el conocimiento científico. Los currículos de diferentes países concuerdan en la existencia de una serie de competencias científicas básicas:

1. Observar y describir
2. Formular preguntas investigables
3. Formular hipótesis y predicciones
4. Diseño y realización de experimentos/investigaciones.
5. Formulación de explicaciones teóricas.
6. Comprensión de textos científicos y búsqueda de información.
7. Argumentación.
8. Comunicación (Harlen, 2003a).

Al considerar la metodología de trabajo ABP, la propuesta didáctica se enfocará esencialmente en el desarrollo de 3 habilidades científicas: formular preguntas investigables, diseñar y realizar investigaciones y comunicar.

Para mediar el desarrollo de estas habilidades, Furman (2009b) plantea que deben ser enseñadas de manera progresiva comenzando desde las más simples hacia las más complejas y comprender algunas características esenciales de cada una de ellas.

El desarrollo de estas habilidades científicas permite que las y los estudiantes adquieran aprendizajes de cómo se trabaja en ciencias y que estas competencias científicas puedan ayudarles a tomar decisiones y tomar acción en sus propias vidas. Esto es lo que se conoce como alfabetización científica, proceso mediante el cual los individuos son capaces de comprender la naturaleza del conocimiento científico, utilizan la ciencia para resolver problemas de su vida y comprenden que es parte de una empresa humana que impacta en distintos aspectos de la sociedad (Laugksch, 2000).

Existen diferentes visiones respecto a la alfabetización científica, dentro de las que se pueden desprender 3 niveles: la visión I se enfoca en el aprendizaje de conceptos y procesos científicos para su posterior aplicación, la visión II se basa en la comprensión del uso de la ciencia aplicada a contextos de la vida cotidiana y la visión III corresponde a un nivel de alfabetización científica crítica en que el aprendizaje científico es reflexivo y emancipatorio, lo que fomenta la acción transformadora de las personas respecto a la sociedad y el medioambiente (Sjöström y Eilks, 2018).

El objetivo de esta propuesta didáctica es promover el desarrollo de habilidades científicas a través de la visión III de alfabetización científica, fomentando que los estudiantes adquieran competencias científicas relevantes que les permitan tomar decisiones informadas y actuar de manera responsable dentro de la sociedad en la que participan.

Para mejorar la enseñanza de las ciencias, no solo es necesario fomentar el desarrollo de habilidades científicas mediante metodologías que promuevan la participación y la alfabetización crítica, sino también identificar las concepciones alternativas que los estudiantes puedan tener respecto al tema tratado durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Según Cuéllar (2009), estas concepciones alternativas son ideas sobre fenómenos científicos que difieren de los núcleos conceptuales establecidos de las ciencias

naturales. Son construidas por las personas a partir de su interacción cotidiana con el mundo y, aunque carecen de precisión conceptual, son ideas bastante estables y resistentes al cambio, dado que suelen ser compartidas entre individuos de diferentes edades, niveles de formación y contextos. Estas concepciones permiten a las personas comprender y dar sentido al mundo que los rodea. Cuéllar (2009) destaca que la relevancia de estas concepciones radica en que, si no son identificadas adecuadamente por los docentes, podrían limitar el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, si se abordan de manera adecuada, pueden servir como un puente para lograr aprendizajes más profundos y significativos.

Respecto a esta propuesta didáctica, el Objetivo de Aprendizaje (OA) que se desarrolla corresponde al OA7 Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales. Este objetivo es trabajado con un enfoque respecto a la sustentabilidad, al analizar propuestas actuales orientadas a mitigar los impactos nocivos de la actividad humana sobre el medioambiente a través de aplicaciones biotecnológicas. Algunas de las concepciones alternativas más comunes sobre los temas a trabajar en la presente unidad didáctica son los siguientes:

A) Todos los microorganismos son patógenos: El hecho de considerar a todos los microorganismos como dañinos para la salud es una concepción alternativa altamente extendida, muchos estudiantes desconocen la presencia de bacterias beneficiosas o inocuas en el cuerpo humano, no identifican la importancia de los microorganismos en procesos útiles para los seres humanos como las transformaciones alimentarias ni su importancia en el medioambiente a través de su participación en los ciclos biogeoquímicos (Marcos y Esteban, 2017). En un estudio realizado por Robredo y Torres (2021) se halló que un 63,19% de los estudiantes consideró que las bacterias son perjudiciales para otros seres vivos, un 58,79% manifestó que los virus son patógenos y sólo un 18,41% consideró que las levaduras son perjudiciales.

En la presente secuencia didáctica, se propone abordar esta concepción trabajando la investigación sobre herramientas biotecnológicas en que se utilizan los seres vivos para contribuir a mitigar los impactos del ser humano en el medioambiente, tales como la biorremediación y el compostaje.

B) El cambio climático es inevitable: Una de las concepciones alternativas sobre el cambio climático es que este proceso no puede evitarse. Lo cierto es que según Thomas Stocker (coordinador del International Panel for Climate Change, IPCC), las evidencias muestran que el cambio climático puede frenarse, pero para eso se requiere una drástica disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Al tener en cuenta varios modelos matemáticos, las proyecciones indican que, si las condiciones del planeta se mantienen, la temperatura media del planeta aumentará 4 grados centígrados en solo 100 años. Estos mismos modelos muestran que una reducción de las emisiones podría limitar estos cambios a niveles más manejables (Domènech-Casal, 2019).

Con el objetivo de transformar esta idea, en la secuencia didáctica se trabaja el desarrollo e implementación de iniciativas para mitigar los efectos del ser humano en el cambio climático al interior de la escuela, al considerar la importancia de los aportes tanto individuales como colectivos en el cuidado del medioambiente.

Fundamentación teórica disciplinar

Para comprender con mayor profundidad los temas que se desarrollarán en esta propuesta didáctica, se describirán los contenidos disciplinares que articulan el diseño de las clases.

El término biotecnología fue acuñado en 1917 por el ingeniero húngaro Karl Ekerly quien lo utilizó para referirse a todos los métodos utilizados para convertir materia prima en bienes, mediante el uso de organismos vivos, alguna de sus etapas o de sus productos. La biotecnología comprende un conjunto de

técnicas en que se manipulan células en microorganismos, hongos, plantas y animales para la producción de bienes y servicios en beneficio de diversas áreas tales como la alimentación, la farmacéutica, la química y el medioambiente. En esta última área destaca del tratamiento de residuos (urbanos, agrícolas e industriales), la biorremediación y producción de energía a partir de biomasa (De Erice y González, 2012a).

En relación con los aportes en la biotecnología en el área ambiental, esta podría ser un gran aporte para el desarrollo sustentable. La sustentabilidad se define como el conjunto de acciones que se enfocan en el cuidado del clima, suelo, aire, flora y fauna; tomando conciencia de que el cuidado de los ecosistemas es la vía que permitirá una mejor calidad de vida para todos los seres vivos. Según la Comisión Bruntland (1987), el desarrollo sustentable es “el desarrollo que asegura las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades”. Por lo tanto, implica que exista un crecimiento económico mediante el uso racional de los recursos naturales, el cuidado de los ecosistemas y la cobertura de las necesidades básicas de los seres humanos.

La comprensión de la importancia del desarrollo sustentable en la sociedad es fundamental si se consideran las actuales condiciones de nuestro planeta, esto debido a cambios drásticos que se están suscitando como consecuencia del impacto de la actividad humana. El clima en el planeta Tierra no ha sido el mismo a lo largo de la historia, pues han existido etapas muy cálidas o frías que han ido variando paulatinamente de forma natural. Sin embargo, en las últimas décadas los cambios que ha experimentado el planeta han sido abruptos en un breve tiempo, lo que genera un gran impacto en los ecosistemas. Todos estos cambios en el clima, como resultado de procesos naturales y del impacto de la actividad humana es lo que se conoce como cambio climático. En la actualidad, existen varias consecuencias de estos cambios radicales en el clima, tales como inundaciones frecuentes, sequías prolongadas, temporadas de huracanes, derretimiento de polos, desprendimiento de glaciares, cambio en la dirección de las corrientes marinas y pérdida de sincronía en los ecosistemas (De Erice y González, 2012b).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) durante el 2015 estableció la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, como una guía para la comunidad internacional con la finalidad de trabajar por lograr una sostenibilidad económica, social y ambiental. Para ello, se establecieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que constituyen un marco de referencia universal, transformador y civilizatorio para los 193 Estados miembro de la ONU. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, s.f.) En la presente unidad didáctica se trabajará el ODS N°12 Producción y consumo responsable, cuyo foco se centrará en:

- A. Lograr la gestión ecológicamente racional de los desechos y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.
- B. Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

El proceso de enseñanza- aprendizaje de los contenidos recién descritos y considerando el ODS seleccionado, es trabajado desde la perspectiva de la alfabetización científica crítica, que comprende que existen dos grandes oportunidades para el desarrollo integral para las y los estudiantes. La primera de ellas es que permite que el estudiantado desarrolle el pensamiento crítico, que sea capaz de incorporar nuevos aprendizajes que le permitan cuestionar la realidad y no asumir de manera pasiva las situaciones que ocurren a su alrededor. Cañal (2004) afirma que mejorar los procesos de alfabetización científica es imprescindible para promover el acceso a dinámicas personales y sociales menos propicias a la manipulación de las propias vidas y al logro de niveles más satisfactorios de autonomía intelectual, moral, de desarrollo personal y social. Esto les empodera y les permite que cuestionen su realidad y puedan decidir por sí mismos. En esta misma línea, la segunda gran oportunidad que ofrece la alfabetización científica en la educación es fomentar la participación informada en la toma de decisiones, lo que es de

suma importancia en el contexto actual de un mundo globalizado y en constante cambio. Así lo resaltan Gil y Vilches (2003), que mencionan que en la actualidad la participación ciudadana es un hecho positivo, al considerar que el desarrollo tecnocientífico puede tener implicancias para las personas y el medioambiente.

Esta tarea se hace aún más urgente y necesaria si miramos el panorama actual en la enseñanza de las ciencias en Latinoamérica. Tal como mencionan Guerrero et al. (2024), en los países latinoamericanos, la alfabetización científica está en transición, pasando de un enfoque técnico a uno de aplicación en la vida diaria. Sin embargo, no se fomenta una perspectiva socio-comunitaria que permita cuestionar el papel de la humanidad en la naturaleza. Es fundamental promover una alfabetización científica crítica que impulse la toma de decisiones basadas en valores de responsabilidad social y respeto por el medioambiente.

Se espera que la implementación de esta propuesta didáctica proporcione a los estudiantes las herramientas necesarias para desarrollar competencias científicas que les permitan opinar y proponer soluciones concretas al cambio climático, utilizando los conocimientos y aplicaciones actuales de la biotecnología y la economía circular.

Descripción de la secuencia didáctica

La presente unidad didáctica se diseña e implementa en los niveles de III° y IV° medios en la asignatura electiva de Biología celular y molecular, considerando como Objetivo de Aprendizaje OA07: Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales. (Ministerio de Educación - República de Chile, 2019, p.187).

Además, se trabaja con la asignatura de Lectura y escritura especializadas a través del desarrollo del OA01: Producir textos pertenecientes a diversos géneros discursivos académicos, en los cuales se gestione información recogida de distintas fuentes y se demuestre dominio especializado de un tema. (Ministerio de Educación - República de Chile, 2019, p.255).

Para la planificación de la unidad didáctica se utilizó la propuesta de Couso (2013), con el objetivo de promover el desarrollo de habilidades científicas. En la Tabla 3 se detallan las características generales de la unidad didáctica necesarias para lograr la competencia científica global, que busca que las y los estudiantes logren aplicar conocimiento en situaciones reales y relevantes.

Tabla 3.

Actuación, contexto, contenido conceptual y competencia científica global asociada a la unidad didáctica propuesta

Actuación	Contexto	Contenido Conceptual	Competencia científica global
- Reflexionar - Crear	La problemática de la gran cantidad de residuos generados en la escuela.	- Crisis climática. - Biotecnología. - Economía circular. - Estructura comunicativa de charla TED.	Reflexionar sobre el impacto que generan los residuos en el medioambiente y crear una propuesta de gestión de residuos en la escuela para ser presentada en un congreso escolar sobre educación ambiental.

En la tabla 4 se describe la progresión del aprendizaje, al considerar los conocimientos y la demanda cognitiva. Además, se detallan los objetivos y las actividades de clase propuestas para lograr la competencia científica global.

Tabla 4.

Progresión de conocimiento, demanda cognitiva, objetivos y actividades de clase asociadas a la unidad didáctica propuesta

Progresión - conocimiento	Progresión - demanda	Objetivos de aprendizaje	Actividades por clase
Los seres humanos han generado efectos adversos en el clima y el medioambiente, pero en la actualidad existen jóvenes que cuestionan estos hechos y actúan promoviendo el cuidado del planeta.	Identificar Analizar Reflexionar	Identificar el impacto de las acciones humanas en el medioambiente y el clima mediante el trabajo en equipo, reflexionando sobre la importancia de fomentar el cuidado del planeta Tierra.	Clase 1. ¿Cómo influyen nuestras acciones en el medioambiente? A partir de la observación de un video sobre jóvenes activistas comentando sus experiencias sobre los efectos del cambio climático en sus vidas y la reflexión en torno a la problemática de los residuos en la escuela, se identifican las consecuencias de las acciones humanas sobre el clima.
La generación de residuos por parte de los seres humanos tiene un gran impacto a nivel local y mundial, lo que produce efectos nocivos para el clima y los ecosistemas.	Analizar Reflexionar	Analizar el impacto de los residuos en el clima y los ecosistemas para reflexionar en equipo sobre el rol de la humanidad en esta problemática.	Clase 2.- ¿Cómo influyen los residuos en la crisis climática? A) Mediante el análisis de los resultados de una encuesta sobre la gestión de los residuos aplicada en la comunidad educativa, los estudiantes reflexionan sobre el impacto negativo de las acciones diarias en el medioambiente. B) A través del análisis de un gráfico y una noticia, se determinan las consecuencias de los gases de efecto invernadero sobre los ecosistemas.
La problemática de los residuos podría ser resuelta a través de la producción y consumo responsables, como un objetivo de desarrollo sostenible. Esto puede gestionarse mediante herramientas como la economía circular y las aplicaciones biotecnológicas.	Analizar Evaluar	Analizar estrategias sostenibles para la gestión de residuos, tales como la economía circular y las aplicaciones biotecnológicas, para evaluar su aplicación para el cuidado medioambiental de la escuela.	Clase 3.- ¿Cómo podemos gestionar los residuos que generamos a diario? Las y los estudiantes analizan diferentes estrategias sostenibles para la gestión de residuos mediante la técnica de Puzzle, considerando aproximaciones desde la economía circular y la biotecnología. Finalmente, evalúan si es posible implementar dichas estrategias en la escuela.
	Analizar Crear	Formular una pregunta de investigación para la gestión de los residuos en la escuela, mediante un	Clase 4.- ¿Cómo crear una pregunta de investigación? A través de un taller de trabajo grupal, se crean y reformulan preguntas con el objetivo de

		proceso de reflexión crítica en equipos.	construir interrogantes que permitan conducir una investigación.
La gran cantidad de residuos generados en la escuela es una problemática que requiere una propuesta para ser solucionada.	Evaluar Comunicar	Crear una iniciativa para la gestión de residuos en la escuela, fomentando el cuidado del medioambiente.	Clase 5.- ¿Cómo iniciar mi proyecto? Las y los estudiantes eligen una pregunta orientadora para su proyecto, a partir de la cual proponen y planifican una iniciativa sostenible para la gestión de los residuos en la escuela.
Para poder generar una propuesta sobre gestión de residuos en la escuela es necesario investigar sobre la problemática y comprender sus características.	Evaluar Comunicar	Elaborar representaciones gráficas y explicaciones para la presentación de los resultados de una investigación, sobre la base de evidencia científica.	Clase 6. ¿Cómo presentar y explicar los resultados de una investigación? A través de la representación gráfica por medio de tablas, gráficos y figuras, se comunican los resultados de las investigaciones realizadas.
La Charla TED es un formato que permite difundir ideas relevantes, tales como las iniciativas para la gestión de los residuos en la escuela.	Crear Comunicar	Crear un guion de una charla TED para comunicar los resultados de una iniciativa sostenible para la reducción de los residuos en la escuela, fomentando el respeto por el medio ambiente y los seres vivos.	Clase 7.- ¿Cómo comunicar una iniciativa a través de una charla TED? A través de la estructura de una Charla TED, las y los estudiantes diseñan un guion para comunicar los resultados de la implementación de sus iniciativas sostenibles para la gestión de los residuos en la escuela.
	Crear Comunicar	Crear material audiovisual para potenciar la presentación de una charla TED mediante el trabajo en equipo.	Clase 8.- ¿Cómo potenciar la presentación de mi iniciativa? Las y los estudiantes crean una presentación audiovisual para apoyar la presentación de sus charlas, considerando fuentes confiables y el uso de imágenes, cifras y citas relevantes.
Para comunicar una iniciativa es necesario recibir retroalimentación con el objetivo de mejorar diversos aspectos del proyecto.	Comunicar	Comunicar una propuesta de gestión de residuos en la escuela, fomentando el cuidado de los seres vivos y el medioambiente.	Clase 9.- ¿Cómo puedo mejorar mi proyecto? Mediante un proceso formativo de coevaluación, las y los estudiantes evalúan su trabajo, comunicando las fortalezas y puntos de mejora identificados en cada proyecto.
Las iniciativas para la gestión de los residuos en la escuela deben ser			Clase 10.- ¿Cómo logramos concientizar sobre la gestión de residuos en la escuela?

comunicadas para motivar a que otros estudiantes tomen acción en la problemática, demostrando que cada acción cuenta.			A través de un ciclo de charlas sobre la gestión de residuos en la escuela, las y los estudiantes comunican los resultados de sus iniciativas, fomentando el cuidado de los seres vivos y el medioambiente en la comunidad escolar.
	Comunicar Crear	Crea rutina de pensamiento que permite evaluar de forma reflexiva el impacto del desarrollo de proyectos para la gestión de residuos, en el aprendizaje.	Clase 11.- ¿Qué aprendimos de nuestros proyectos? Las y los estudiantes reflexionan en torno a sus aprendizajes y emociones durante el desarrollo de sus proyectos.

Respecto a la evaluación para los aprendizajes, una de las decisiones importantes es elegir el agente evaluador en cada instancia. Dentro de la unidad didáctica se utiliza la autoevaluación, la evaluación entre pares y la heteroevaluación. Se habla de autoevaluación cuando el estudiante se evalúa a sí mismo, la evaluación entre pares hace referencia a un mismo nivel jerárquico en el que los estudiantes se evalúan entre sí y la heteroevaluación es cuando existe distinto nivel jerárquico, es decir, el docente evalúa al estudiante (Zepeda y Förster, 2017).

Entre las clases n°1 y n°3 predomina la heteroevaluación y entre las clases n°4 y n°8 predomina la autoevaluación debido a que cada equipo monitorea sus avances a través del uso de una Carta Gantt. Según lo planteado por Shepard (2006), la autoevaluación requiere que los estudiantes lleguen a entender qué significan los criterios de un modo más profundo que sólo la lectura de una lista de actividades, ayudando al desarrollo de sus capacidades metacognitivas. Además, agrega que la autocrítica podría incrementar la responsabilidad del estudiante frente a su propio aprendizaje.

La clase n°9 se enfoca en la coevaluación entre equipos, cada uno de los equipos presenta una charla en la que darán a conocer la fundamentación de sus proyectos y muestran evidencia sobre la implementación de estrategias sostenibles para la gestión de los residuos en la escuela. A continuación, uno de los equipos presentes se encarga de evaluar el desempeño del equipo que presentó, destacando los aspectos positivos de la presentación y realizando sugerencias para mejorar antes de la presentación final. En efecto, Sanmartí (2008) señala que los estudiantes aprenden significativamente cuando son evaluados por sus compañeros. Al analizar el trabajo de los demás, no solo logran identificar las incoherencias en esos trabajos, sino que también pueden reconocer las propias. Además, el intercambio de ideas entre iguales fomenta una mayor atención en la interpretación de las opiniones y crea un ambiente de confianza que facilita el debate, fomentando el trabajo cooperativo.

En la clase n°10 se lleva a cabo una evaluación sumativa de la presentación pública del proyecto, por medio de una rúbrica (ver Anexo 4). Durante esta actividad, los estudiantes presentan de manera final su charla ante un público compuesto por estudiantes de 3° básico a 1° medio, así como otros miembros de la comunidad educativa. Los criterios de evaluación fueron previamente socializados con las y los estudiantes en la clase, están en línea con las actividades realizadas durante el desarrollo de la unidad didáctica y se relacionan con la autorregulación de cada persona durante el proceso. De esta manera, se cumplen los criterios de una evaluación coherente, transparente, basada en criterios y que fomenta la autorregulación según lo planteado por Ibarra y Rodríguez (2019).

La clase n°11 se enfoca en una estrategia metacognitiva, en la que cada estudiante evalúa su propio proceso de aprendizaje al concluir la unidad didáctica. Para ello, escriben en un post-it los aprendizajes que consideran más significativos y, mediante la plataforma Padlet, comparten las emociones que experimentan al finalizar las clases de la unidad.

El detalle de los guiones de cada una de las clases en que se describen de forma específica las actividades realizadas por los estudiantes; los contenidos, habilidades y actitudes trabajadas en el aula, así como también los recursos utilizados en clase, se encuentran adjuntos en el Anexo 5.

Fundamentación de la secuencia didáctica

A partir de los diagnósticos de la institución y del curso

La visión declarada por la institución es el lema “educar para la vida”, con foco en que el objetivo es transformarse en una escuela referente en la comuna, pero no solo desde el cumplimiento de los objetivos académicos, sino también logrando ser un aporte significativo para la comunidad. Desde esta perspectiva, la secuencia didáctica diseñada tiene como objetivo fomentar el cuidado del medioambiente y los seres vivos a través de la concientización sobre el impacto que produce la generación de residuos. Esto implica una mirada global del estado actual de nuestro planeta hasta el análisis y propuestas para el entorno escolar. Por lo tanto, se busca impactar mediante acciones concretas al interior de la escuela y demostrar a la comunidad educativa que las iniciativas desarrolladas por las y los estudiantes pueden ser replicadas y masificadas al interior de sus familias y en las comunidades donde habitan, lo que genera progresivamente un efecto expansivo de las ideas.

El diagnóstico previo mostró que el trabajo individual centrado en tareas administrativas prevalece, lo que contrasta con las políticas actuales de desarrollo profesional docente, que promueven el trabajo colaborativo. Este enfoque es clave, ya que fomenta que los docentes estudien, investiguen y compartan experiencias. En la unidad didáctica propuesta, se incentivó el trabajo colaborativo entre las áreas de Ciencias Naturales y Lengua y Literatura, integrando los objetivos de aprendizaje de Biología celular y molecular con los de Lectura y escritura especializadas.

Respecto a las y los estudiantes de las secciones de electivo de Biología celular y molecular, a partir de una encuesta se obtuvo que la relación entre pares y con la docente se consideraba respetuosa y manifestaban que se sentían en confianza para participar activamente en las clases, aunque señalaban que a pesar de que existían las condiciones para participar, pensaban que podían potenciar su rol activo en clases (ver Anexos 1, 2a y 2b). Con el objetivo de promover su participación, la secuencia didáctica contempla el trabajo en equipo en cada una de las clases plateadas, con actividades orientadas a que comuniquen sus ideas y aprendizajes.

A partir del marco teórico-pedagógico

El constructivismo sostiene que las personas aprenden activamente a partir de sus experiencias e interacciones con otros, promoviendo un proceso continuo hacia un conocimiento superior. Se asume que cada individuo tiene una estructura cognitiva preexistente, y el aprendizaje significativo implica incorporar nuevos contenidos en interacción con esta estructura. Por lo tanto, para modificar las concepciones mentales, es necesario reestructurar las ideas del aprendiz.

Con la finalidad de lograr esta reestructuración cognitiva gradual, en la unidad didáctica las habilidades y los contenidos se proponen a partir de una perspectiva de progresión, tal como se presenta en la secuencia didáctica (ver Tabla 4) y utilizando la propuesta de Couso (2013). Así, en las primeras clases se trabajan habilidades cognitivas y conocimientos basales para avanzar paulatinamente hacia el trabajo de habilidades de orden superior y la construcción de ideas más complejas y elaboradas.

Desde una perspectiva pedagógica, existen dos elementos esenciales presentes en el diseño de la unidad didáctica: el uso de preguntas y la metacognición como estrategias claves en el proceso de aprendizaje.

La primera de las estrategias clave en la secuencia pedagógica es el uso de preguntas en clases. Al considerar su relevancia, cada clase de la unidad didáctica se estructura a partir de una pregunta con la que se titula cada clase (ver Tabla 4). Además, en los guiones de cada clase se incluyen algunas preguntas esenciales para evaluar los conocimientos previos y concepciones alternativas de las y los estudiantes, además de fomentar la evaluación formativa durante el desarrollo de las clases (Ver Anexo 5). El uso de preguntas es central para el logro de aprendizajes significativos debido a que asocia el descubrimiento con la búsqueda de razones por las cuales ocurre un fenómeno y porque permite que las y los estudiantes sientan que sus contribuciones en clase son valoradas (Benoit, 2020). Además, las respuestas a las preguntas sirven como insumos para que las y los docentes evalúen lo que se comprende en cada uno de los momentos de una clase, en el inicio ayuda con la activación de conocimientos previos, durante el desarrollo permite la evaluación formativa y reflexión, mientras que en el cierre es una herramienta para la verificación de conocimientos, la evaluación integradora y la reflexión para la mejora de los aprendizajes (Maarfia, 2017).

El conocimiento metacognitivo se refiere a la capacidad de una persona para reconocer sus fortalezas y limitaciones cognitivas en relación con una tarea específica, identificando las estrategias que utiliza para llevar a cabo su aprendizaje. La metacognición es crucial porque permite a los estudiantes "aprender a aprender", lo que resalta uno de los objetivos fundamentales de la educación: formar individuos capaces de construir aprendizajes de manera autónoma (Osses y Jaramillo, 2008). Con el objetivo de fomentar la metacognición, al final de cada clase de la secuencia didáctica se incorporan preguntas y/o actividades dirigidas a este propósito. Es importante destacar que en la clase n° 9 se dedica un espacio tanto para la reflexión colectiva como individual, en el que los estudiantes pueden identificar sus fortalezas y áreas de mejora en el desarrollo de sus trabajos, antes de la evaluación sumativa en la clase n° 10. Finalmente, la clase n° 11, la última de la secuencia, se destina por completo a la reflexión sobre los aprendizajes obtenidos, las estrategias utilizadas y las emociones asociadas a este proceso (ver Tabla 4).

A partir del marco teórico-didáctico

La secuencia didáctica presentada se desarrolla en el marco de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), para promover que las y los estudiantes desarrollaran e implementaran una propuesta frente a la problemática de la gran cantidad de residuos en la escuela, para finalmente ofrecer una charla abierta a la comunidad educativa en que dieran a conocer sus iniciativas y reflexiones al respecto. La secuencia didáctica se enmarca en la propuesta para ABP de la UNICEF (2020), además de integrar un elemento de la estrategia de aprendizaje por instancias de Domènech-Casal (2018) que es la fase de *actuación* en que las y los estudiantes desarrollan e implementan iniciativas vinculadas con la ciencia (ver Tabla 5).

A partir de la clase 7, se comienza a trabajar en paralelo el objetivo de aprendizaje OA07 de Biología celular y molecular en conjunto con el objetivo de aprendizaje OA01 de Lectura y escritura especializadas. En la secuencia didáctica, los conocimientos y habilidades entregadas desde la disciplina de Lengua y Literatura y de Biología están orientados a que las y los estudiantes logren desarrollar una competencia científica global (ver tabla 3). Esto evidencia una aproximación hacia el trabajo interdisciplinario. Según Carballosa (2007), la interdisciplinariedad se podría entender como una experiencia teórico-práctica en que existe una interacción e integración de los componentes didácticos de dos o más disciplinas que involucra una actividad coordinada para alcanzar un objetivo en común.

Tabla 5.
Fases de Proyecto ABP en la secuencia didáctica propuesta

Fase del proyecto	Actividades que realiza el estudiantado
1. Presentación del desafío	Los estudiantes analizan el impacto de las acciones humanas en el clima, reflexionando sobre cómo sus propias acciones y las de la comunidad escolar afectan el medioambiente. Luego, comunican sus ideas sobre la crisis climática y la responsabilidad social, y diseñan una encuesta para conocer las percepciones de la comunidad escolar sobre el manejo de los residuos.
2. Análisis de conocimientos previos y necesidades	Los estudiantes analizan un artículo sobre el impacto de los residuos en el clima y los ecosistemas, reflexionando sobre el efecto negativo de las actividades humanas en el medioambiente. Interpretan un gráfico sobre las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Chile, extrayendo conclusiones sobre su evolución e impacto. Posteriormente, investigan las estrategias sostenibles del objetivo n° 12 de la UNESCO y evalúan la viabilidad de implementar una gestión de residuos en su escuela, formulando una pregunta investigable para su proyecto.
3. Planificación y organización	Los estudiantes eligen una pregunta orientadora para su proyecto y diseñan una propuesta de gestión de residuos en su escuela. Luego, crean un listado de actividades necesarias para su desarrollo y establecen los plazos correspondientes mediante una carta Gantt.
4. Actuación	Los estudiantes llevan a cabo su propuesta para la gestión de residuos en la escuela y recaban evidencia de su implementación.
5. Búsqueda y síntesis de información	Los estudiantes elaboran un gráfico, tabla o figura para comunicar los resultados de su proyecto, y luego formulan explicaciones a través de la justificación y argumentación de los hallazgos obtenidos.
6. Elaboración de producto final	Los estudiantes crean un guion para una charla TED para comunicar los resultados de una iniciativa sostenible de reducción de residuos en la escuela y elaboran material audiovisual para la presentación. Luego, presentan su proyecto frente a sus compañeros y evalúan el proyecto de otro equipo, destacando fortalezas y áreas de mejora.
7. Presentación de producto final	Los estudiantes comunican su proyecto sobre gestión de residuos a sus compañeros de la escuela y responden preguntas basadas en su experiencia.
8. Meta-aprendizaje y evaluación	Transversal a todas las clases y se profundiza en la clase final: Los estudiantes crean una rutina de pensamiento en la que reflexionan sobre cuáles han sido los aprendizajes más significativos que han desarrollado a lo largo del proyecto y expresan las emociones asociadas a ello.

Respecto al desarrollo de las habilidades científicas, en los guiones de clases adjuntos se señala cuáles son las habilidades trabajadas en cada una de las clases (ver Anexo 4). No obstante, cabe destacar que el diseño de la secuencia didáctica se focaliza en el desarrollo de 3 habilidades científicas en específico: formular preguntas investigables, diseñar y realizar investigaciones y comunicar.

En relación con el desarrollo de estas habilidades en la secuencia didáctica, cabe mencionar que en la clase n° 4 se centra en el desarrollo de un taller inspirado en una publicación de las didactas Sanmartí y Márquez (2012), con el propósito de que las y los estudiantes logren desarrollar preguntas investigables, considerando sus características esenciales. En la clase n°5 los equipos de trabajo diseñan y planifican una iniciativa sostenible para la gestión de los residuos en la escuela, además reciben una Carta Gantt para ordenar las etapas de su proyecto, definiendo actividades y tiempos para ello. En cuanto a la habilidad de

comunicar, se trabaja en cada una de las clases de la unidad didáctica de forma transversal a través de diversas estrategias (ver Anexo 4).

La competencia científica global se desarrolla mediante una propuesta de gestión de residuos en la escuela, implementada y presentada por los estudiantes en un congreso escolar. Esta iniciativa fomenta la alfabetización científica, donde los estudiantes no solo adquieren conceptos para comprender su entorno, sino que los aplican a través de acciones, promoviendo valores de responsabilidad social, respeto por la naturaleza y los seres vivos.

A partir del marco teórico - disciplinar

La comprensión de la importancia del desarrollo sostenible en nuestra sociedad es fundamental al considerar las actuales condiciones de nuestro planeta que experimenta cambios drásticos como consecuencia del impacto de la actividad humana. Para ello, en la secuencia didáctica se aborda como tema central el desarrollo sostenible, trabajando el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) n°12 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la ONU sobre Producción y consumo responsable (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, s.f.).

En la clase n°3 se trabaja el concepto de sostenibilidad, en ella las y los estudiantes indagan estrategias sostenibles para la gestión de los residuos mediante aproximaciones desde la biotecnología y la economía circular. De esta forma, se vincula explícitamente con la biotecnología, al considerar que una de sus aplicaciones es el área ambiental, en concordancia con el OA07: Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales. (Ministerio de Educación - República de Chile, 2019, p. 187).

Entre las clases n° 4 y n° 6 de la unidad didáctica, se espera que los estudiantes evalúen la posibilidad de utilizar alguna de estas estrategias sostenibles para proponer e implementar una iniciativa escolar para la gestión de residuos, fomentando el consumo responsable en la escuela en sintonía con el ODS n° 12 de la ONU. Así, se espera que puedan profundizar en alguna de las aproximaciones que cada equipo elija para sus proyectos, de acuerdo con su evaluación e intereses particulares.

Resultados de aprendizaje y reflexión del proceso de implementación

Como se describió anteriormente, la secuencia didáctica contempló la implementación de 11 clases en que se realizaron diversas actividades desarrolladas por las y los estudiantes. A continuación, se presenta un análisis de algunas de las evidencias de aprendizaje más relevantes que reflejan el desarrollo de la competencia científica global, considerando del desarrollo de habilidades científicas, una alfabetización científica crítica y el logro de aprendizaje significativo por parte de las y los estudiantes.

Habilidades científicas

Formular preguntas investigables. El objetivo de la clase n° 4 fue formular una pregunta de investigación para la gestión de los residuos en la escuela, mediante un proceso de reflexión crítica en equipos. Para ello cada equipo de trabajo recibió una guía para trabajar un taller de formulación de preguntas (ver Anexo 6) basado en el artículo de Sanmartí y Márquez (2012). Cada equipo formuló una pregunta que consideraban investigable al inicio de la clase, pero al trabajar en el taller reformularon sus preguntas iniciales para cumplir 4 características base de una pregunta investigable:

- a) Considera distintas variables y cómo se relacionan entre sí.
- b) Aporta a la solución de la problemática.
- c) A partir de ella se puede diseñar un experimento o proceso de investigación.

Al final de la actividad, se invitó a las y los estudiantes a realizar una reflexión sobre su proceso de aprendizaje, en que debían comparar su pregunta de investigación al inicio de la clase con la pregunta reformulada, creada a partir del trabajo en equipo. En la Figura 1. se aprecia el trabajo de un equipo de la sección III de Biología celular y molecular.

Pregunta inicial	→	¿Cómo afecta la gestión de residuos en el <u>cebelo?</u>
2. ¿Por tanto disminuyen los residuos de los cursos de enseñanza ^{basica} media después de implementar estrategias relacionadas a las BR de manera forzada ?		
Pregunta reformulada	→	<u>alrededor</u> ^{formado de recompensas}
¿Por qué razones crees que tus preguntas reformuladas son investigables en comparación con las iniciales?		
<u>Porque tienen mas contexto sobre como y donde debemos investigar</u>		

A pie chart illustrating the distribution of responses for the question '¿Qué es la metodología de investigación?'. The chart is divided into four segments: a large pink segment representing 'Es concreta' at 41.7%, a light blue segment representing 'Permite diseñar una investigación' at 33.3%, a dark blue segment representing 'Cosidera distintas variables y las relaciona' at 16.7%, and a small purple segment representing 'Metacognición' at 8.3%.

Respuesta	Porcentaje
Es concreta	41.7%
Permite diseñar una investigación	33.3%
Cosidera distintas variables y las relaciona	16.7%
Metacognición	8.3%

A partir del análisis de sus preguntas, el 41,7% de los equipos de las secciones I, II y III de Biología celular y molecular mencionó que sus preguntas reformuladas hacia el final de la clase eran más concretas al considerar contextos específicos de investigación. Un 33,3% de los equipos mencionó que sus preguntas

reformuladas le permitían diseñar una investigación en comparación con las preguntas iniciales del taller. Un 16,7% de los equipos declaró que sus preguntas reformulas incorporaban diversas variables, considerando relacionarlas entre sí (ver Figura 2). Es interesante que un 8,3% de los equipos al comparar sus preguntas iniciales con las reformuladas hace referencia al modo de aprender. Cabe destacar que uno de los equipos de la sección II, ante la pregunta: *¿Por qué razones crees que tus preguntas reformuladas son investigables en comparación con las preguntas iniciales?* respondió lo siguiente: *“Porque el sólo hecho de re-escribirlas permite reflexionar sobre opciones de mejorarlas”*. Esta respuesta manifiesta una reflexión en torno al proceso de aprendizaje, pues pone de manifiesto que la actividad de reescribir las ideas permite considerar nuevas formas de expresarlas, al incorporar nuevos elementos que se consideren relevantes. De esta forma, queda de manifiesto que algunos y algunas estudiantes ya están logrando ser más conscientes de su propio proceso de aprendizaje, lo que fortalece la metacognición.

Diseñar y planificar una investigación. Para comenzar el desarrollo de sus proyectos, en la clase n° 5, cada equipo recibió un esquema de Carta Gantt (ver Anexo 7) en que aparecían una lista de actividades e hitos relevantes para el desarrollo de sus proyectos, de esta manera cada equipo pudo identificar las etapas del proyecto, proyectar sus avances y organizar las actividades en los tiempos asignados por la docente. Esto permitió que las y los estudiantes de cada equipo lograran organizar las tareas asociadas al desarrollo de sus proyectos.

Luego, durante la clase cada equipo trabajó en seleccionar su pregunta orientadora del proyecto y a partir de ella diseñar y planificar su investigación. Por ello, se le motivó a definir algunos aspectos esenciales de sus propuestas: nombre de su iniciativa, una breve descripción del plan de su plan de acción, definir su objetivo y quiénes serían las personas involucradas en su iniciativa. En la Figura 3 se presentan dos ejemplos de iniciativas propuestas por las y los estudiantes.

Como es posible observar en la Figura 3, las y los estudiantes de cada equipo propusieron una iniciativa para la gestión de residuos en la escuela desde diferentes enfoques. Tuvieron la posibilidad de seleccionar qué estrategia era más útil para llevar a cabo sus ideas.

Es así como surgieron iniciativas vinculadas a la economía circular, como la presentada en la parte superior de la Figura 3, en que el equipo propone el reciclaje como una herramienta de gestión de residuos en la escuela. Para ello, el equipo plantea el diseño de 4 basureros para reciclar diferentes residuos (orgánico, papel, lata y plástico) de una sala de enseñanza media (III°A), para luego depositar el contenido en un punto verde de la comuna. A partir de esta propuesta, es posible identificar que existe un valor importante de la actividad porque el objetivo que desean lograr es claro (Harlen, 2003), en este caso concientizar a las personas sobre que un pequeño acto puede reducir de forma importante la cantidad de residuos generados en la escuela. Por otra parte, las variables presentes en la investigación no aparecen descritas de forma explícita, pero sí forman parte de la propuesta si se analiza detenidamente. Según Furman (2009) es posible determinar las variables respondiendo a preguntas: ¿Qué se modifica? (variable independiente), ¿qué se deja igual? (variable control) y ¿qué se mide?(variable dependiente). En este caso, se modificaría la forma en que se eliminan los residuos (variable independiente), se deja igual los estudiantes de la sala IV°A (variable control) y se mide la cantidad de residuos que existen antes y después del reciclaje (variable dependiente).

También aparecieron otras iniciativas que proponían soluciones relacionadas a la biotecnología, como es el caso de la propuesta que aparece en la parte inferior de la Figura 3, en que se propone el compostaje como una estrategia para disminuir los residuos en la escuela. Para ello, el equipo plantea que cada miércoles y viernes se reunirán para recolectar basura de 3 salas, a continuación, separarán los residuos orgánicos para utilizarlos en un sistema de compostaje. Además, declaran que realizarán un análisis de la reducción de residuos al implementar su propuesta. De esta manera, si se realiza el mismo análisis que en el caso anterior, es posible determinar que el objetivo del equipo es claro: reducir los residuos por medio

del compostaje. Al igual que en la propuesta anterior, las variables presentes en la investigación no aparecen descritas de forma explícita, pero sí forman parte de la propuesta. En este caso, se modificaría la forma en que se eliminan los residuos (variable independiente), se deja igual los estudiantes de las 3 salas (variable control) y se mide la cantidad de residuos que existen antes y después de utilizar residuos orgánicos para el compostaje (variable dependiente).

Cabe destacar que al ser un proyecto que surge desde los estudiantes, existía la posibilidad de que surgieran diseños no experimentales, por lo cual, no fue un requisito que las y los estudiantes hicieran el análisis previamente descrito, pero si se orientó su reflexión en caso de ser necesario.

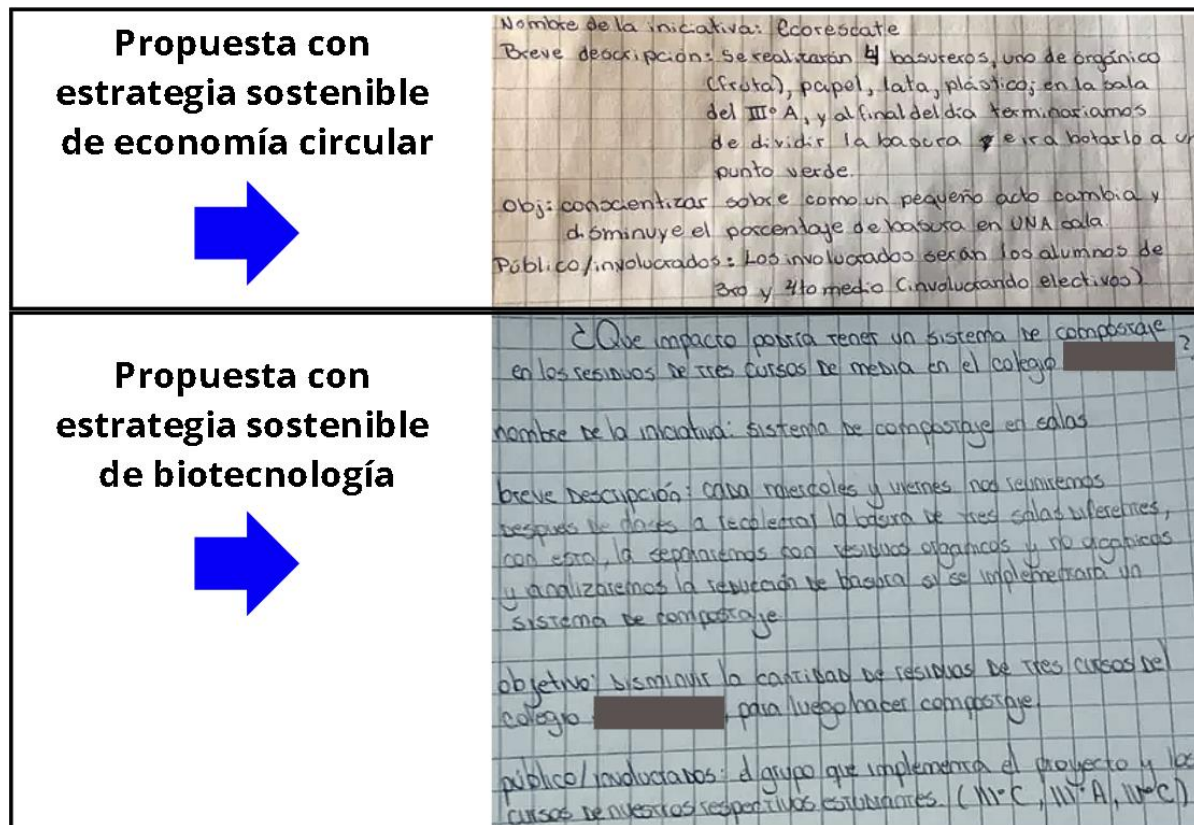


Figura 3. “Propuestas de iniciativas sostenibles para la gestión de los residuos en la escuela”. Se presentan dos propuestas para la gestión de los residuos en la escuela, creadas por equipos diferentes de la sección I de Biología celular y molecular. La primera de ellas (arriba) propone una iniciativa que utiliza una estrategia de economía circular y la segunda (abajo) propone una iniciativa que incorpora una estrategia relacionada a la biotecnología.

Comunicar. A lo largo de las actividades de la secuencia didáctica, las y los estudiantes participaron en diversas instancias en que se trabajó la habilidad de comunicar. Partieron expresando sus propias ideas, luego comentaban sus análisis y propuestas, finalizando con una presentación donde comunicaron sus propias iniciativas para resolver un problema presente su entorno escolar.

En el transcurso de la unidad didáctica, se desarrollaron distintas estrategias para fomentar la comunicación en las y los estudiantes. Hubo varias instancias para el desarrollo de plenarios, discusiones dirigidas en equipo, desarrollo de guiones de charlas y presentaciones formales.

Para llevar a cabo su presentación pública tuvieron que transitar todas las etapas necesarias del proyecto con el objetivo de tener los conocimientos necesarios para proponer una iniciativa para la gestión de residuos en la escuela, implementarla y crear una charla TED para comunicar su experiencia. Para ello, diseñaron guiones de sus charlas, crearon una presentación de apoyo y ensayaron previamente junto a los

demás equipos dentro de cada sección de la asignatura. Por lo tanto, queda de manifiesto que el constante trabajo de esta habilidad responde a que la comunicación era la habilidad que permitiría dar a conocer a otros los resultados de sus iniciativas, con la finalidad de promover la concientización ambiental en la escuela.

Se realizaron 3 ciclos de charlas donde participaron como asistentes de forma voluntaria, estudiantes desde 3° básico hasta 1° medios. En la Figura 4 se muestran algunas imágenes de las presentaciones públicas de las y los estudiantes.



Figura 4. “Presentación pública de los proyectos para la gestión de residuos en la escuela”. En la imagen se muestran fotografías de estudiantes presentando una charla TED sobre sus propuestas de gestión de residuos en la comunidad escolar. A) Equipo de la sección I de Biología celular y molecular. B) Equipo de la sección III de Biología celular y molecular. (Los rostros de las personas fueron difuminados para resguardar su identidad).

Como se ha podido observar, la comunicación de las y los estudiantes no sólo se trabajó desde la oralidad, sino que a través de la entrega de reportes de sus avances (ver Figura 3) y la escritura de sus guiones. Además, durante la clase final las y los estudiantes manifestaron que desarrollaron y fortalecieron la comunicación, adecuándose a diferentes contextos y sintiendo más confianza al expresarse (ver Anexo 9).

Competencia científica global y alfabetización científica a partir de la secuencia didáctica

El logro de la competencia científica global de los equipos se incorporó como criterio de la rúbrica de evaluación de los proyectos desarrollados por las y los estudiantes de Biología celular y molecular, con la finalidad de determinar qué porcentaje de estudiantes lograban llevarla a cabo satisfactoriamente a través de su participación en la unidad didáctica propuesta. Los resultados se presentan en la tabla n°6.

Respecto a los datos presentes en la tabla 6, es posible observar que un 92,9% de los equipos logró óptimamente la competencia científica global propuesta debido a que fueron capaces de utilizar conocimientos de ciencias para proponer e implementar una iniciativa sostenible para solucionar la problemática de los residuos en la escuela, lo que refleja que no solo conocen o aplican conocimientos, sino que los utilizan para actuar en su entorno escolar. Sin embargo, un equipo de la sección I y un equipo de la sección II solo presentaron las ideas de sus iniciativas sostenibles para la gestión de los residuos, pero no las implementaron. Estos 2 equipos representan un 7,1% y manifestaron los deseos de haber alcanzado a poner en práctica sus ideas, pero mencionaron que el tiempo fue un factor limitante debido a que su organización no fue óptima.

Las y los estudiantes trabajaron en equipo para implementar sus iniciativas sostenibles para la gestión de los residuos en la escuela, tal como se observa en la Figura 6. Las iniciativas propuestas presentaron una gran diversidad de aproximaciones, tales como el uso del juego para el aprendizaje, campañas de concientización ambiental, la vinculación de la iniciativa con el arte, entre otras.

Respecto al logro de una alfabetización científica crítica (nivel III), si se consideran las evidencias de aprendizaje, no es posible afirmar que se haya alcanzado por parte de las y los estudiantes. A pesar de que el impacto sobre la escuela fue un hecho, para lograr un grado de alfabetización científica crítica es

necesario que se genere un impacto en la ciudadanía más allá de la escuela. Por lo tanto, es más bien cercano a un nivel de alfabetización científica II. Según Candela (2024), para alcanzar la alfabetización científica crítica permite abordar problemas sociocientíficos con el objetivo de alcanzar justicia social y desarrollo ambiental sostenible. Para lograrlo, es importante motivar a los estudiantes para que participen en actividades de aprendizaje auténticas y trabajo cooperativo, tanto dentro como fuera del aula, lo que fomenta el desarrollo de comunidades activas en la resolución de problemas sociocientíficos y ambientales con el objetivo de alcanzar justicia social y un desarrollo sostenible.

Tabla 6.

Logro de la competencia científica global alcanzado por parte los equipos a través de la implementación de la secuencia didáctica

Descriptores de logro	Logrado	Medianamente logrado	Por lograr	No logrado
Indicadores	El equipo es capaz de utilizar los conocimientos científicos para proponer e implementar una iniciativa sostenible en el contexto escolar, aportando una solución frente a la problemática planteada.	El equipo es capaz de utilizar los conocimientos científicos para proponer e implementar una iniciativa sostenible en el contexto escolar, planteando una solución frente a la problemática. Sin embargo, esta no es implementada.	El equipo es capaz de utilizar los conocimientos científicos para proponer una iniciativa sostenible en el contexto escolar, sin embargo, esta no representa una solución frente a la problemática planteada.	El equipo no es capaz de utilizar los conocimientos científicos para proponer una iniciativa sostenible en el contexto escolar.
Porcentajes de logro (N =28)	92,9% (26 equipos)	7,1% (2 equipos)	0% (ningún equipo)	0% (ningún equipo)



Figura 6.- “Iniciativas implementadas por estudiantes par a la gestión de los residuos en la escuela”. En la imagen se muestran fotografías de distintas iniciativas para la gestión de residuos en la escuela por parte de estudiantes de las secciones I, II y III de la asignatura de Biología celular y molecular.

Aprendizaje significativo y metacognición

Al considerar que el desarrollo de aprendizajes significativos es un proceso gradual, para ejemplificar este proceso se darán como ejemplo las ideas mencionadas a lo largo de la secuencia por un equipo en particular de la asignatura de Biología celular y molecular.

En la primera clase, los estudiantes del equipo vieron un video sobre los efectos del cambio climático y expresaron escepticismo, mencionando que las empresas son las principales responsables de este fenómeno y que su impacto personal es mínimo. En la clase 5, diseñaron una propuesta sobre un sistema de reciclaje con recompensas, creyendo que solo mediante incentivos las personas actuarían por cuidar el medioambiente. Desde la orientación docente, se les sugirió comparar el grupo que recibiría recompensa con otro grupo que no la recibiera. En la clase 7, comentaron a la docente que el grupo con recompensa no recicló correctamente, ya que solo les motivaba el incentivo, mientras que el grupo sin recompensa recicló mejor y por más tiempo. Finalmente, en la clase 10, comentaron que en el grupo de estudiantes que mostró mayores avances en cuanto al reciclaje, se evidenció un constante refuerzo de la docente al final de las clases cuando el equipo iba a revisar los contenedores, recordando a las y los estudiantes la importancia del cuidado ambiental. En cambio, cuando asistían a revisar los contenedores del otro grupo, no evidenciaron ese fortalecimiento de las ideas por parte de otra docente. Concluyeron que la educación es una herramienta primordial para generar conciencia sobre el cuidado medioambiental y que las y los docentes podrían tener un efecto relevante en ello (ver Anexo 10).

Para conocer cuáles fueron los aprendizajes más importantes para las y los estudiantes tras la implementación de la secuencia didáctica, durante la clase n°11 se les entregó un post-it y se les invitó a responder la siguiente pregunta “¿Qué fue lo más significativo que aprendiste al realizar tu proyecto?”. La pregunta fue de tipo abierta para evitar conducir sus respuestas. La tabla n° 7 muestra los aprendizajes que las y los estudiantes consideran como los más significativos. El 35,3% del estudiantado menciona habilidades científicas, tales como la formulación de preguntas investigables, diseñar y planificar una investigación y comunicar. Asimismo, si se contrasta con las evidencias de aprendizaje, en la Figura 2 se aprecia cómo las y los estudiantes lograron enriquecer sus preguntas, considerando elementos esenciales para que fueran investigables.

El 26,5% señala que aprendió sobre estrategias sostenibles asociadas a la economía circular, tales como el reciclaje y la reutilización. Otro 26,5% declara que aprendió sobre estrategias sostenibles vinculadas a la biotecnología, tales como el compostaje y la biorremediación. En la Figura 3 es posible apreciar algunos ejemplos sobre iniciativas de gestión de residuos planteadas por las y los estudiantes vinculadas a estas estrategias.

Tabla 7.

Aprendizajes considerados como significativos por las y los estudiantes al final de la implementación de la unidad didáctica

Aprendizajes significativos declarados por el estudiantado	Porcentaje
Habilidades científicas	35,3%
Estrategias sostenibles de economía circular	26,5%
Estrategias sostenibles vinculadas a la biotecnología	26,5%
Concientización y educación ambiental	44,1%
Estrategias para el aprendizaje en niños	8,8%
Trabajo colaborativo	2,9%

Un amplio porcentaje correspondiente al 44,1% de los estudiantes mencionó que el aprendizaje más significativo fue relativo a la concientización y educación para el cuidado del medioambiente. Un 8,8% señaló que lo más significativo fue comprender que los niños aprenden de mejor manera con estrategias puntuales, por ejemplo, mediante el juego. Finalmente, un 2,9% mencionó como lo más significativo aprender a trabajar colaborativamente en equipo. Cabe destacar, que cada uno de los estudiantes mencionó entre 1 y 3 aprendizajes en su respuesta.

Reflexión del proceso de implementación

Durante el desarrollo de la secuencia didáctica se trabajó en torno al Objetivo de Aprendizaje de Biología celular y molecular OA07: Analizar aplicaciones biotecnológicas en diversas áreas, como tratamientos para el cáncer, preservación y uso de células madre, y producción de organismos transgénicos, entre otros, y evaluar sus implicancias éticas, sociales y legales. (Ministerio de Educación - República de Chile, 2019, p.187). A pesar de que el proyecto se enmarca en este objetivo, solo se trabajó una aplicación de la biotecnología, que fue en el área medioambiental. De esta manera, es posible notar que el desarrollo de la secuencia didáctica utilizando la metodología ABP se focalizó solo en aquellos contenidos necesarios para resolver la problemática de la gestión de los residuos en la escuela. Entonces, ¿esto significa que los aprendizajes son insuficientes? Según Domènech (2019), esta situación suele ocurrir en los proyectos que utilizan la metodología ABP porque la resolución de un propósito basado en un contexto real requiere dominios parciales de distintos modelos, lo que implica que los objetivos permearán el desarrollo del proyecto con diferentes grados y en muchas ocasiones se requerirá de acciones que no generan aprendizajes, pero son importantes porque relevan el contexto del proyecto. Aquellos contenidos no revisados del objetivo se conocen como remanentes de aprendizaje, en este caso el resto de las aplicaciones de la biotecnología no eran útiles para el desarrollo del proyecto. Sin embargo, aquellas acciones necesarias para completar el proyecto que no forman parte del objetivo se conocen como carga del proyecto, en este caso, por ejemplo, el hecho de que las y los estudiantes tuvieran que manipular los residuos del colegio, aprender a utilizar un micrófono para realizar una charla y crear contenedores.

Por un lado, esto podría ser considerado como una desventaja debido a que el tiempo invertido en el desarrollo de metodologías ABP es grande y podría impactar la cobertura de los aprendizajes al reducir la cantidad de contenidos revisados en clases. Sin embargo, aunque estos aspectos demanden tiempo y no influyan desde un punto de vista conceptual, son necesarios para alcanzar la competencia científica global y además pueden influir en los aprendizajes como lo es el desarrollo y fortalecimiento de actitudes científicas, tales como el trabajo colaborativo, la flexibilidad, entre otras.

Por lo tanto, para mejorar la propuesta didáctica, sería de gran utilidad que, tras finalizar los proyectos, se pudieran destinar algunas clases para tratar aquellos contenidos pendientes a través de una estrategia que se pudiera implementar de forma más acotada, pero en la que las y los estudiantes no pierdan su rol activo en las clases. Podría utilizarse, por ejemplo, la metodología de las 5E que según Chavarría (2023) posee una base socioconstructivista y su propósito es que los estudiantes construyan sus conocimientos activamente a través de un trabajo de una clase organizada en 5 instancias: Enganche, exploración, explicación, elaboración y evaluación.

No obstante, es importante resaltar que la metodología ABP utilizada en esta secuencia reportó resultados positivos en cuanto al desarrollo de habilidades científicas, permitió que casi la totalidad de las y los estudiantes lograran en gran medida la competencia científica global y además permitió el desarrollo de una diversidad de proyectos, evidenciando gran creatividad e ideas innovadoras por parte de las y los estudiantes.

La implementación de la secuencia permitió transitar en los niveles de alfabetización científica I y II por lo que se proyecta que las y los estudiantes estarían abiertos a desarrollar a un nivel de alfabetización

científica crítica. Una oportunidad de mejora para esta propuesta didáctica sería adaptarla de manera que genere un impacto más allá de la escuela, en la comunidad. Para ello, al inicio de la secuencia (fase de presentación del desafío), se podría problematizar el tema de los residuos tomando como punto de partida una problemática específica del territorio, como una situación presente en la comuna en la que viven los estudiantes y, a partir de ella, desarrollar el resto de la secuencia. De esta manera, las propuestas de gestión de residuos de las y los estudiantes podrían escalar a un nivel ciudadano, realizando la difusión de sus propuestas hacia actores políticos, medioambientales y de salud referentes en la comuna o región donde habitan y así apelar a su acción frente a la problemática.

Conclusiones

El diseño de la secuencia didáctica presentado en este artículo se fundamenta en los hallazgos realizados en los diagnósticos institucional y pedagógico. Además, posee coherencia respecto a los referentes teóricos desde las perspectivas pedagógicas, didácticas y disciplinares planteadas. En concordancia con el desafío pedagógico detectado, la secuencia didáctica presenta actividades orientadas a desarrollar las habilidades científicas, mediante la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos. Los resultados obtenidos a partir de la implementación de la secuencia didáctica evidencian el desarrollo de habilidades científicas, específicamente de: formular preguntas investigables, diseñar y planificar una investigación y comunicar. La formulación de preguntas investigables se trabajó a través de un taller en que los equipos debían reformular sus preguntas para lograr que cumplieran los criterios esperados. El diseño y planificación se trabajó a través del diseño de una propuesta de iniciativa sostenible para la gestión de residuos en la escuela. La habilidad de la comunicación se trabajó de manera constante durante la secuencia didáctica, culminando con la presentación pública de una charla TED orientada a comunicar los resultados de su implementación.

También, es posible determinar que casi la totalidad de las y los estudiantes demostró lograr la competencia científica global, lo que evidenció que son capaces de utilizar los conocimientos adquiridos para proponer e implementar una iniciativa sostenible para la gestión de los residuos en su escuela, asumiendo un rol transformador dentro de su comunidad educativa. Las iniciativas implementadas por los estudiantes incorporaron estrategias sostenibles para la gestión de los residuos, algunos de ellos utilizaron aproximaciones vinculadas a la economía circular, como lo es el reciclaje y la reutilización; mientras que otros equipos incorporaron aplicaciones biotecnológicas tales como la biorremediación y el compostaje.

Aunque se lograron los objetivos en su mayoría, un desafío pendiente es integrar metodologías para abordar los contenidos restantes del Objetivo de Aprendizaje de la secuencia didáctica. Se sugiere combinar la metodología ABP con la metodología 5E, que promueve un rol activo del estudiantado y permite cubrir más contenidos en un tiempo reducido, estructurando la clase en cinco etapas: enganche, exploración, explicación, elaboración y evaluación. Otro desafío es adaptar la secuencia didáctica para generar las condiciones que permitan que el estudiantado alcance un grado de alfabetización científica crítica. Se propone iniciar la secuencia didáctica a partir de una problemática local de la comuna de los estudiantes. A partir de esta, se desarrollará el resto de la secuencia con el objetivo que los estudiantes difundan sus propuestas y logren que actores políticos, medioambientales y de salud respondan a la problemática, considerando las soluciones científicas propuestas por las y los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Agencia de Calidad de la Educación. (3 de diciembre de 2019). PISA 2018 Entrega de Resultados: Competencia Lectora, Matemática y Científica en estudiantes de 15 años en Chile. https://archivos.agenciaeducacion.cl/PISA_2018-Entrega_de_Resultados_Chile.pdf
- Baena, G. (2017). *Metodología de investigación*. (3a ed.). Grupo Editorial Patria. <http://ebookcentral.proquest.com>

- Benoit, G. (2020). La formulación de preguntas como estrategia didáctica para motivar la reflexión en el aula. *Cuadernos de investigación educativa*, 11(2), 95-115. <https://doi.org/10.18861/cied.2020.11.2.2994>
- Candela-Rodríguez, B. F. (2024). El currículo de ciencias: un instrumento educativo de carácter político. *Pedagogía y Saberes* (60), 160–174. <https://doi.org/10.17227/pys.num60-18865>
- Cañal, P. (2004). La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía? *Cultura y Educación*, 16(3), 245-257. <https://doi.org/10.1174/1135640042360951>
- Carranza, M. (2017). Enseñanza y aprendizaje significativo en una modalidad mixta: percepciones de docentes y estudiantes. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(15), 898-922. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.326>
- Carrera, B. y Mazarella, C. (2001). Vygotsky: enfoque sociocultural. *Educere*, 5(13), 41-44.
- Chavarría, L. (2023). 5E: Una metodología centrada en quienes aprenden. *Enfoques educativos*, 20(2), 152-178. <http://dx.doi.org/10.5354/2735-7279.2023.71329>
- Colegio SD. (2024). *Proyecto Educativo Institucional*.
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T. Miras, M., Onrubia, J., Solé, I. y Zabala, A. (2007). *El constructivismo en el aula*. (17a ed.). Graó.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Agenda 2030 en América Latina y el Caribe. <https://agenda2030lac.org/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods>
- Contreras, F. (2016). El aprendizaje significativo y su relación con otras estrategias. *Horizonte de la Ciencia*, 6(10), 130-140. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2016.10.210>
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T. Miras, M., Onrubia, J., Solé, I. y Zabala, A. (2007). *El constructivismo en el aula*. (17a ed.). Graó.
- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (74), 12-24. https://www.academia.edu/64341246/La_elaboraci%C3%B3n_de_unidades_did%C3%A1cticas_i_competenciales
- Cuéllar, Z. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(2), 1-10. <https://doi.org/10.35362/rie5021856>
- De Erice, E. y González, A. (2012). *Biología*. (2a ed.). Mc Graw-Hill. <http://www.santosangeles.com.ar/BIBLIOTECA%20LIBROS%20DIGITALIZADOS/BIO/vida.pdf>
- Di Mauro, M., Furman, M. y Bravo B. (2015). Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4to año. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 10(2), 1-11. <https://reiec.unicen.edu.ar/reiec/article/view/195/197>
- Domènech, J. (2018). Comprender, Decidir y Actuar: una propuesta-marco de Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1-12. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i1.1105>
- Domènech, J. (2014). Contextos de indagación y controversias socio-científicas para la enseñanza del Cambio Climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(3), 287-296. <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/298947>
- Domènech, J. (2019). Contexto y modelo en el aprendizaje basado en proyectos: *Apuntes para el ámbito científico*. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 98, 71-76. https://www.researchgate.net/publication/336891397_Contexto_y_modelo_en_el_Aprendizaje_Basado_en_Proyectos_Apuntes_para_el_ambito_cientifico

- Easterday, M., Rees, D. y Gerber, E. (2018). The logic of design research. *Learning: Research and Practice*, 4(2), 131-160. <https://doi.org/10.1080/23735082.2017.1286367>
- Figuerola, I., Pezoa, E., Elías, M. y Díaz, T. (2020). Habilidades de Pensamiento Científico: Una propuesta de abordaje interdisciplinar de base sociocrítica para la formación inicial docente. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 19(41), 257-273. <http://dx.doi.org/10.21703/rexe.20201941figuerola14>
- Fundación Chile. (2021). *Aprendizaje Basado en Proyectos: Un enfoque pedagógico para potenciar los procesos de aprendizaje hoy*. <https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/10/ABP-un-enfoque-pedagogico-para-potenciar-aprendizajes.pdf>
- Furman, M. (2009). La enseñanza por indagación en acción. En Furman, M. y Modestá, M. (Eds.), *La aventura de enseñar ciencias naturales* (pp. 63-119). Aique.
- Gil, D. y Vilches, A. (2003). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272. <https://doi.org/10.1174/1135640042360924>
- Goytia, E., Besson, I., Gasco, J. y Domènech-Casal, J. (2015). Evaluar habilidades científicas. Indagación en los exámenes ¿Una vía para cambiar la práctica didáctica en el aula? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 79. 1-11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4939617>
- Guerrero, G., Rojas-Avilez, L., Gonzalez, C., Ibaceta-Guerra, N., Martínez-Pérez, L. y Rosas-Pari, L. (2024). Science Education for Students' Critical Scientific and Environmental Literacies: Experiences from Latin. America. En Marzabal A. y Merino C. (Eds.), *Rethinking Science Education in Latin-America*. (pp.23-42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52830-9_2
- Guerrero, G. y Torres-Olave, B. (12-13 de noviembre de 2020). *Alfabetización científica y Agencia en el Currículo Chileno: Tensiones y Desafíos*. [Conference paper]. 1er Congreso Internacional sobre Educación Científica y Problemas Relevantes para la Ciudadanía, Málaga, España.
- Harlen, W. (2003). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. (6a ed.). Morata.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Ibarra, M. y Rodríguez, G. (2019). Una evaluación como aprendizaje. En J. Paricio, A. Fernández e I, Fernández (Eds), *Cartografía de la buena docencia universitaria. Un marco para el desarrollo del profesorado basado en la investigación* (pp. 175-196). Narcea.
- Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education*, 84(1), 71-94. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)
- Majó, F. y Baqueró, M. (2014). *8 ideas clave: Los proyectos interdisciplinarios*. Editorial Graó
- Maarfia, N. (2017). De l'usage (in)efficace du questionnaire par l'enseignant en classe de FLE au primaire. *Recherches en didactique des langues et des cultures*, 14(2), 1-13. <https://doi.org/10.4000/rdlc.1910>
- Marcos, J., y Esteban, R. (2017). Concepciones alternativas sobre biología celular y microbiología de los maestros en formación: Implicaciones de su presencia. *Campo abierto*, 36(2), 167-179. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6551496>
- Marín, N. (2014). Enseñanza de las ciencias desde el punto de vista del constructivismo orgánico. *Enseñanza de las ciencias*, 31(2), 221-237. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/287533>

- Ministerio de Educación - República de Chile. (2015). *Bases Curriculares 7° básico a 2 medio*. Unidad de Currículo y Evaluación. <https://media.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/28/2017/07/Bases-Curriculares-7%C2%BA-b%C3%A1sico-a-2%C2%BA-medio.pdf>
- Ministerio de Educación - República de Chile. (2018). *Bases Curriculares Primero a Sexto básico*. Unidad de Currículo y Evaluación. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-22394_bases.pdf
- Ministerio de Educación - República de Chile. (2019). *Bases Curriculares 3° y 4° medio*. Unidad de Currículo y Evaluación. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-91414_bases.pdf
- Ministerio de Educación - Gobierno de Chile. (2024). *Bases Curriculares de 1° Básico a 2° medio: Propuesta de Actualización para Consulta Pública 2024*. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-351761_recurso_02.pdf
- Ministerio de Educación - República de Chile. (2019). *Metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos*. Unidad de Currículo y Evaluación. <https://bibliotecadigital.mineduc.cl/bitstream/handle/20.500.12365/14276/aprendizaje%20basado%20proyectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Osses, S. y Jaramillo, S. (2008). Metacognición: Un camino para aprender a aprender. *Estudios pedagógicos*, 34(1), 187-197. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052008000100011>
- Peley, R., Morillo, R. y Castro E. (2007). Las estrategias instruccionales y el logro de aprendizajes significativos. *Omnia*, 13(2), 56-75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73713204>
- Pérez-Lisboa, S. y Castañeda-Pezo, P. (2023). Tests de habilidades científicas: observar, comunicar y formular hipótesis. Validación de los instrumentos. *Revista de Educación y Desarrollo*, 64. 53-60. https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/64/64_PerezLisboa.pdf
- Raynaudo, G. y Peralta, O. (2017). Cambio conceptual: Una mirada desde las teorías de Piaget y Vygotsky. *Liberabit*, 23(1), 137-148. <https://www.redalyc.org/pdf/686/68651823011.pdf>
- Robredo, B. y Torres, C. (2021). ¿Es consciente el alumnado de secundaria de la patogenicidad de los microorganismos y de la problemática sobre la resistencia a los antibióticos? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 1-19. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3301
- Sanmartí, N. (2008). *10 ideas clave. Evaluar para aprender*. Graó.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 27-36. <https://lc.cx/6PUiDA>
- Shepard, L. (2006). Classroom assessment. En R. Brennan (Ed.), *Educational Measurement* (pp.623-646). Praeger Westport.
- Schunk, D. (2012). *Teorías del aprendizaje: Una perspectiva educativa*. (6a ed.). Pearson. <https://fundasira.cl/wp-content/uploads/2017/03/TEORIAS-DEL-APRENDIZAJE.-DALE-SCHUNK..pdf>
- Sjöström, J., y Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In Cognition, metacognition, and culture in STEM education. En Dori, Y., Mevarech, Z., Baker, D. (Eds.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education. Innovations in Science Education and Technology* (pp. 65-88) Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4
- Tirado, F. y Peralta, J. (2021). Desarrollo de diseños educativos dinámicos. Una alternativa socioconstructivista. *Perfiles educativos*, 43(172), 60-77. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2021.172.59490>

- UNICEF (2020). *El Aprendizaje Basado en Proyectos en PLANEA. Enfoque general de la propuesta y orientación para el diseño colaborativo de proyectos.* <https://www.unicef.org/argentina/media/10171/file/planea-ABP.pdf>
- Vaillant, D. (2016). Trabajo colaborativo y nuevos escenarios para el desarrollo profesional docente. *Docencia*, 60, 5-13.
- Vargas, C. y Morales, T. (2020). Análisis de habilidades científicas en la enseñanza de las ciencias: caso comparativo entre profesores de Chile y Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 50. 57-76. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-11129>
- Vilches, A., Solbes, J. y Pérez, D. (2004). Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 41, 89-98. <http://www.redined.mec.es/oai/indexg.php?registro=005200430223>.
- Zepeda, S. y Förster, C. (2017). Planificando íntegramente la enseñanza y la evaluación. En S. Förster (Ed.), *El poder de la evaluación en el aula* (p.76-94). Ediciones UC.

Anexos

1.- Clima de aula

Se utiliza un diario de campo (diario pedagógico) como un instrumento de investigación en el aula. Se incorporan 3 registros de diferentes secciones del electivo de Biología celular y molecular, donde se llevaron a la práctica objetivos relacionados con: participación en clase, reflexión crítica e indagación científica en las y los estudiantes. Se adjuntan, con la finalidad de dar a conocer partes relevantes de la dinámica de las clases:

12 de Abril de 2024

Tipo de Actividad: Clase sobre características de la membrana plasmática.
(Sección 1 - Biología celular y molecular)

Objetivo: Evaluar la participación de las y los estudiantes en clases.

Descripción: Se genera una instancia para que las y los estudiantes puedan modelar un proceso biológico durante la clase, frente a sus compañeros y compañeras en un contexto de respeto.

Experiencia: La docente (yo) modela la propiedad de la fluidez de membrana mediante la expresión corporal. Las y los estudiantes comentan entre ellos que es una intervención entretenida para aprender. Entonces, para modelar que disminuye la fluidez de membrana en presencia de moléculas de colesterol, se solicitaron 2 personas voluntarias. Una estudiante junto con la docente representaron los movimientos de los fosfolípidos. En el espacio existente entre ellas, se incorporó el otro estudiante cumpliendo el rol de una molécula de colesterol, limitando el movimiento de la docente y la alumna, que representaban los fosfolípidos de membrana. De esta forma, el estudiantado logra determinar que en presencia de colesterol, la fluidez de la membrana disminuye debido a que limita el movimiento de los fosfolípidos.

Reflexión: Las y los estudiantes valoran y aumentan su participación cuando los docentes realizamos intervenciones más dinámicas en clase. A veces, para modelar ciertos procesos biológicos sólo falta ocupar la expresión corporal y la creatividad. El estudiantado pierde la vergüenza y aumenta su

confianza cuando los docentes naturalizamos hechos tan básicos como el movimiento del cuerpo. Si el/la docente forma parte de un ejemplo de modelización, las y los estudiantes se motivan a participar y los demás respetan, enfocándose en el proceso de aprendizaje, porque lo importante es la finalidad del ejemplo y la expresión corporal es un medio para lograrlo.

25 de Abril de 2024

Tipo de Actividad: Retroalimentación sobre control de estructuras y funciones celulares.
(Sección 3 - Biología celular y molecular)

Objetivo: Reflexionar sobre oportunidades para mejorar los aprendizajes.

Descripción: La docente (yo) explica a las y los estudiantes que cada una de ellas y ellos recibirán su control sobre estructuras y funciones celulares corregido. Posterior a ello, les solicita reflexionar sobre las razones por las cuales ellos y ellas no lograron seleccionar algunas alternativas que eran correctas. Le solicita que describan estas razones de forma detallada en sus cuadernos. Cuando terminaran, debían acercarse a la docente para ser retroalimentados.

Experiencia: Existen 3 factores recurrentes que impiden que las y los estudiantes no seleccionen correctamente algunas alternativas de una evaluación de selección múltiple. La primera de ellas corresponde a los problemas con la comprensión lectora, a veces leen muy rápido o predomina el nerviosismo y como consecuencia no responden lo que se les está preguntando. El segundo motivo es su metodología de estudio, a pesar de que reconocen comprender las clases, no es suficiente y olvidan algunos detalles de ellas porque no repasan lo suficiente o sus hábitos de estudio no favorecen el aprendizaje de las ciencias naturales. El tercer factor es la repercusión de las emociones durante una evaluación. ya sea que las y los estudiantes refieren “quedar en blanco” o bien, mencionan que viven algunos problemas en su vida personal que les impiden concentrarse en el momento concreto de la evaluación.

Reflexión: El resultado de una evaluación no es siempre el reflejo del aprendizaje concreto de las y los estudiantes. En el caso de una evaluación de selección múltiple puede influir la comprensión lectora, el método de estudio y/o las emociones que experimentan los estudiantes en sus vidas. Por lo cual, es importante diversificar los instrumentos de evaluación, incluyendo unos que permitan evaluar las trayectorias de aprendizaje en un período más largo de tiempo (Ej: proyecto) y que fomenten la colaboración entre las y los estudiantes para que puedan apoyarse entre sí.

29 de Abril de 2024

Tipo de Actividad: Laboratorio instrumental sobre microscopía óptica.
(Sección 2 - Biología celular y molecular)

Objetivo: Fomentar el aprendizaje por indagación científica, guiando el aprendizaje.

Descripción: La docente (yo) explica los aspectos básicos del uso del microscopio óptico. Indica el nombre de las partes del microscopio y sus funciones. Además, entrega detalles importantes sobre la bioseguridad en el laboratorio. Luego, las y los estudiantes forman equipos de entre 3-4 personas y la

docente les entrega una muestra, invitándoles a enfocar en los aumentos 10X y 40X, es ese orden respectivamente.

Experiencia: Transcurridos unos 10 minutos desde la instrucción de la docente, desde un equipo le solicitan que se acerque, debido a que tienen una duda. Le comentan que hasta dicho momento no han sido capaces de enfocar, no saben si aún no lo logran por su falta de entrenamiento en el uso del microscopio o por una falla de éste. La docente revisa el instrumento y corrobora que funciona bien. Les indica este hecho a las estudiantes del equipo y les anima para que logren enfocar la muestra entregada. Les comenta que es un proceso que requiere entrenamiento, que no se rindan y que continúen intentando. Además, les entrega algunos consejos para saber cuándo deben utilizar los tornillos micrométrico y micrométrico al observar una muestra. Así también, les habla desde la experiencia personal sobre la importancia de seguir intentando y no rendirse porque todas las personas expertas en ciertas áreas en algún momento de sus vidas tuvieron que aprender desde cero. A los 5 minutos el equipo llama de nuevo a la docente y le cuentan emocionadas que lograron enfocar y ven células teñidas de color azul. Les toman fotografías con sus celulares. La docente las felicita por su trabajo y les da una nueva muestra, para que repitan el proceso.

Reflexión: Las y los docentes debemos fomentar el aprendizaje por indagación. Si de inmediato se les entrega la respuesta a una pregunta de las y los estudiantes generamos una disminución de su curiosidad, que es una actitud científica primordial para lograr aprendizajes en ciencias naturales. Nuestro deber es motivar y guiar su aprendizaje. De esta manera, logran aprendizajes más significativos que demandan el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior. Así también, se fomenta su desarrollo autónomo y tolerancia a la frustración.

2.- Participación e interacciones durante las clases

La encuesta fue aplicada a estudiantes de las secciones 1, 2 y 3 de la asignatura de Biología celular y molecular el día Lunes 22 de Abril de 2024 al finalizar las clases respectivas. La participación fue de carácter voluntario mediante el escaneo de un código QR compartido con las y los estudiantes. La encuesta fue contestada por un total de 66 estudiantes.

2.A. Participación en clases

Se preguntó a las y los estudiantes por su percepción respecto a la participación de cada uno de ellos y ellas durante las clases. Considerando 1 como mínimo y 7 como máximo de participación, la mayor cantidad de las respuestas valoraron en la puntuación 5/7 (31,8%) y un 6/7 (30,3%). Esto refleja que se favorece la participación estudiantil en clase, sin embargo, puede ser potenciado durante el tiempo.

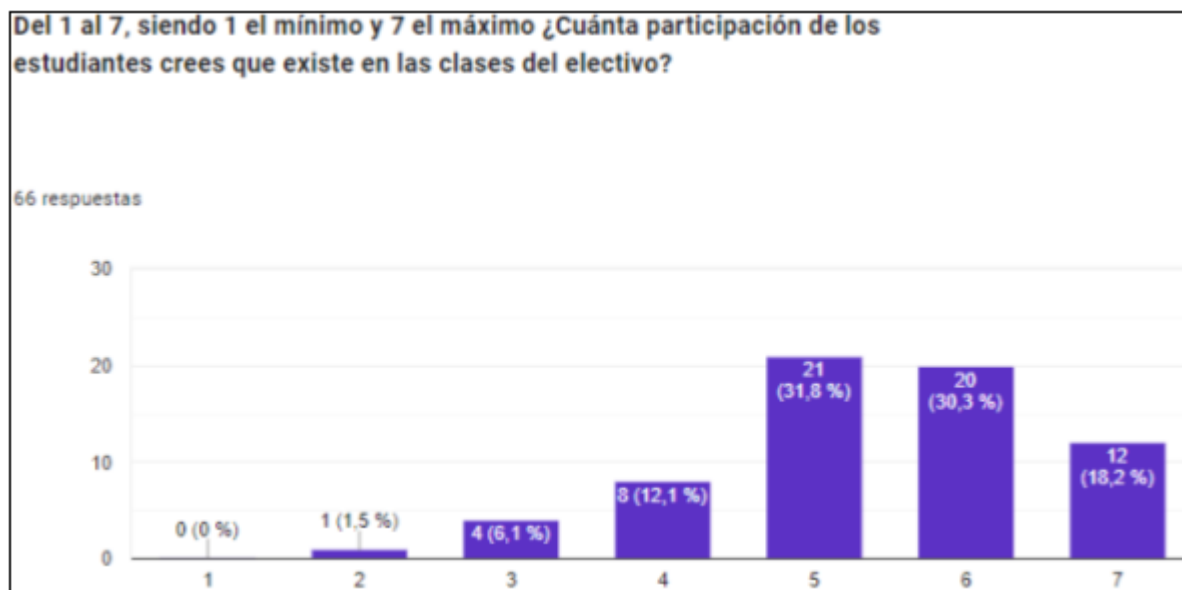


Figura A. Autopercepción de las y los estudiantes sobre su participación en clase. Valoración individual respecto a la participación que tienen las y los estudiantes en las clases de Biología celular y molecular.

2.B. Interacciones en clases

Se preguntó a las y los estudiantes por su percepción respecto al respeto que existe en la sala de clases. Considerando 1 como mínimo y 7 como máximo de respeto, la mayor cantidad de las respuestas valoraron en la puntuación 6/7 (43,9%). Esto refleja que se favorece un ambiente de respeto durante las clases de Biología Celular y Molecular del año en curso.

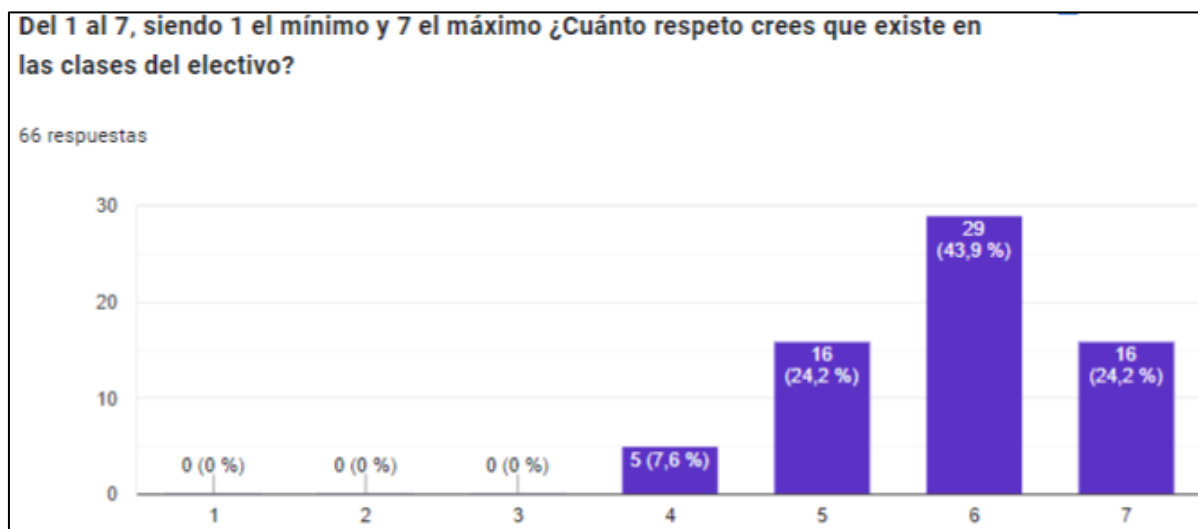


Figura B. Autopercepción de las y los estudiantes sobre el respeto en clase. Valoración individual respecto al clima de respeto que existe en las clases de Biología celular y molecular.

Además, se preguntó a las y los estudiantes por su percepción sobre el nivel de respeto existente entre docente y estudiantes en las clases de Biología Celular y Molecular del año en curso. El 97% de ellas y ellos considera que siempre son respetuosos con la docente y el 100% declara que la docente siempre es respetuosa con ellos.

3.- Evidencia sobre identificación de habilidades científicas previo a la implementación de la secuencia didáctica



4.- Rúbrica de evaluación



5.- Planificación de clases



6.- Taller de formulación de preguntas investigables



7.- Carta Gantt



8.- Diario de campo de la clase inicial de la secuencia didáctica

7 de Octubre de 2024

Tipo de Actividad: Clase de presentación de la problemática de la gestión de los residuos.
(Sección 3 - Biología celular y molecular)

Objetivo: Identificar las ideas previas de las y los estudiantes sobre la temática de la clase.

Descripción: Un grupo de estudiantes expresan sus ideas tras observar un video donde jóvenes activistas comentan sus experiencias personales sobre el cambio climático.

Experiencia: Tras ver el video de los activistas una de las primeras opiniones surge de unos estudiantes de IV° medio que mencionaban no estar de acuerdo con ellos/ellas debido a que sólo eran palabras sin acciones concretas, y un estudiante añade:

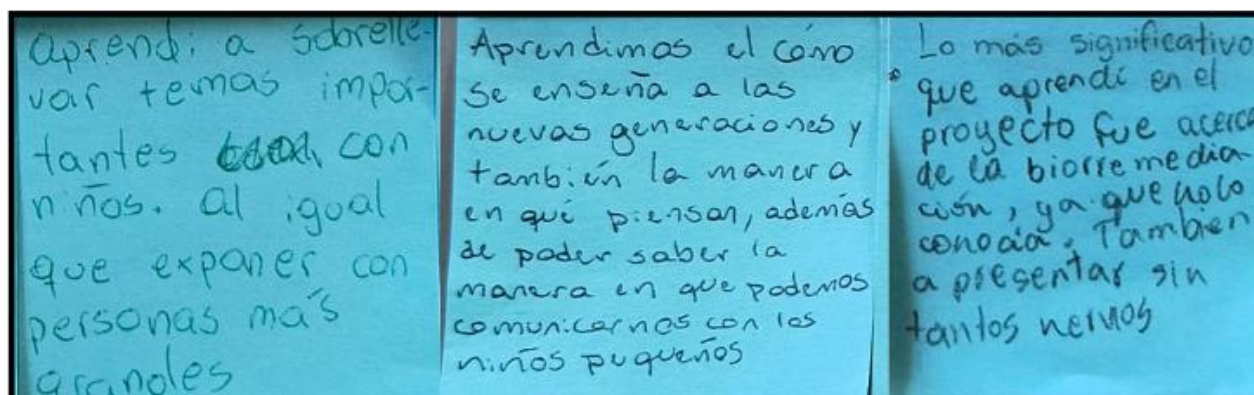
-“La fundación de Greta Thunberg robó millones de dólares.”

Otra estudiante menciona:

-“La culpa la tienen las grandes empresas, el impacto de las personas es casi nulo”.

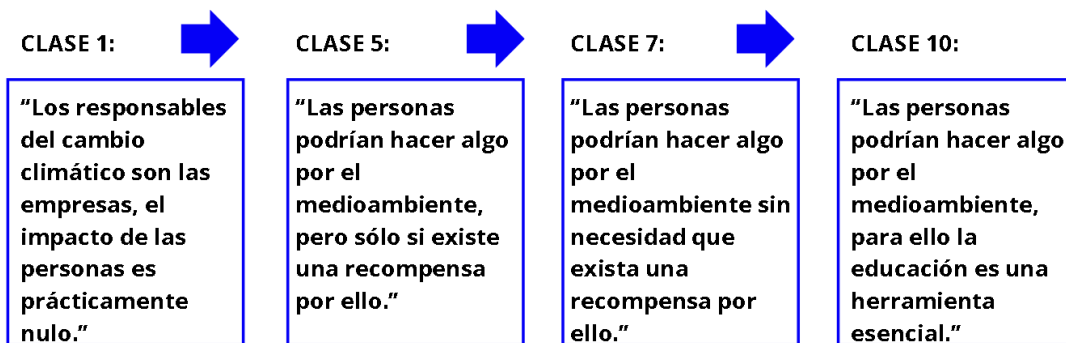
Reflexión: Las ideas expresadas por los estudiantes son críticas y reflejan una postura clara sobre el tema. Sin embargo, dentro de su reflexión anulan el impacto individual de las personas en el medioambiente, desligándolas de su responsabilidad individual. Se espera que las y los estudiantes en las próximas clases comprendan la importancia de la responsabilidad individual en esta problemática e identifiquen estrategias que les permitan actuar para proponer una solución.

9. Aprendizajes significativos en la comunicación



Anexo 9. “Aprendizajes significativos respecto a la comunicación”. En la imagen se muestran fotografías de post-it escritos por estudiantes respecto a los aprendizajes significativos alcanzados, en ellos se menciona la comunicación. Las y los estudiantes manifiestan aprender a adecuar sus ideas y argumentos en diferentes contextos y sintiendo más confianza en sí mismos.

10. Cambio progresivo en las ideas de un equipo en el transcurso de las clases



Anexo 10. “Cambio progresivo en las ideas de estudiantes de un equipo a través del transcurso de la unidad didáctica”. Se muestran las ideas de un grupo de estudiantes sobre la responsabilidad individual y colectiva del cuidado del medioambiente, durante el transcurso de las clases de la unidad didáctica, evidenciada a través de la retroalimentación clase a clase de los avances por parte de la docente.