



Pontificia Universidad Católica de Chile
Proyecto de Seminario de Investigación
Segundo Semestre 2025

“Promoción y desarrollo de la explicación científica escolar a partir prácticas experimentales del estudio de contaminantes en el agua en estudiantado de cuarto medio”

Profesora en formación

- Danna Cavieres

Profesores tutores

- Dra. Jessica Honores - Facultad de Química y de Farmacia
- Mario Quintanilla Gatica - Facultad de Educación

Tabla de contenido

Resumen	4
1. Antecedentes, reflexiones iniciales.....	5
2. Objetivos.....	7
3. Marco teórico.....	8
3.1. Marco disciplinar	8
3.1.1 Modelo ácido-base.....	8
3.1.2 Modelo cambio químico.....	10
3.1.3. Modelo disoluciones	12
3.2. Marco didáctico	13
3.2.1 Dificultades del aprendizaje.....	13
3.2.2 Explicación científica	14
3.2.3 Enseñanza en Contexto	16
3.2.4 Prácticas experimentales.....	17
IV. Marco metodológico e instrumentos	18
4.1 Contexto.....	18
4.2 Instrumento.....	19
5. Resultados y análisis de datos.....	21
5.2 Análisis de las respuestas escritas.....	48
5.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 1.....	49
5.3.1 Presentación de los datos obtenidos en la guía 1 pregunta 1 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	49
5.3.2. Análisis de los datos obtenidos en la guía 1 pregunta 2 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	51
5.3.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 1 pregunta 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	52
5.4. Análisis de los datos obtenidos en la guía 2.....	54
5.4.1. Análisis de los datos obtenidos en la pregunta 1 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.....	54
5.4.2. Análisis de los datos obtenidos en la guía 2 pregunta 2 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	55

5.4.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 2 pregunta 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	57
5.5. Análisis de los datos obtenidos en la guía 3.	58
5.5.1. Análisis de los datos obtenidos en la pregunta 1 guía 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	58
5.5.2. Análisis de los datos obtenidos en la guía 3 pregunta 2 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	60
5.5.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 3 pregunta 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.	61
5.6. Interpretación de las gráficas obtenidas a partir de cada aplicación.	63
5.7. Representaciones de los alumnos.....	65
5.7.1 Resultados obtenidos en la implementación en las representaciones de la guía 1	65
5.7.2 Resultados obtenidos en las representaciones de la guía 2.	69
5.8 Análisis de representaciones.	71
5.9. Análisis de las representaciones de los alumnos a partir de los criterios seleccionados	73
5.9.1. Presentación de los datos obtenidos en la aplicación de las representaciones de la guía 1 pregunta 1.	73
5.9.2 Presentación de los datos obtenidos en la aplicación de las representaciones de la guía 2 pregunta 1a y 1b.....	74
5.10. Análisis de las representaciones obtenidas en ambas aplicaciones.	77
6. Conclusiones y propuesta teórica	79
7. Bibliografía.....	80
Anexos	83

Resumen

El presente proyecto de seminario tiene como propósito promover la explicación científica escolar del modelo ácido base, utilizando la acidificación de los océanos como contexto de aprendizaje. A través de la experimentación y el estudio del pH, la concentración y las reacciones del CO_2 en el agua, se busca que los estudiantes comprendan los mecanismos químicos implicados en la formación de ácido carbónico y su relación con el equilibrio ácido base. La propuesta busca superar respuestas descriptivas o memorísticas recurrentes de los alumnos, favoreciendo explicaciones fundamentadas en modelos teóricos y evidencias experimentales.

Desde un enfoque constructivista y contextualizado, la investigación integra los tres niveles de representación química lo macroscópico, submicroscópico y simbólico, articulando observación, interpretación y lenguaje científico. De este modo, se potencia la alfabetización científica y el razonamiento crítico del estudiantado, fortaleciendo su capacidad para elaborar explicaciones coherentes sobre fenómenos reales y socialmente relevantes vinculados al entorno.

Palabras claves: Explicación científica escolar, prácticas experimentales.

Abstract

This seminar project aims to promote the development of school scientific explanation of the acid–base model, using ocean acidification as a learning context. Through experimentation and the study of pH, concentration, and the reactions of CO_2 in water, the project seeks to help students understand the chemical mechanisms involved in the formation of carbonic acid and its relationship with the acid–base equilibrium. The proposal

intends to move beyond students' recurring descriptive or memorized responses, encouraging instead explanations grounded in theoretical models and experimental evidence.

From a constructivist and contextualized approach, the research integrates Johnstone's three levels of chemical representation—macroscopic, submicroscopic, and symbolic connecting observation, interpretation, and scientific language. In doing so, it strengthens students' scientific literacy and critical reasoning, enhancing their ability to construct coherent explanations of real and socially relevant phenomena linked to their environment.

1. Antecedentes, reflexiones iniciales

Al analizar la experiencia en el aula, tanto en prácticas intermedias como en la práctica profesional, se ha observado una dificultad en el estudiantado: la de elaborar explicaciones científicas fundamentadas, incluso en situaciones cotidianas o experimentales simples. Con frecuencia, frente a preguntas de elicitación, como, por ejemplo, “¿qué crees que está ocurriendo en esta disolución?”, “¿por qué cambia el pH?”, los estudiantes recurren a respuestas muy breves y cerradas, tales como “porque sí”, “porque no”, “se mezcla”, “cambia de color”, sin establecer relaciones causales, sin justificar con modelos teóricos ni conectar con experiencias previas.

Estas experiencias en el aula producen una inquietud: si un estudiante no es capaz de explicar lo que observa, hay dificultades en su comprensión. La explicación, es la herramienta mediante la cual se puede acceder a cómo el estudiantado construye el significado de una clase. Con relación a esto, Quintanilla y Mercado (2022), citando a Sutton (2003), dicen que el profesor debe guiar a los estudiantes para que piensen y hablen como científicos, y así logren explicar sus propias ideas (p. 93). Sin embargo, si esto no sucede, entonces la actividad científica escolar se reduce a la memorización y mecanización de las respuestas.

Entre otras experiencias, se suma otro patrón que es fácil de ver: la desconexión entre los niveles de representación de la química. Esto es lo que se evidencia cuando los alumnos

describen solo lo macroscópico, pero no logran relacionarlo con el nivel submicroscópico ni con el simbólico.

En el área la teoría ácidos y bases, estas dificultades se ven reflejadas en confusión de conceptos como asociar “ácido = corrosivo” o “básico = peligroso”. Los trabajos de Jiménez-Aponte, Molina y Carriazo (2015) evidencian que los estudiantes presentan “un aislamiento de los conceptos estudiados con el lenguaje químico, la reactividad química y los procesos biológicos fundamentales” (p. 188), lo que justifica que en los alumnos persisten ideas fragmentadas o poco articuladas con los modelos en química, como por ejemplo el modelo ácido-base. En las experiencias en clase es donde se puede tomar conciencia de que el problema en las aulas no es solo conceptual, sino que también hay dificultades en cuanto a lo explicativo, ya que al estudiantado se les dificulta explicar los conceptos en química, porque según la investigación avanzada en didáctica de las ciencias su proceso de aprendizaje ha estado focalizado en responder desde una mirada instrumental, teórica y reproductiva y no para interpretar la realidad teóricamente (Quintanilla, 2025), para aprender a elaborar una explicación más coherente, causal y fundamentada en modelos. El dar cuenta de este tipo de preconceptos es importante para pensar en un proyecto que no busque sólo enseñar más contenido, sino transitar a unas nuevas finalidades de la enseñanza de la química con la finalidad de permitir que los alumnos puedan explicar algo de forma científica, ya que saber explicar demuestra entendimiento del contenido. Siguiendo esta misma línea, se puede ver que la enseñanza y aprendizaje de la química a partir de fenómenos observables como por ejemplo la contaminación, o la acidificación de los océanos que pueden generar en el estudiantado mayor interés o conexión con el aprendizaje, entendiendo a la química como una disciplina que emociona y es más cercana a sus vidas de lo que aprenden en la escuela tradicionalmente. Desde esta perspectiva, el estudio de la concentración de contaminantes en el agua se plantea como un contexto de aprendizaje relevante para promover la explicación científica. Este enfoque permite integrar tanto el análisis de fenómenos como las disoluciones, el pH, la concentración, la presencia de CO_2 , etc. Relacionando al estudiantado con situaciones reales de

contaminación y acidificación de los ecosistemas a partir de la experimentación, o como se indica en la literatura.

Todo esto conllevó a formular una reflexión con conceptos tanto personales como profesionales, que es que para que los estudiantes aprendan química, primero deben aprender a explicar. Y para que aprendan a explicar, se necesita diseñar experiencias que integren tanto el uso de modelo, como el crear representaciones, utilizar evidencia experimental y lenguaje científico, y que además esto se encuentre dentro de un contexto socio científico. Es de allí entonces, que surge la decisión de crear el presente proyecto de titulado “Promoción y desarrollo de la explicación científica escolar a partir del estudio de contaminantes en el agua en el estudiantado de cuarto medio”, cuyo propósito central es enfrentar las dificultades observadas en el aula mediante una propuesta didáctica que fomente la explicación científica como una ayuda para la comprensión disciplinar, y a su vez la promoción del pensamiento crítico y la alfabetización científica.

A partir de esta situación es que surge la necesidad de fortalecer competencias vinculadas al razonamiento científico y al pensamiento crítico, entendiendo que estos funcionan como estructura para un mejor entendimiento de los fenómenos que nos rodean y también, para el desarrollo de una ciudadanía alfabetizada científicamente. (Quintanilla & Mercado, 2022, p. 94). En este contexto, el presente proyecto busca promover el paso de explicaciones basadas en la intuición y sin justificación teórica, a explicaciones más coherentes y fundamentadas en este caso con el modelo teórico ácido-base.

2. Objetivos.

- Promover la explicación científica escolar del modelo ácido base a partir de actividades teórico-prácticas con estudiantes de secundaria.
- Identificar y caracterizar modelos iniciales del fenómeno de cambio químico en estudiantes de secundaria a partir de la evidencia colectada
- Sugerir a partir de la colecta de datos algunas recomendaciones pertinentes que puedan colaborar en la enseñanza del modelo cambio químico en secundaria.

3. Marco teórico

El presente seminario se enmarca en la Unidad 1 de Química para 3° y 4° medio HC: “Fenómenos químicos del entorno y sus efectos”, cuyo propósito es que los estudiantes puedan argumentar cambios en sistemas naturales y contextos de interés a partir de las propiedades químicas de las especies y sus mecanismos de acción, considerando un análisis integrado desde esta y otras disciplinas (MINEDUC, 2018). Además, este proyecto de investigación utiliza al menos cuatro objetivos de aprendizaje de dicho currículum:

- OA 2 “Explicar, por medio de investigaciones experimentales y no experimentales, fenómenos ácido-base, de óxido-reducción y de polimerización-despolimerización presentes en sistemas naturales y en aplicaciones tecnológicas.”
- OA 7 “Valorar la importancia de la integración de los conocimientos de la química con otras ciencias para el análisis y la propuesta de soluciones a problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.”
- OA e “Construir, usar y comunicar argumentos científicos.”
- OA i “Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología”.

Dichos objetivos de aprendizaje promueven la comprensión del modelo ácido-base, la integración de la química con las demás ciencias, así como el desarrollo de la explicación científica y la reflexión en torno a una problemáticas socio-científicas actuales.

3.1. Marco disciplinar

3.1.1 Modelo ácido-base.

El estudio de los ácidos y las bases constituye uno de los pilares conceptuales más relevantes tanto para la química como para este proyecto de investigación, con aplicaciones directas tanto en sistemas biológicos como en fenómenos ambientales. Históricamente, las primeras aproximaciones al concepto estuvieron asociadas a propiedades sensoriales en donde las sustancias “ácidas” eran aquellas con sabor agrio o que reaccionaban con

metales, mientras que las “básicas” se vinculaban a la sensación jabonosa o al cambio de color de indicadores naturales. Las ideas previas sobre la acidez y la basicidad que poseen los alumnos suelen mantenerse incluso en niveles educativos superiores, ya que muchos estudiantes continúan interpretando estos fenómenos desde criterios sensoriales, sin articularlos con el lenguaje químico ni con los modelos teóricos que los sustentan (Jiménez-Aponte et al., 2015, p. 188).

La comprensión moderna de los ácidos y las bases se sostiene sobre distintos modelos teóricos que permiten describir su comportamiento. En el modelo de Arrhenius, se definen. Los ácidos y las bases como “sustancias que están en capacidad de liberar iones hidrógeno (H^+) o liberar iones hidroxilo (OH^-) en el agua” (Jiménez-Aponte et al., 2015, p. 189). Esta teoría, aunque limitada a sistemas acuosos, introduce por primera vez un criterio cuantificable para la acidez.

Posteriormente, el modelo de Brønsted–Lowry definen a “los ácidos como sustancias donadoras de protones (H^+) y las bases comoceptoras de los mismos” (Jiménez-Aponte et al., 2015, p. 189). Siendo éste el modelo más aceptado en la actualidad.

Asimismo, la relación entre acidez y reactividad también se expresa a través del pH. En este contexto, el pH se entiende como “el índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Cuanto más bajo es el pH, más ácida es la solución” (Espinoza, 2023, p. 13). Con estos conceptos, se puede dar paso a cuantificar procesos ambientales como la acidificación del océano en donde pequeñas variaciones en pH pueden generar grandes impactos sobre organismos y ecosistemas acuáticos.

Siguiendo la misma línea de acidificación del océano, en el modelo ácido base se explica como la concentración de CO_2 afecta a una disminución en el pH del océano, de manera que “el CO_2 gaseoso absorbido por los océanos se disuelve transformándose en CO_2 acuoso, que al reaccionar con el agua produce ácido carbónico, además de iones bicarbonato y carbonato” (Lomovasky et al., 2022, p. 38). Esta reacción puede representarse mediante la siguiente reacción química:

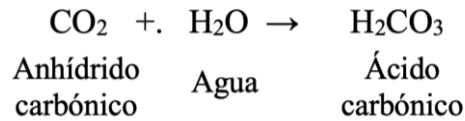


Figura 1. Formación de ácido carbónico a partir del CO₂ disuelto en agua.

En relación a ello es que a continuación, se muestra un esquema más amplio del proceso de acidificación del océano, donde se visualiza cómo el aumento de CO₂ atmosférico, su disolución en el agua y la posterior liberación de protones (H⁺) provocan la disminución del pH y afectan la disponibilidad de carbonato (CO₃²⁻):

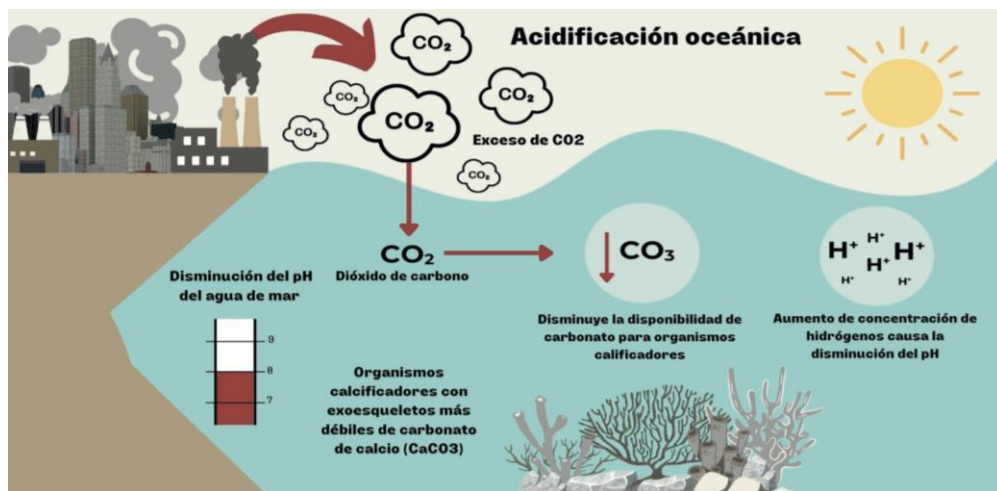


Figura 2. Acidificación oceánica. (Espinoza, 2023, p.12)

Debido a este proceso, especificado en la figura 2 los océanos funcionan como sumideros de CO₂, definiendo sumidero como el encargado de “secuestrar CO₂ extraído de la atmósfera” (Cerri et al., 2021, p.54). Sin embargo, dicha capacidad del océano implica consecuencias ecológicas significativas para organismos como corales, moluscos, ostras y otros organismos con exoesqueletos basados en carbonato de calcio.

3.1.2 Modelo cambio químico.

El cambio químico permite comprender cómo la materia se transforma gracias a la reorganización de sus partículas. A diferencia de los cambios físicos, que afectan al estado o la apariencia de la materia, un cambio químico, “es un proceso en el cual una sustancia (o sustancias) cambia para formar una o más sustancias nuevas” (Chang, 2002, como se citó en Campaz & López, 2021, p. 48).

En relación al cambio químico muchos estudiantes explican los cambios químicos desde una perspectiva exclusivamente macroscópica, concibiéndolos “tal como los perciben” (Pozo & Gómez Crespo, 2005, como se citó en Órdenes, Arellano, Jara & Merino, 2014, p. 46), esto lo hacen sin considerar los procesos submicroscópicos que los sustentan. Esta tendencia conlleva a dificultades como el creer que las sustancias “desaparecen” o que los reactivos se “gastan” sin transformarse en nuevos productos.

Un cambio químico implica la ruptura y formación de enlaces, lo que da origen a sustancias nuevas. Sin embargo, en este modelo una de las principales dificultades en la enseñanza de las reacciones químicas es que “su enseñanza se basa en sumar reactivos y sumar productos desde este aspecto matemático, pero no se están entendiendo las reacciones que se dan en ellas” (Campaz & López, 2021, p. 15). Al reducir la reacción química a una operación matemática, se invisibiliza el proceso molecular real, lo que afecta la construcción de explicaciones fundamentadas sobre las transformaciones que ocurren a nivel submicroscópico. Bajo este mismo concepto, explicar un cambio químico requiere transitar entre los niveles de representación propuestos por Johnstone (1993) que son explicados en mayor detalle en el marco didáctico.

La investigación en enseñanza de la química ha documentado reiteradamente que la articulación de estos niveles es una de las dificultades más complejas para el estudiantado. la comprensión estudiantil suele quedar restringida al nivel macroscópico, apoyándose en la evidencia afirma que los estudiantes “conciben la materia y sus cambios tal como los perciben” (Pozo y Gómez Crespo citados en Órdenes et al., 2014, p.46) , sin ahondar mucho en los procesos submicroscópicos que los explican.

La comprensión del cambio químico es relevante en este seminario debido a que en el contexto de la acidificación del océano, la reacción del CO_2 con el agua es ejemplo de transformación química afectada por actividades humanas y la contaminación. Como se muestra en la figura 1. dicha reacción produce ácido carbónico que se disocia, modificando el equilibrio ácido–base del océano. Este cambio químico, afecta de tal manera que “produce una reducción de la cantidad de iones carbonato en el agua. Muchos animales marinos necesitan iones carbonato para el carbonato cálcico indispensable en la formación

de esqueletos y conchas. Esto afectará su desarrollo y su capacidad de reproducción, llegando a suponer un peligro para sus poblaciones” (Sauza, Tocamo y González, 2021, p. 168).

Así, el cambio químico representado en la figura 2 tiene consecuencias directas sobre corales, moluscos y crustáceos que dependen de este equilibrio para su supervivencia.

3.1.3. Modelo disoluciones

El concepto de disolución es fundamental para el estudio de los fenómenos ambientales, especialmente aquellos asociados a la contaminación del agua y a la acidificación de los océanos. Una disolución se define como una disolución se define como “una mezcla homogénea de dos o más componentes [...] en la que la composición es la misma en cualquier punto de la disolución” (Chen et al., 2014, p. 161).

Sin embargo, diversos estudios han mostrado que los estudiantes presentan ideas previas persistentes sobre este fenómeno. En la literatura señalan que muchos estudiantes consideran que el soluto “desaparece” o “se pierde” al disolverse, lo que se relaciona con dificultades para concebir la materia en términos de partículas. (Valdez, Flores y Gallegos, 1998, p.156)

Esta visión de la materia puede ser en cierto modo un impedimento para comprender procesos como la concentración, el equilibrio químico, o la saturación en una solución.

La concentración de una disolución constituye un parámetro cuantitativo esencial para el análisis químico y para este proyecto de investigación. La concentración de soluto permite evaluar la calidad del agua, en el contexto de este seminario, el soluto de interés es el CO₂ disuelto, cuya concentración permite estimar el fenómeno de acidificación.

Gracias a ello en este trabajo se entenderá la concentración como “la cantidad de soluto disuelta en una determinada cantidad de disolvente, expresada mediante unidades de concentración que son proporciones soluto–disolución o soluto–disolvente” (Chen et al., 2014, p. 162).

Asimismo, las investigaciones sobre aprendizaje de disoluciones muestran que el estudiantado tiene dificultades para comprender la diferencia entre mezclas, compuestos y disoluciones. (Órdenes et al., 2014, p. 46). Esta confusión conceptual afecta en la

comprensión de las reacciones químicas que ocurren en solución, donde es importante el saber diferenciar procesos físicos de procesos químicos.

3.2. Marco didáctico

3.2.1 Dificultades del aprendizaje

El aprendizaje de la química presenta desafíos que han sido ampliamente documentados por el área de la didáctica. Diversos estudios coinciden en que las dificultades no se deben únicamente a la complejidad conceptual propia de la disciplina sino también a la forma en que se enseñan los distintos contenidos y a la desconexión entre las experiencias previas del estudiantado y los modelos teóricos que la misma química propone. En este sentido, comprender las dificultades constituye un elemento central para progresar en las clases de química.

Uno de los problemas estructurales más relevantes es que el aprendizaje de la química suele ocurrir sin que los estudiantes identifiquen los objetivos de aprendizaje de la disciplina ni comprendan el propósito de lo que aprenden, es decir los profesores deben responder a los estudiantados el ¿Para qué estoy aprendiendo?. En este sentido, la cuestión central es “cómo hacer que las preguntas que dan sentido a una disciplina (la química, en nuestro caso) tengan también sentido para quienes están aprendiendo” (Merino e Izquierdo, 2011, pp. 212–214).

Esta falta de dirección en cierto modo conceptual, lleva a los alumnos a un aprendizaje memorístico, algo fragmentado o desconectado entre sí, que a su vez carece de sentido para el alumnado. Todo este fenómeno se ve reforzado por prácticas docentes centradas en la transmisión verbal de conocimientos y en la presentación de conceptos, leyes y teorías como verdades incuestionables, propias de una enseñanza convencional de la química (Furió & Domínguez, 2007, p.90)

En relación con las dificultades conceptuales, la literatura muestra que el estudiantado suele trabajar desde modelos que no coinciden con los modelos científicos. Estos modelos previos se encuentran en su mayoría afectados por las vivencias del estudiantado, y el error común es que los estudiantes piensan la materia “tal como la perciben”, con ciertos rasgos de ingenuidad, los estudiantes tienden a concebir la materia y sus cambios tal como los

perciben sensorialmente o “una cierta fe realista, según la cual el mundo es tal como lo vemos, y lo que no vemos [...] no existe o al menos resulta muy difícil de concebir” (Pozo & Gómez, 2005, p. 21).

Bajo este contexto, en cuanto a dificultades conceptuales e ideas previas relacionadas al modelo ácido base por ejemplo, “los estudiantes piensan en los ácidos como agentes activos que dañan la piel y otros materiales. Esta idea se desarrolla en los niños pequeños, quienes aprenden a pensar en los ácidos como en algo ‘peligroso’ [...] No se perciben los ácidos como sustancias formadas por partículas, sino como materia continua con propiedades especiales” (Kind, 2004, p. 92). Por lo tanto, suelen asociar la acidez con “quemar”, “ser peligroso” o “tener olor fuerte”, en lugar de comprender que se trata de un fenómeno relacionado con la concentración de iones H^+ en solución.

Asimismo, la literatura evidencia que el estudiantado tiene dificultades para transitar entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico. Sin embargo, hay “considerable evidencia de que a los estudiantes les resulta difícil entender, aplicar y encontrar la relación entre ellos” (Órdenes et al., 2014, p. 48). Esta desconexión entre estos tres niveles se convierte en uno de los obstáculos más persistentes del aprendizaje en la química, especialmente cuando la enseñanza no considera explícitamente las ideas previas del alumnado.

3.2.2 Explicación científica

La explicación científica permite al estudiantado construir significados integrando tanto las observaciones, modelos, teorías y representaciones simbólicas. Se reconoce que explicar científicamente implica no solo poder describir lo observable, sino también relacionar los fenómenos con lo que no se ve, es decir, una transición de lo macro a lo microscópico y además fundamentar con distintos principios teóricos y modelos que le dan coherencia a los procesos analizados. En esta línea, la explicación científica escolar puede entenderse como un proceso en el que el estudiante “construye significados conectando los fenómenos observables con modelos teóricos y representaciones simbólicas” (Velandia, Quintanilla, 2025; Quintanilla & Mercado, 2022, p. 94; Quintanilla, Gómez, Sweet, Sepúlveda, Salas, 2025).

Desde una perspectiva actual, se sostiene que el poder explicar en ciencias necesita movilizar y articular tanto las ideas como conceptos y representaciones, de manera que no sea solo repetir información. La explicación científica escolar se entiende como un proceso en el que el estudiantado “integra mecanismos, modelos y principios teóricos que permiten comprender el fenómeno más allá de lo observable” (Quintanilla & Mercado, 2022, p. 95). En esa misma línea, el razonamiento causal es condición para el pensamiento crítico, ya que exige “explicar por qué o cómo sucedió algo y dar conclusiones fundamentadas” (Torres et al. 2022, p.137)

Para este proyecto es importante distinguir entre explicaciones descriptivas, que se limitan a mencionar lo observable, y explicaciones causales, que se orientan a justificar por qué ocurre un fenómeno movilizando principios, modelos y mecanismos. (Torres et al. 2022, p.137).

En la enseñanza de la química, la explicación adquiere un carácter algo complejo debido a la necesidad de transitar entre los tres niveles de representación de la materia propuestos por Johnstone (1998). La literatura a su vez, señala que “la existencia de tres niveles de interpretación de la materia y las relaciones que existen entre ellos supone una dificultad para el aprendizaje” (López-Banet et al., 2025, p. 79). Por ello, comprender fenómenos químicos para poder explicarlos requiere el poder transitar entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico (Órdenes et al., 2014, p. 46). Así, explicar no implica únicamente hablar sobre lo visible, sino vincularlo con modelos de partículas y con el simbolismo químico. Esto justifica a su vez, la necesidad de promover prácticas como las de este proyecto, de explicación más profundas que permitan integrar distintos niveles de representación y justificar el porqué de diferentes fenómenos. De esta manera, el desarrollo de la explicación científica no solo favorece la comprensión de contenidos, sino que compone un elemento esencial de la alfabetización científica y de la formación de ciudadanos capaces de argumentar y tomar decisiones de manera informada.

3.2.3 Enseñanza en Contexto

La química es una disciplina que suele ser percibida como difícil, abstracta o incluso desvinculada de la vida cotidiana. Es por eso que el enfoque de una enseñanza más contextualizada busca superar dicha desconexión, relacionando los contenidos científicos con situaciones reales, “enfatan la necesidad de contextualizar y adaptar los contenidos educativos a la realidad de los estudiantes, requiriendo que sean significativos y apropiados para su entorno” (Velandia et al., 2017, p. 12).

Uno de los enfoques más influyentes en la enseñanza contextualizada es el enfoque CTS (Ciencia–Tecnología–Sociedad), el cual propone integrar problemas reales para desarrollar competencias ciudadanas. Esta perspectiva es importante, ya que ayuda al alumnado a "entender la influencia de la actividad científica y tecnológica en la sociedad" (Marchán & Sanmartí, 2014, p. 4). En esta línea, la educación en química desde una perspectiva CTS se puede aprovechar como una oportunidad para “promover un aprendizaje contextualizado a la realidad y el protagonismo de los estudiantes en la producción de conocimientos científicos y tecnológicos” (Mól & Fernandes, 2024, p. 147). Así de este modo, el conocimiento en química deja de ser un conjunto de ideas abstractas para convertirse en una herramienta que facilita la manera que tienen los alumnos de interpretar y actuar en la sociedad.

En el mismo sentido, diversos estudios han señalado que la contextualización favorece el desarrollo de actitudes positivas hacia la química y la ciencia en general. Una enseñanza contextualizada permite que el estudiantado “comprenda los fenómenos de su entorno, resolver problemas de su cotidianidad y fortalecer la enseñanza de los contenidos de la química” (Campaz & López, 2021, p. 12). Esta visión refleja la importancia de relacionar los contenidos disciplinares con experiencias significativas. Además, se subraya que la contextualización no se limita solo a situaciones cotidianas o cercanas, sino que también puede incluir problemáticas ambientales, sociales o tecnológicas.

En el caso de este seminario, la contextualización se organiza en torno al fenómeno de la acidificación de los océanos, problemática que integra tanto las dimensiones químicas,

ecológicas y sociales. La acidificación constituye un ejemplo completo para enseñar química en contexto, ya que el aumento de CO_2 disuelto “modifica la química del océano, lo que resulta en una disminución del pH del agua y una alteración de la concentración de los iones carbonato” (Lomovasky et al., 2022, p. 2). Además, se ha mostrado que “la acidificación del océano reduce la cantidad de iones carbonato en el agua y afecta a organismos que los necesitan para formar esqueletos” (Lomovasky et al., 2022, p. 6). Este tipo de evidencia permite conectar directamente variables químicas con consecuencias ecológicas observables y relevante para la sociedad.

Este tipo de situaciones otorga relevancia y urgencia al aprendizaje de los conceptos químicos involucrados, al inscribirse en un contexto sociocientífico. Son precisamente este tipo de problemáticas reales las que favorecen el desarrollo de competencias científicas. El uso de contexto también responde a las dificultades tradicionales del aprendizaje químico. En este caso, “la tarea del profesor es presentar la química de manera accesible al alumno, para que él pueda producir el aprendizaje más significativo posible” (Nakamatzu, como se citó en Campaz & López, 2021, p. 14). La contextualización ofrece precisamente esta accesibilidad al transformar contenidos abstractos en problemas concretos. Además, facilita la articulación de los niveles de representación de la materia, dado que comprender fenómenos y poder explicarlos requiere “transitar entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, articulando la observación con la interpretación y la representación” (Órdenes et al., 2014, p. 46).

Así, la enseñanza contextualizada de la química se orienta también a formar personas alfabetizadas científicamente, “que desarrollen capacidad crítica, reflexiva y analítica para conocer con mayor profundidad lo que sucede en su entorno” (Campaz & López, 2021, p. 19)

3.2.4 Prácticas experimentales

Las prácticas experimentales constituyen un componente fundamental e insustituible en la enseñanza de las ciencias. El laboratorio no se concibe únicamente como un espacio para

la verificación de contenidos, sino como un contexto privilegiado para la indagación y la construcción de significados.

El valor central del trabajo experimental reside en su capacidad para actuar como un puente entre los fenómenos y las teorías. La necesidad de este tipo de trabajos, se justifica porque el problema principal es que los conocimientos se saben decir, pero "no se saben aplicar" (Izquierdo et al., 1999, p. 45). Para superar este desfase, en este seminario se evidencia la capacidad que tienen las prácticas en laboratorio para funcionar como una andamiaje a las distintas habilidades del pensamiento científico, en este caso la explicación. Transformando los hechos del mundo observable en "hechos científicos" mediante la interpretación con modelos teóricos (Izquierdo et al., 1999, p. 47).

Además, en el marco de la enseñanza contextualizada, las prácticas experimentales son esenciales para el desarrollo de competencias científicas. Estas prácticas permiten movilizar otras habilidades como por ejemplo la indagación, que "permite al alumnado utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en evidencias para tomar decisiones" (Marchán & Sanmartí, 2014, p. 7). Esto subraya que la experimentación no solo facilita la visualización de los fenómenos, sino que promueve el desarrollo de un pensamiento crítico que exige la conexión entre evidencia y justificación teórica, conceptos complementarios a la explicación.

IV. Marco metodológico e instrumentos

4.1 Contexto

Los alumnos cuyo material será de estudio, pertenecen a mi centro de práctica, específicamente al eletivo de ciencias del colegio Excelsior ubicado en Grajales 2340, 8370212 Santiago, Región Metropolitana.



Figura 1. Imagen del interior del recinto de práctica visto desde el segundo piso.

El electivo corresponde a sólo alumnos de cuarto medio y en el electivo se encuentran mezclados los cuatro cuartos medios A°, B°, C° y D°. Los horarios destinados a la asignatura son Martes a las 9:45-11:15, Jueves 9:45-11:15 y Viernes 14:00-15:30.

El curso se encuentra formado por 15 mujeres y 16 hombres de participación equitativa, es decir, no hay uno que destaque por sobre el otro en cuanto a aportes en clase.

En cuanto al ambiente en clases los alumnos son tranquilos y acatan al reglamento escolar, por lo que en cuanto a gestión del aula no hay problemas para la implementación.

Además, el establecimiento destaca por su academicismo y eso algo que se vio reflejado en la aplicación del proyecto: alumnos participativos, colaboradores y respetuosos.

4.2 Instrumento

La recogida de datos de este proyecto se realiza mediante dos tareas complementarias, divididas en tres clases, utilizando una guía para cada sesión (como las adjuntadas en los Anexos 1, 2 y 3). Para dos de las tres actividades se dispuso de una instancia de actividad experimental en el laboratorio del recinto escolar y una serie de preguntas abiertas para cada actividad que, incluyen tanto explicaciones escritas como representaciones submicroscópicas.

Para abordar las dificultades identificadas anteriormente, relacionadas a la asignatura, que exigen conciliar fenómenos concretos con explicaciones abstractas, se tomó la decisión de realizar dichas actividad experimental en el laboratorio. Esta elección se justifica en el

principio de que "Se considera (en general) que la Química es difícil porque es al mismo tiempo una ciencia muy concreta... y muy abstracta..., y porque la relación entre los cambios que se observan y las explicaciones no es evidente..." (Izquierdo Aymerich, 2004, p. 118). Por lo tanto, el laboratorio se concibió como un puente necesario entre el nivel macroscópico y el nivel submicroscópico, permitiendo a los estudiantes construir significados a partir de la manipulación directa de materiales y la observación de los fenómenos.

Esta decisión responde a un enfoque constructivista, entendiendo que el aprendizaje significativo requiere comenzar de las ideas previas del estudiantado, las cuales se definen como "preconceptos científicos que tienen los estudiantes respecto a diversos términos" (Martínez & Caballero, s.f., p. 992) y que, si no se trabajan, pueden transformarse en obstáculos. La experimentación fue seleccionada porque permite observar directamente estas concepciones iniciales cuando el alumnado se enfrenta a un fenómeno real. En esta línea, se entiende que una actividad de laboratorio "debe dirigirse consciente e intencionalmente a traducir las ideas iniciales de los estudiantes en conceptos científicos y aprendizajes más complejos" (López Rúa y Tamayo Alzate, 2012, p. 43).

Además, investigaciones previas han utilizado dispositivos similares, donde se pide al estudiantado "dibujar cómo se representa una disolución y luego explicar su dibujo" (Quintanilla & Mercado, 2022, p. 51), lo que valida el formato utilizado. Junto con ello, las preguntas abiertas resultan esenciales porque permiten que se expresen modelos mentales que no emergerían en un cuestionario tradicional, de modo que tareas meramente observacionales no permiten acceder al nivel submicroscópico. Por esta razón, no se optó por un cuestionario cerrado, ya que este no permite apreciar cómo evolucionan las representaciones ni cómo el estudiantado articula el fenómeno observable con el modelo de partículas. Dado que "son pocas las ocasiones en que se estudia en profundidad el concepto desde una visión submicroscópica" (Órdenes et al., 2014, pp. 9–10), la inclusión de dibujos resulta fundamental, puesto que las representaciones submicroscópicas constituyen un indicador directo de la comprensión conceptual en el área de la química. En esta misma línea, "una de las dificultades que se presenta en el nivel submicroscópico es

[...] cuando los alumnos no tienen una representación submicroscópica adecuada de la sustancia” (Órdenes et al., 2014, p.48), lo que justifica la relevancia de solicitar dibujos antes, durante y después de la disolución.

Para este punto es importante destacar que, el diseño del instrumento, que combina la observación experimental con la solicitud de explicaciones y representaciones submicroscópicas, se sometió a una validación interna de estructura y contenido mediante la revisión y el consenso con los tutores del seminario, asegurando así su sentido teórico y metodológico.

5. Resultados y análisis de datos

A continuación se presentan en tablas las explicaciones y representaciones obtenidas en cada día de aplicación, en dónde respondieron aproximadamente 21 – 20 alumnos. Cabe destacar que cada explicación obtenida es transcrita tal cual la escriben los alumnos en el papel, incluyendo faltas de ortografía con el fin de mantener la autenticidad del material. Luego dichos datos son analizados a partir de su respectiva agrupación en variados gráficos de torta cuya distribución es porcentual según el tipo de representación y explicación.

Estudiante	Pregunta 1. Dibuja de manera sub macroscópica (con partículas) lo que te imaginas que ocurre en la disolución antes, durante y después. ¿Cómo explicas lo que sucede?
E2	Antes, el recipiente solo contenía 100 mL de agua y 25 mL de NaOH, luego al colocar la gota de fenolftaleína (sólo 1) durante el proceso cambia su tonalidad, después en el resultado se empieza a soplar viento procede la mezcla a volverse incolora
E3	Antes= se agrega agua (H ₂) y hidroxido de sodio (NaOH) y se le agregan gotas de fenolftaleína (Ayudan a indicar el pH) en esta parte no se observa nada. Durante: Aca se le agrega [CO ₂] a través de la bombilla y el H ₂ O + CO ₂ = Da ácido carbonico que gracias a que la fenolftaleína se revela que el pH < 3,5 haciendo que pierda después su color.

E4	Antes la solución tenía más partículas, tras agregar la gota de fenolftaleína se van juntando con las partículas de la solución y las partículas cambian de color que es lo que se ve por el ojo humano
E5	Antes no sucede nada cuando le agrego el NaOH, la solución cambio de color, después al soplar en la solución con una bombilla se aclara la solución
E6	Al agua se le agrega hidróxido de sodio pero no reacciona. Se le agrega también fenolftaleína como indicador. Luego soplamos la solución expulsando CO ₂ que reacciona con el agua, dando como resultado ácido carbónico. Este reaccionará con el NaOH pendiente disociándose en bicarbonato de sodio y agua.
E7	Lo que sucede es que estaba muy concentrado al principio y durante, de un color rosado fuerte o morado y después gracias al oxígeno añadido esta concentración se libera
E8	Antes: solo hay partículas de H ₂ O y NaOH Durante: Agregamos una gota de fenolftaleína y la sustancia se vuelve morada. Después: las tres sustancias se mezclan y se vuelve transparente la sustancia final.
E9	Primero están el NaOH y el H ₂ O sin necesariamente mezclarse. Después al agregar la gota esta se espesa rápidamente haciendo que el color cambie. Al soplar todo se integra.
E10	Al agua se le añade hidróxido de sodio pero no reaccionan y se añade fenolftaleína como indicador, luego se le añade dióxido de carbono y reacciona con el agua formando ácido carbónico que reacciona con el hidróxido de sodio disociando agua y quemando bicarbonato de sodio en una reacción ácido base

E11	Primero está lista la disolución y el indicador de ph, al juntarlo con CO2 se disminuye considerablemente el ph, generando y llegando a neutralizar la solución.
E12	Antes: La mezcla es incolora hasta q se le hecha la gota de fenolftaleína Durante: X la gota de fenolftaleína la mezcla toma colores fucsia, x lo tanto se sopla Después: Al soplar la mezcla vuelve a ser incolora Explicación: La mezcla paso de estar neutra a aumentar su acidez x la gota de fenolftaleína y teñirse de rosa la cual vuelve a ser incolora al acercarse a la neutralidad
E13	parte con un color intenso, con todas sus partículas unidas después de soplar empieza a tener un color más claro por lo que yo entendí, sus partículas se separan y, eso hace que sea más claro, después de seguir soplando por más tiempo se vuelve transparente con sus partículas separadas.
E14	Antes: el hidroxido sódico (compuesto alcalino) se encuentra estable molecular mente. Durante: Al añadir la gota de fenolftaleína cambia la coloracion y aumenta su volumen al agregar 50ml H2O. Después: Al soplar se agrega CO2 a la mezcla, generando más dispersión en las partículas , además de disminuir el ph de la solución.
E15	Primero están el NaOH y el H2O sin necesariamente mezclarse. Después al agregar la gota esta se esparce rapidamente haciendo que el color cambie. Al soplar todo se integra.
E16	Antes: Al insertar una gota de fenolftaleína se genera el color rosado oscuro. Durante: Al poner una bombilla y comenzar a soplar comienza a pasar de un rosado un poco más claro. Después: Al soplar mucho se convierte transparente ya que toda la solución se vuelve ácido

E17	Las partículas se forman y se dividen, unen y se separan. $H_2CO_3 + NaOH \rightarrow NaHCO_3 + H_2O$. $CO_2 + NaOH \rightarrow NaHCO_3$ $- CO_3 + H_2O - CO_2$. (H_2CO_3) mg/l
E18	Antes el hidroxido sódico se encuentra estable. Cuando añadimos esta mezcla esta se transforma en un ácido carbonico y al empezar a soplar.
E19	Al juntar las partículas de agua (100 ml) con la de NaOH (25 ml), se juntan formando un ácido fuerte.
E20	La solución de H ₂ O y NaOH reacciona con la fenolftaleína, ambos se entrelazan creando un compuesto rosa y al neutralizarse se vuelve transparente.
E21	Al ser el NaOH un elemento con baja acidez y añadirle fenolftaleína esto provoca que su acidez aumente y cambie su color pero sin ningún cambio molecular, luego cuando empezamos a soplar la disolución soltamos CO ₂ lo que provoca que la disolución de H ₂ O, NaOH y CO ₂ se convierta en NaHCO ₃ y H ₂ O lo que vuelve a la disolución como estaba anteriormente
E22	Al añadir el agua (H ₂ O) se pasa al siguiente paso de añadir partículas de NaOH y fenolftaleína rodando esas partículas en una misma solución finalizando con el último paso que sería que crean una nueva partícula con la mezcla de los componentes que se nombro anteriormente

Tabla 1. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 1, pregunta 1.

Estudiante	Pregunta 2. Con tus propias palabras, ¿Cómo crees tú que este experimento explica el fenómeno de acidificación de océanos?
------------	--

E2	El experimento lo explica a través de la matraz donde el agua representa el océano y la gota de fenolftaleína la sustancia que acidifica el mar, así explica la acidificación de océanos
E3	La contaminación [CO ₂] que genera la industria queda en el aire, y al caer en el agua [H ₂ O] que crea ácido carbónico que desestabiliza el hábitat marino
E4	Yo creo que lo explica demostrando visualmente como una sustancia incolora puede llegar a ser un ácido peligroso
E5	Afecta de manera negativa a los ecosistemas marinos, esto se puede ver reflejado que el experimento antes de agregar el NaOH la mezcla era alcalina y cuando se introdujo se acidificó la mezcla como los océanos con el CO ₂
E6	El océano tiene una fauna que necesita un pH menor a 8,5. Entonces este experimento al disociarse el OH se acidifica el océano, bajando su pH ($X \leq 8,5$) a uno donde la flora o fauna no sobreviviría
E7	Con el aumento de oxígeno su alcalinidad aumenta un poco más, pero siempre en neutro
E8	Podemos ver que al agregar el NaOH al H ₂ O, el agua era alcalina, es una demostración de lo que ocurre en los océanos con el CO ₂ .
E9	Porque el agua del océano al entrar en contacto con el CO ₂ se forma ácido carbónico, lo que disminuye el pH del medio acuático, es decir, acidificando en océano.
E10	El CO ₂ reacciona con el agua formando H ₂ CO ₃ -> pudiendo reaccionar con otros compuestos ej: NaOH bajando el pH $x < 7$ (ácido)

E11	El experimento logra hacer una perfecta demostración de como evidentemente el ácido esta presente, si fuera el mar. A agregarle el indicador de ph, se demostró que así de fuerte es el ácido por el color fucsia fuerte. Luego de reducir el ph al soplarlo se logro neutralizar, pero así se logra evidenciar que si estaba lo fuerte que era el ácido.
E12	el fenomeno explica la poca acidez q hay en los oceanos mostrando su alta alcalinidad
E13	que al insertar un acido en una base como el mar, los químicos que componen este acido comienza a hacer que la base se vuelva completamente acida, así afectando a los humanos y animales.
E14	Permite observar cómo es que interactúan el NaOH compuesto presente en los océanos al entrar en contacto con ácido carbónico (agua más dióxido de carbono) produciendo una disminución del ph y, por ende, el aumento de la acidez del mar.
E15	Porque el agua del océano al entrar en contacto con el CO2 se forma acido carbónico, lo que disminuye el ph del medio acuático, es decir, acidificando en océano.
E16	Que al poder insertar un ácido en una base como el mar, los químicos que tiene este ácido comienza a generar que la base se vuelva completamente ácida, pudiendo infectar a los humanos y a los animales.
E17	Pues yo creo que al aumentar el ph se forma un líquido con CO2 se da o se transforma (H2CO3) y CO2 también en SIP.
E18	Porque es exactamente lo que sucede con los mares, ya que al haber tanta contaminación de CO2 en los mares que son H2O +

	NAOH esto termina quitando la sal que hay en el mar lo que aumenta su acidificación.
E19	Este experimento lo explica ya que, al juntar el agua con el ácido (NaOH) se convierte en un ácido fuerte, esto lo podemos saber, ya que cuando se pone una gota de fenolftaleína se pone rosado.
E20	Se juntan dos moléculas H ₂ O y CO ₂ , al mezclar sus pH se acidifica y vuelve más ácido
E21	Porque es exactamente lo que sucede con los mares, ya que al haber tanta contaminación de CO ₂ en los mares que son H ₂ O + NAOH esto termina quitando la sal que hay en el mar lo que aumenta su acidificación.
E22	Yo creo que por las mezclas de componentes da como resultado su acidificación creando por así decirlo, nuevas partículas

Tabla 2. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 1, pregunta 2.

Estudiante	Pregunta 3. Bajo este mismo marco teórico, ¿Cómo se explica el efecto que estos cambios en la concentración de CO ₂ producen sobre la vida animal y vegetal dentro de los océanos?
E2	El efecto varía según la tabla de pH (depende del nivel de ácido) por lo tanto produce un cambio en los alimentos y ecosistema donde se altere este cambio
E3	ya que el ácido carbónico desestabiliza el hábitat marino [pH > 3,5] haciendo que los animales [eces] y el gas se desorienten en todo como en los ciclos de apareamiento y en las algas impidiendo que crezcan y que terminen muriendo

E4	Se explica porque este cambia en la concentración de CO2 se vuelve un acido que afecta a todo tipo de vida tanto marítima como terrestre, y esto puede llegar a tener un gran problema al ecosistema
E5	Al momento de subir los niveles de CO2 en el oceano esto hace que el pH cambie, por ende algunas especies de algas o peces al no estar acostumbrados a esos niveles de acidez pueden hacer que reduzcan su población o extinguirse si no consiguen adaptarse
E6	Rodos los animales tiene. Un pH necesario para subsistir, los humanos al estar adaptados a un determinado pH no podrán adaptarse a una alteración y morirán
E7	Se explica con respuestas negativas, la vida animal disminuye, no puedo estar seguro de la vegetal, pero también debe ser negativa, pero en la vida animal afecta a todos, provocando muerte, malformaciones además de faltas de sentidos
E8	Cuando se concentra el CO2 en el océano, el pH del mismo cambia, por lo tanto, algunas especies mueren ya que no están acostumbradas
E9	El CO2 al entrar en contacto con el océano lo acidifica. Esto puede terminar afectando la vida animal y vegetal dentro del océano, ya que al acidificarse, se esta alterando el habitat de las especies, lo que aparte de llegar a dañar el organismo de estos, también puede afectar plantas, lo que quiere decir que se estaría viendo afectada la cadena alimenticia.
E10	Al cambiar el PH del agua los animales/platas adaptados a un determinado PH mueren al no poder adaptarse
E11	Que el CO2 al mezclarse con agua crea H2CO3 que al caer al agua del mar automáticamente genera NaH2O3 y agua, creando y

	fomentando aún más a la acidificación del océano, al pensar que cada día producimos mucho CO ₂ , nos damos cuenta de lo peligroso que resulta ser para los océanos, porque el agua contaminada, igual llega a los océanos.
E12	Cuando se concentra el CO ₂ en el océano, el PH del mismo cambia z lo tanto, algunas especies mueren ya q no estan acostumbrados
E13	Los peces se pueden desorientar, las algas dejan de reproducirse, el agua se siente acida.
E14	Los cambios en las concentraciones de CO ₂ afectan el nivel de ph del océano, produciendo alteraciones en el ecosistema acuático, pues hay un aumento en la acidez del mar y de sal, lo que produce el debilitamiento de moluscos y animales.
E15	El CO ₂ al entrar en contacto con el océano lo acidifica. Esto puede terminar afectando la vida animal y vegetal dentro del océano, ya que al acidificarse, se esta alterando el habitat de las especies, lo que aparte de llegar a dañar el organismo de estos, también puede afectar plantas, lo que quiere decir que se estaria viendo afectada la cadena alimenticia.
E16	Que los peses se pueden desorientar, que las algas se dejan de reproducirse, el agua se comienza a sentirce ácida.
E17	El CO ₂ puede disolver y se forma acidos de carbonico (H ₂ CO ₃) disminuye ph esto se cambia en si mismo el sistema de si la solución no se encuentra y daña a los ser vivos animales, plantas y seres humanos o la humanidad a la larga.

E18	Por ejemplo los caparazones de algunos moluscos se debilitan por la falta de sales
E19	El CO2 puede producir muerte de muchos peces (vida animal) por la acides de agua, y también las plantas serian afectadas por esa acides
E20	Al sobrevivir a base de O2 un aumento de CO2 en los oceanos, es posible que se ahoguen y les cueste mas vivir
E21	La disminución de estas sales en el hábitat marino afectan a sus cuerpos, como por ejemplo en sus caparazones perdiendo componentes importantes, lo que podrían debilitarlos. Esto también provoca que los oceanos pierdan su ambiente tan colorido al mezclarse el CO2 con el H2, bien como sucedió en el experimento
E22	Se cambiaría por el hecho que a los componentes naturales estas faunas acuáticas están acostumbrados a las mezclas que llevan tiempo con el CO2, en cambio si se agrega un nuevo componente este podría hacer que en el agua no haya O2 acabando con la vida marina de esta área o también al cambio drástico que puede presentar estas nuevas partículas en la salud del ecosistema marino

Tabla 3. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 1, pregunta 3.

Nombre	Pregunta 1.
--------	-------------

E2	Antes del vinagre, la cascara de huevo se mantenía bajo la superficie, luego de añadir vinagre la clara de huevo comenzó a subir y después de dos horas se mantiene
E3	Etapa 1: Se agrega CO ₂ el cual acidifica el agua [pH < 7] Etapa 2: En esta se acidifica aún más la muestra ya que se le agrega vinagre Etapa 3 la cascara de huevo deteriorada
E4	La comparación es la diferencia en el color y que en el vinagre la cascara de huevo flota más rápido
E5	Primero agregamos las cascara de huevo después soplamos dentro para acidificar la mezcla para ver si reacciona bien pero no ocurre ninguna reacción
E6	En un vaso con al fondo cascara de huevo (Ca) en un medio acuoso (HCO ₃) este mismo se disocia en H y HCO ₃ , estos reaccionan con el calcio haciendo 2H y carbonato de calcio al meter el vinagre, por la diferencia sube el Ca a la superficie
E7	Al inicio en los cambios no sucede nada, el huevo está en el suelo, se añade CO ₂ para ver que pasaba y solo se apareció más espuma
E8	Primero agregamos la cáscara de huevo, luego el vinagre y nos dimos cuenta de que la cáscara subió hasta donde pusimos vinagre
E9	El agua al entrar en contacto con las cascara de huevo no se produce cambio evidente. En cambio apenas el vinagre entra en contacto, las cascara empiezan a elevarse lentamente hasta que finalmente todas llegan arriba.
E10	Antes de añadir el vinagre no se veía una reacción visible, después añadiendo el aceite reaccionan liberando CO ₂ en forma de burbujas dejando Ca ²⁺ + CO ₂ + H ₂ O

E11	Primero estan pegados (sólido) y luego se separan, producto de la reacción y de que se hablandan luego pueden ver estado acuoso y medio gaseoso
E12	1ero agregamos la casacara de huevo, luego el vinagre y nos dimos cuenta de que la casacara sube al mezclarse con el vinagre
E13	Antes las cáscaras se quedan quietas en el fondo del vaso sin tener una reacción, durante las cáscaras comienzan a subir y empieza a salir burbujas y después, las cáscaras se quedan arriba junto a mucha espuma.
E14	NR
E15	El agua al entrar en contacto con las cascaras de huevo no se produce cambio evidente. En cambio apenas el vinagre entra en contacto, las cascaras empiezan a elevarse lentamente hasta que todas finalmente llegan arriba.
E16	Antes: las cáscaras de huevo estaban algunas separadas y otras juntas. Durante: Al agregar vinagre comenzaron a salir burbujas y comenzaron a subir. Después: Las cascaras de huevo están arriba con muchas burbujas.
E17	Durante el experimento las partículas cambia pues primero con el agua no cambia significativamente pero con el vinagre si no tanto en el color pero si la forma en la que se genera la fuerza para que el agua suba con la fuerza dada para el agua acidificada. En el segundo intento no pasa pues no tiene la misma fuerza y resistencia que anteriormente en si dado.
E18	Antes de añadir vinagre no hay reacción ya que solo hay cáscaras, durante estas empiezan a subir y bajar, algunos se mantienen arriba, cuando ya pasa un rato todos están flotando y se forma una especie de espuma blanca junto con las cáscaras.
E19	El agua no cambia de ph y las cascaras de huevo no cambian, en el acido salen burbujas y las cascaras se vuelven mas blandas

E20	Las cascaras de huevo se diluyeron en agua
E21	Al añadir el vinagre sobre las cascaras de huevo está produce que las cáscaras comiencen a moverse en el vinagre, de arriba hacia abajo, y después de cierto tiempo todas estas se quedan flotando y se forma una espuma blanca sobre la disolución
E22	Las partículas de las cáscaras de huevo al unirlas con las partículas de vinagre al unirlas y dejarlas un rato al juntarlas empieza a cambiar su color beish las partículas se juntan

Tabla 4. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 2, pregunta 1a.

Nombre	Pregunta 1.
E2	Antes de añadir el bicarbonato, el binagre se mantenía en estado neutro, al añadirlo el bicarbonato provoco una reaccion espontanea donde se ... el agua por unos segundos, despues de 2 horas volvio a su estado original
E3	Etapa 1: Se le agrega el bicarbonato no se ven cambios Etapa 2: Se le agrega el vinagre [Sale espuma] Etapa 3: La mezcla se ve un residuo a pH 3
E4	Al agregar el bicarbonato al vinagre hace que se mezcle y empiece a hacer una erupción con la espuma
E5	Primero no sucede nada porque no hay ningun acido con el que haga reaccion al añadir el vinagre acido los compuestos reaccionan y se genera CO ₂ por lo cual empieza a subir formandos burbujas de CO ₂
E6	yo y mi compañero pusimos vinagre y luego al añadir bicarbonato, la solución empezó a hacer espuma elevándose de 50 mL a 80 mL, después reduciendose a la normalidad.

E7	No pasó nada, vi si otras reacciones donde si salía espuma muy rápido, pero no sé el mío porque no pasó nada
E8	Al añadir el bicarbonato el vinagre comenzó a subir una espuma al instante. Al final quedó el vinagre más el bicarbonato sin la espuma
E9	El bicarbonato al hacer contacto con el vinagre erupcionan en un volcan de espuma desbordandose del vaso, al pasar el tiempo se normaliza se vuelve un líquido normal.
E10	El vinagre reacciona con el bicarbonato liberando CO2 en forma de burbujas generando una espuma que rapidamente se deshace
E11	Primero está con una Rx y burbujas, luego se crea más gas y burbujas, se visualiza mayor la Rx axotérmica al final queda como inicialmente pero las burbujas pequeñas
E12	Al añadir el bicarbonato al vinagre comenzó a subir una espuma. Luego quedo la mezcla sin la espuma
E13	Cuando se le agrega bicarbonato al vaso con vinagre este reacciona subiendo como si explotara con muchas burbujas y después la reacción paro pero en el vaso quedaron muchas burbujas.
E14	NR
E15	El bicarbonato al hacer contacto con el vinagre erupcionan en un volcan de espuma, desbordandose del vaso, al pasar el tiempo se normaliza se vuelve un líquido normal.

E16	<p>Antes: el vinagre estaba quieto sin ninguna reacción.</p> <p>Durante: Al agregar bicarbonato de sodio al vinagre comenzaron a salir muchas burbujas.</p> <p>Después: Al dejar de salir burbujas se mantuvieron dentro del vinagre.</p>
E17	<p>Pues con o añidiar el agua acidificada se forma una base de particulas durate la reacción con vingre se forma primera a transparente luego a blanco y luego se va para arriba el agua como si fuera espuma blaca (se forma el proceso)</p>
E18	<p>Tenemos el bicarbonato solo, así que no hay reacción pero al añadir el ácido acético esta reacciona y empieza a subir con una espuma pero al dejarla reposar vuelve a un estado líquido.</p>
E19	<p>El acido al entrar en contacto con el bicarbonato produce espuma (reaccion quimica), pero después se baja la cantidad de burbujas</p>
E20	<p>Se mesclan y liberan un gas que conjunto al líquido generan espuma</p>
E21	<p>Al mezclarse dos ácidos esto pareciera que la reacción se suba, pero al mezclarse con el oxigeno hace que se baje y terminen disueltos</p>
E22	<p>Al poner el bicarbonato a las partículas no les va a pasar nada, pero al mezclar el bicarbonato con el vinagre se va a generar una reacción que va a hacer que explote quedando como resultado una nueva partícula nueva como se ve en la imagen</p>

Tabla 5. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 2, pregunta 1.b.

Nombre	Pregunta 1.
E2	<p>Este cambio facilita dla disolucion de la cascara gracias a la carbonato de calcio provocando que al pasar 2 horas ya deberia haberse desintegrado por completo la cascara de huevo</p>

E3	Al añadir aceite al agua esta se acidifica su pH disminuye de 7 a 3, haciendo que los corales [Huevo]
E4	Al principio el ph no está acidificado, al agregar el CO2 a la solución de acidifica de manera más rápida
E5	Al soplas y añadir CO2 a la disolución hace que el pH se vuelva ácido, lo cual reacciona con el carbonato de calcio (cascara de huevo) que es una base
E6	El agua se acidifica haciendo iones H y HCO ₃ , siendo el CO ₃ el ion que se une al calcio, formando carbonato de calcio.
E7	Se vuelve de color verde oscuro o azul oscuro, el agua empieza a salir espuma pero normal
E8	Se acidifica la solución y la combinación de eso más el carbonató de calcio forma CO2
E9	El agua con la cascara de huevo, al soplarle, incorporándole CO2 no produce ningún cambio.
E10	Se hace mas acido reaccionando de mejor manera con el carbonato de calcio
E11	Al añadir el ácido acético y cambiar la acidez, la cascara de huevo se hablanda mas ya que la base activa el ácido y ocurre una Rx
E12	Se acidifica la solucion y la combinación de eso más la casacara de huevo forma CO2

E13	Cuando soplamos CO2 el pH baja, esto pasa pq el CO2 y el ácido se mezclan, al tener más acidez el carbonato de calcio se disuelve más rápido.
E14	NR
E15	El agua con la cascara de huevo, al soplarle, incorporándole CO2 no produce ningún cambio.
E16	Cuando soplamos CO2 o agregamos ácido al agua, el ph baja y se vuelve más ácida
E17	Con el ph del agua cuando se da CO2 o acético esto cambia pues al acidez facilita se da facil. A llagar a la cascara dado que se disuelve y se empieza a desaser y no se vuelve a formase eso.
E18	Estos elementos hacen que disminuya el ph de la solución volviéndose así más ácida, lo que hace que las cáscaras de huevo se desintegren.
E19	El acido toma la propiedad de la cascara (su duresa) volviendolo blando y facil de romper
E20	El ph se hace mas acido y entre mas acidificado mas facil derrite el con el calcio del huevo
E21	Estos elementos provocan que baje el ph de la disolución volviéndose aún más ácida, lo que termina derritiendo a la cascara de huevo
E22	Al estar soplando vas a estar añadiendo otras partículas haciendo que cambie la solución

Tabla 6. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 2, pregunta 2.

Nombre	Pregunta 1.
E2	Alterar la disponibilidad de calcio dando consecuencias para los organismos como corales y moluscos se desintegren poco a poco haciendo que los seres vivos que pertenescan al ecosistema afectado terminaran posiblemente muriendo por la dependencia de ellos
E3	La acidificacion del mar hace que los corales [Animales marinos] no puedan seguir reproduciendose
E4	Hace que los organismos no tengan una buena base de crecimiento y esto complica a los organismos y abitat naturales
E5	La acidificacion de los oceanos hace que los corales se desintegren formando CO2 El mismo CO2 que despues volvera al oceano haciendo un ciclo que afecta de manera negativa a la vida en los oceanos
E6	la unión de estos iones y la liberación del hidrógeno disminuye el pH. Haciendo que el coral no pueda vivir a esas condiciones a las que no está acostumbrado.
E7	Hace que se rompan y floten, esto hace que los corales y moluscos mueran
E8	Con la acidificación de los océanos, los corales + eso forman CO2, esto afecta el ecosistema marítimo negativamente porque no están acostumbrados a un entorno ácido
E9	Al aumentar el CO2 la disponibilidad del carbonato de calcio disminuye, lo que provocará que organismos como los corales y moluscos, tengan menos soporte y dureza.

E10	La acidificación del agua afecta negativamente en los corales ya que se empieza a disolver el carbonato de calcio
E11	Afecta de forma negativa, ya que en el experimento, luego de la reacción, la cáscara de huevo quedo más inestable y suave, con textura más lisa. Lo que deja una preocupación respecto a como esta ocurre en grandes cantidades en los corales del mar, porque puede eliminar el calcio y puede debilitar los habitats de peces
E12	Con la acidificación de los océanos, los corales forman CO ₂ , esta afecta al ecosistema marítimo negativamente pq no esta acostumbrado a un entorno ácido.
E13	Cuando hay mucho CO ₂ y se va al mar, por el aire lo hace más ácido eso hace que haya menos carbonato de calcio que eso lo usan los corales y moluscos entonces se debilitan o mueren y así afectando a otros animales que dependen de ellos
E14	NR
E15	Al aumentar el CO ₂ la disponibilidad del carbonato de calcio disminuye, lo que provocará que organismos como los corales y moluscos, tengan menos soporte y dureza.
E16	El aumento de CO ₂ vuelve el mar más ácido y reduce el carbonato de calcio. Así, corales y moluscos no pueden formar bien sus esqueletos, afectando a toda su vida marina.
E17	Se da pues al esta tan sucia el agua y contaminada se da ciertos componentes que nos hacen dar menos en el plante (esto puede afectar tanto a seres vivos animales, plantas, ser humano o ser a nosotros mismo) de distintas forma al

	tomar como al cocinar con ella o al tocarla quizás de esas maneras nos afecta al medio ambiente en general y la vida.
E18	Esta reacción desintegra el carbonato de calcio lo que hace que organismos como corales y moluscos se debiliten y así no poder reproducirse y sobrevivir.
E19	Provocaría que los corales se rompieran fácilmente, dejando a los moluscos desprotegidos, provocando muerte.
E20	Al no tener carbonato de potasio los corales no se alimentan bien y no crecen bien por ende los moluscos tampoco
E21	Como pudimos ver esta reacción desintegra el carbonato de calcio, por lo que provoca que tales organismos que cuentan con esta materia en sus cuerpos las debilite y no puedan reproducirse ni sobrevivir
E22	Creando un nuevo compuesto cambiando el ambiente haciendo que disminuya la vida marina

Tabla 7. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 2, pregunta 3.

Nombre	Pregunta 1.
E2	la acidificación del océano les quita a los corales y moluscos el material de construcción esencial que necesitan para sobrevivir, poniendo en riesgo su existencia y la de los ecosistemas que dependen de ellos, como los arrecifes de coral
E3	El CO ₂ aumenta la acidez del océano reduciendo el carbonato disponible corales y moluscos necesitan para formar sus esqueletos y conchas. Esto debilita sus estructuras y amenaza su supervivencia

E4	La acidificación de los océanos ocurre cuando el CO ₂ se disuelve en el agua y forma ácido carbónico. Esto baja el pH y reduce el carbonato de calcio, que es necesario para que corales y moluscos formen sus conchas y esqueletos. Como resultado, muchos de ellos se debilitan o mueren
E5	La acidificación de los océanos causada por el aumento de CO ₂ reduce la disponibilidad de carbonato de calcio esencial para corales y moluscos. Esto dificulta la formación de sus esqueletos y conchas debilitándolos y afectando la salud de los arrecifes
E6	La acidificación del océano ocurre cuando el CO ₂ se disuelve creando ácido carbónico. Haciendo que baje el pH y reduce el carbonato de calcio. Bajando el pH a uno el que los corales y los moluscos no están acostumbrados a vivir se deterioran disolviéndose y como consecuencia los arrecifes se deterioran.
E7	NR
E8	La acidificación del océano, causada por el aumento de CO ₂ reduce la disponibilidad de carbonato de calcio, esencial para corales y moluscos. Esto dificulta la formación de sus esqueletos y conchas, debilitándolas y afectando la salud de los arrecifes y la supervivencia de estos organismos
E9	El CO ₂ en el mar forma ácido y baja el pH, reduciendo el carbonato de calcio. Así corales y moluscos no pueden formar bien sus conchas y se debilitan
E10	La acidificación del mar es debido a que el CO ₂ se disuelve en el mar formando ácido carbónico lo que baja el pH del océano lo que disminuye la cantidad de iones de carbonato que son necesarios para formar carbonato de calcio material necesario para formar corales
E11	Los corales, moluscos y otros organismos que construyen conchas y esqueletos de carbonato de calcio (CaCO ₃) necesitan los iones de carbono para el proceso de calcificación. Al haber menos carbonato disponible para construir, se les dificulta más hacer y mantener sus esqueletos protectores

E12	La acidificación del océano, causada x el aumento del CO2 reduce el carbonato de calcio necesario para ccorales y moleuscos, debilitando sus estructuras y afectando los arrecifes
E13	Cuando aumenta el CO2, parte se disuelve en el mar y forma ácido, lo que baja el pH del agua. Esto reduce el carbonato de calcio que usan corales, y moluscos para formar cocnchas y esqueletos. Por eso se debilitan o mueren, afectando a muchos otros seres marinos que dependen de ellos.
E14	El aumento de CO2 provoca la formación de ácido carbónico; disminuyendo no solo el nivel del ph, sino tmb la cantidad de iones carbonato presentes en el agua, elemento fundamental para la formación de esqueletos y conchas de muchos organismos como los moluscos y corales, afectando su crecimiento y debilitándolos.
E15	El CO2 en el mar forma ácido y baja el ph, reduciendo el carbonato de calcio. Así, corales y moluscos no pueden formar sus conchas y se debilitan
E16	La acidificación del océano ocurre cuando aumenta el CO2 en la atmósfera y este gas se disuelve en el agua del mar, formando ácido carbonico. Este proceso disminuye el ph del agua y reduce la cantidad de iones carbonato disponibles. Los iones carbonato son necesarios para qué organismos como los corales, moluscos y algunos plancton formen sus esqueletos de carbono de calcio. Cuando hay menos carbonato, sus estructuras se vuelven más frágiles o incluso se disuelven, afectando su crecimiento, reproducción y la estabilidad de los ecosistemas marinos.
E17	La acidificación del océano ocurre cuando el CO2 se disuelve en el agua y forma ácido carbónico. Esto baja el ph y reduce el carbonato de calcio, que es necesario para que corales y moluscos formen sus conchas y esqueletos. Como resultado, muchos de ellos se debilitan o mueren.

E18	La acidificación del océano pasa cuando el CO2 se disuelve en el agua y forma ácido carbonico, bajando el pH. Esto reduce el carbonato de calcio que los corales y moluscos necesitan para formar sus conchas y esqueletos. Como resultado se debilitan o mueren, afectando a todo el ecosistema marino que depende de ellos .
E19	NR
E20	NR
E21	Cuando el CO2 aumenta una parte se disuelve en el mar formando ácido carbónico, lo que vuelve el agua más ácida, esto reduce el carbonato de calcio que usan corales y moluscos para formar sus conchas y esqueletos, debilitando su crecimiento y afectando los ecosistemas marinos
E22	NR

Tabla 8. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 3, pregunta 1.

Nombre	Pregunta 1.
E2	A traves del aumento de al concentracion de CO2 y la consecuente acidicacion del oceano no solo afectan a los organismos con concha, sinno que tienen un impacto profucndo y variando en toda la vida marina
E3	El aumento de CO2 acidifica el agua, afectando la formación de conchas, alterando cadenas alimentarias y reduciendo las biodiversidades marinas y especialente un arrecife de coral

E4	El aumento de CO2 cambia la vida marina porque afecta a especies que dependen del carbonato para sobrevivir. Si estas especies disminuyen, también se altera toda la cadena alimenticia del océano.
E5	El aumento de CO2 en los océanos además de acidificar el agua, afecta la fisiología de algunos organismos, altera la disponibilidad de nutrientes para el fitoplacton y desequilibra las redes tróficas marinas estos cambios tienen consecuencias para la productividad y la salud de los ecosistemas oceánicos.
E6	El aumento de CO2 y la acidificación afectan la vida marina ya que alteran la formación de estructuras calcáreas y el equilibrio químico del agua. Estos factores provocan menor crecimiento y reproducción en muchas especies pérdidas de cadenas tróficas y biodiversidad.
E7	NR
E8	El aumento de CO2 en los océanos, además de acidificar el agua, afecta la fisiología de algunos organismos, altera la disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton y desequilibra las redes tróficas marinas. Estos cambios tienen consecuencias para la productividad y la salud de los ecosistemas oceánicos.
E9	El exceso de CO2 acidifica el agua y daña a especies marinas que dependen del carbonato, afectando a corales y otras formas de vida
E10	El aumento de CO2 en la atmósfera provoca que se disuelva aún más CO2 en el mar provocando menos corales
E11	Se dificulta la formación de caparzones y esqueletos, existe un impacto en el comportamiento de los peces, es decir, toda su vida, además del blanqueamiento de los corales, que el conjunto de estos factores generan una problemática en los ecosistemas marinos

E12	El aumento del CO ₂ , tmbn altera la fisiología de los organismos marinos, cambia los nutrientes de fitoplanctos y desequilibra las cadenas alimenticias, dañando la productividad y salud del ecosistema.
E13	El exceso de CO ₂ cambia el equilibrio del océano y hace más difícil la vida de muchas especies. Los corales y moluscos se dañan, los peces pierden su hábitad y baja la biodiversidad. En general, la acidificación pone en riesgo todo ecosistema marino.
E14	Las variaciones en las concentraciones de CO ₂ en el océano desequilibra los ecosistemas marinos acidificando el ph del agua y poniendo en riesgo la cadena alimenticia, no solo del ecosistema marino sino tmb la comunidad humana que dependen de ellas.
E15	El exceso de CO ₂ , acidifica el agua y daña a especies marinas que dependen del carbonato, afectando a corales y otras formas de vida
E16	El aumento de CO ₂ hace que el mar sea más ácido, lo que dificulta que muchos organismos formen sus esqueletos. Esto debilita su supervivencia y afecta a toda la cadena alimenticia marina.
E17	El aumento de CO ₂ cambia la vida marina porque afecta a especies que dependen del carbonato para sobrevivir. Si estas especies disminuyen, también se altera toda la cadena alimenticia del océano.
E18	el aumento del CO ₂ cambia la química del agua y vuelve los océanos más ácidos, lo que daña los corales moluscos y peces. Los corales pueden blanquearse y perder vida, afectando la cadena alimenticia y la biodiversidad marina.
E19	NR
E20	NR

E21	El aumento del CO2 hace que el agua del mar se vuelva más ácida, afectando a muchas especies marinas. Los corales, moluscos y otros organismos tienen más dificultades para formar sus conchas o esqueletos, lo que debilita los ecosistemas. Además, algunos peces y algas también sufren cambios que alteran la cadena alimentaria marina
E22	NR

Tabla 9. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 3, pregunta 2.

Nombre	Pregunta 1.
E2	La IA influyó en un cambio gramaticalmente y información mayor pulida y redactada llegando a las preguntas pedidas para responderle.
E3	La IA ayuda a explicar la misma idea con más claridad y precisión, complementando las ideas con más información que ayuda a entenderlas
E4	Yo creo que la IA me ayudó formulando mejores respuestas con más datos y detalles
E5	la respuesta de ChatGPT es más completa ya que te explica todo y la dada por nosotros es más básica y con palabras menos adecuadas para describir ciertas reacciones químicas
E6	Diría que mejoró la cantidad de datos o más información, pero igual entendí el proceso gracias a las profes y el experimento que nos hicieron hacer.
E7	NR

E8	El texto respondido con IA está mucho más "correcto" o específico, en cambio el texto sin IA es más vago, además está un poco desordenado en tanto a las ideas.
E9	la IA me ayudó a explicarlo más claro y ordenado sin ella, me cuesta expresarlo bien, y comprender algunos conceptos
E10	ayuda mas que nada en el aporte de información y sintetizar esta
E11	Me ayuda bastante para agregar nuevas opiniones en lo que pensaba, logrando tener más conciencia, ya que me informo en temas más específicos
E12	Creo que la respuesta con IA es más completa y mejor redactada q la mia.
E13	Al usar IA me ayudó a explicar las cosas de una forma más clara, me dio ideas que yo ni había pensado y me ayudó a entender un poco mejor el tema. Si la hubiera hecho sin la IA usaría mis propias palabras y sin tanta información.
E14	El uso de IA facilita el aprendizaje al explicar al gusto y preferencia del usuario, lo que hace que responde y explica de manera más clara, complementando los conocimientos previos.
E15	la IA me ayudó a explicarlo más claro y ordenado sin ella, me cuesta expresarlo bien, y comprender algunos conceptos
E16	Usar la inteligencia artificial me permitió expresar mis ideas de manera más clara y estructurada. Me entregó información y ejemplos que quizás no se me habrían ocurrido sola, ayudándome a comprender mejor el tema.
E17	Creo que el uso de IA me ayudó a explicar las ideas que tenía de una forma más clara y ordenada. Mis respuestas no están del todo mal pero les falta alinearse de mejor manera eso.

E18	La IA influye mucho ya que esta me ayuda a responder de una manera más clara, completa y entender un poco más de mis respuestas. Si las comparo me doy cuenta que con la IA puedo complementar más.
E19	NR
E20	NR
E21	La IA realmente es una gran herramienta, ya que, me permitió comprender de una manera más sencilla y resumida la materia. En comparación a mis respuestas anteriores ahora si pude dar una respuesta más completa y clara.
E22	NR

Tabla 10. Resultados obtenidos en las respuestas escritas de la guía 3, pregunta 3.

5.2 Análisis de las respuestas escritas.

Explicar en ciencias implica “relacionar ideas, modelos y evidencias para dar sentido a los fenómenos” (Torres, 2022, p. 112). En el fondo, se trata de ver si los estudiantes solo dicen lo que ven o si también explican por qué ocurre.

Para hacer este análisis, se utiliza la categorización de explicaciones de Gilbert (2000), la cual es adaptada al proyecto, permitiendo distinguir lo siguiente:

Valor numérico	Categoría	Descripción	Características observables en la respuesta
1	Explicación descriptiva	Describe solo lo observable del fenómeno sin mecanismos.	Menciona el color, burbujas, mezcla, sin interpretación. No hay partículas, causas ni relaciones.

			Enfatiza únicamente el nivel macroscópico.
2	Explicación causal simple	Presenta una relación causa-efecto básica pero incompleta.	Da una razón general Habla de separación de partículas sin mecanismos. No usa lenguaje químico formal ni conceptos de ácido-base.
3	Explicación causal científica	Explica usando conceptos químicos validados y coherentes.	Menciona iones, equilibrio, interacciones soluto-solvente, formación de especies. Integra niveles macro-micro-simbólico. Emplea lenguaje químico formal.

Tabla 11. Categorización para el análisis de las explicaciones del estudiantado (adaptado de Gilbert et al., 2000).

Es a partir de la tabla 11 que se pueden cuantificar los datos obtenidos, asignando un valor numérico a cada explicación de los alumnos. A continuación se presentan los gráficos realizados y su respectivo análisis a modo general.

5.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 1

5.3.1 Presentación de los datos obtenidos en la guía 1 pregunta 1 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	P1
E2	1
E3	3
E4	1
E5	1
E6	3
E7	1

E8	1
E9	1
E10	3
E11	2
E12	2
E13	1
E14	2
E15	1
E16	1
E17	3
E18	3
E19	1
E20	2
E21	2
E22	1

Tabla 12. Datos obtenidos en la guía 1 pregunta 1, al aplicar los criterios de la tabla 11.

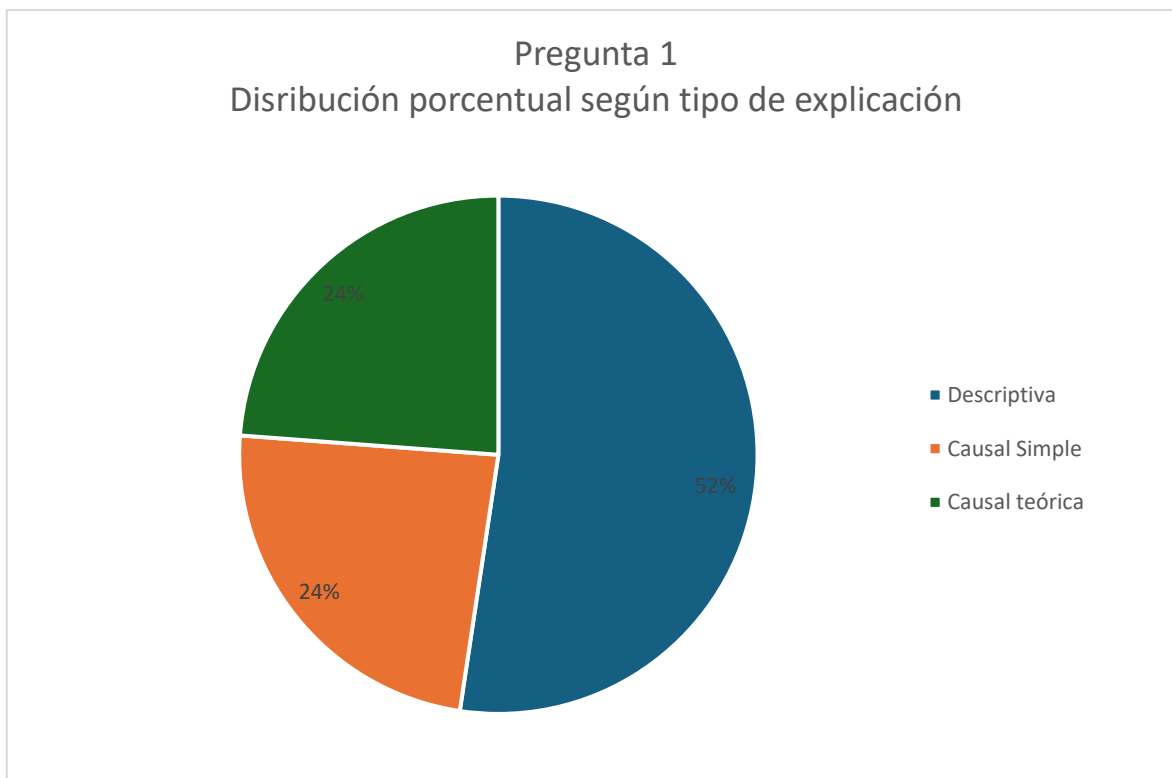


Gráfico 1. A partir de la Tabla 12.

5.3.2. Análisis de los datos obtenidos en la guía 1 pregunta 2 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	2
E3	3
E4	2
E5	2
E6	3
E7	2
E8	2
E9	2
E10	3
E11	3
E12	2

E13	2
E14	3
E15	2
E16	2
E17	3
E18	3
E19	2
E20	2
E21	3
E22	2

Tabla 13. Datos obtenidos en la guía 1 pregunta 2, al aplicar los criterios de la tabla 11.

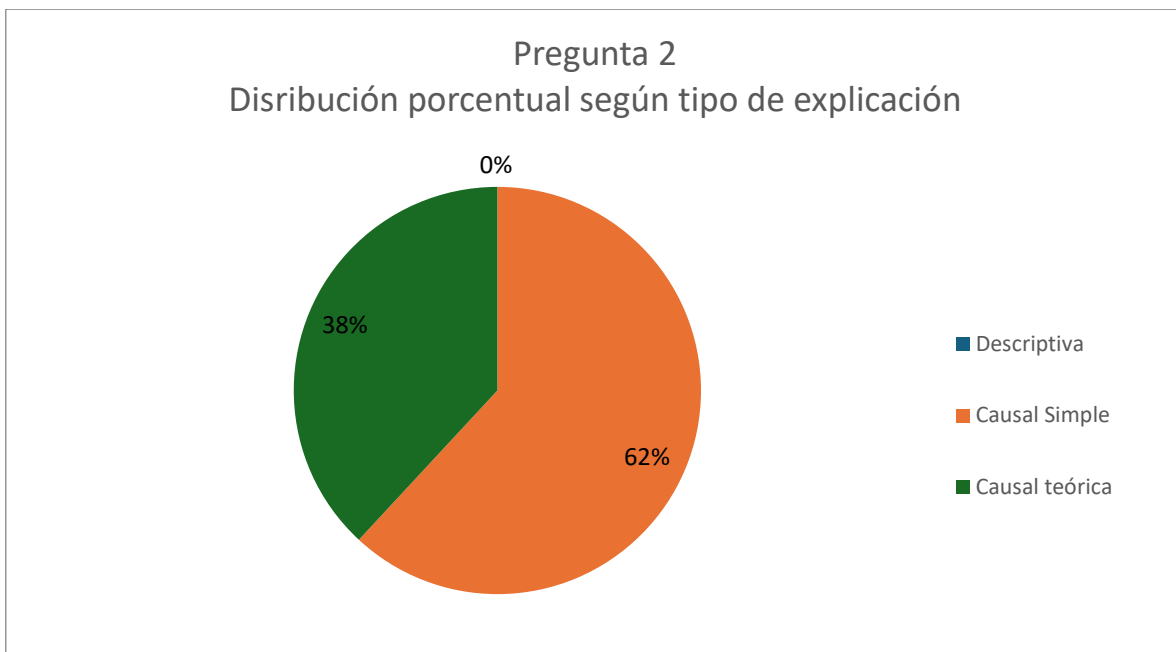


Gráfico 2. A partir de la Tabla 13.

5.3.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 1 pregunta 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	2
E3	3

E4	3
E5	3
E6	3
E7	2
E8	2
E9	2
E10	3
E11	3
E12	2
E13	2
E14	3
E15	2
E16	2
E17	2
E18	3
E19	2
E20	2
E21	2
E22	2

Tabla 14. Datos obtenidos en la guía 1 pregunta 3, al aplicar los criterios de la tabla 11.

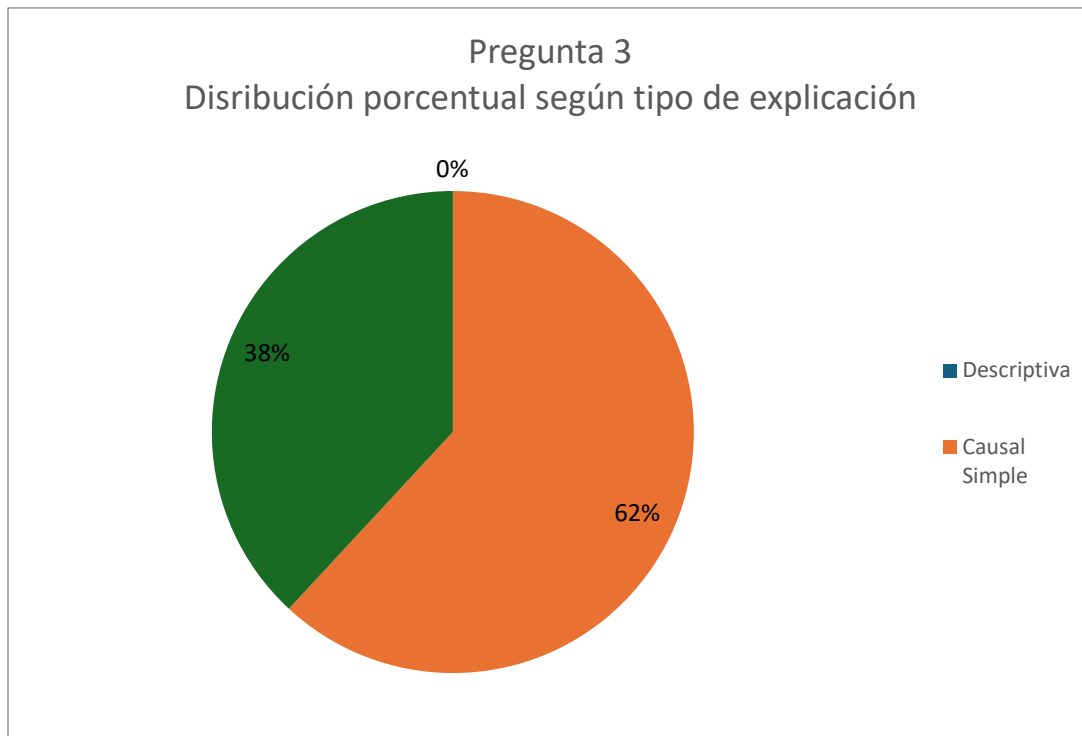


Gráfico 3. A partir de la Tabla 14.

5.4. Análisis de los datos obtenidos en la guía 2

5.4.1. Análisis de los datos obtenidos en la pregunta 1 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	2
E3	3
E4	2
E5	2
E6	3
E7	1
E8	2
E9	2
E10	3
E11	3

E12	2
E13	2
E14	0
E15	2
E16	2
E17	2
E18	3
E19	2
E20	2
E21	3
E22	2

Tabla 15. Datos obtenidos en la guía 2 pregunta 1, al aplicar los criterios de la tabla 11.

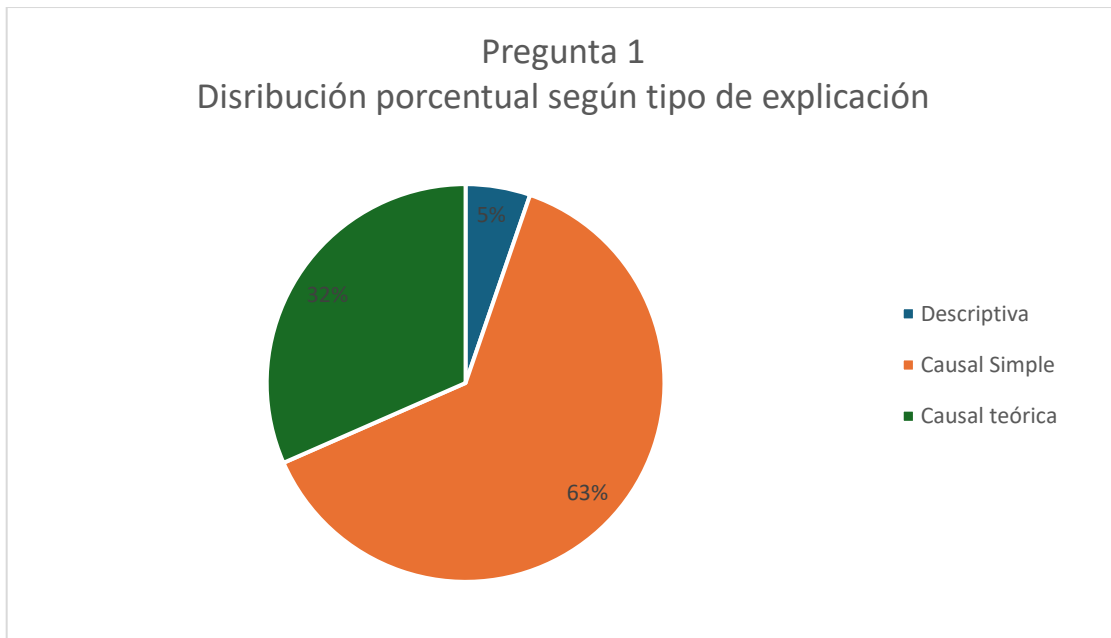


Gráfico 4. A partir de la Tabla 15.

5.4.2. Análisis de los datos obtenidos en la guía 2 pregunta 2 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	3
E3	3

E4	2
E5	3
E6	3
E7	1
E8	2
E9	2
E10	3
E11	3
E12	2
E13	3
E14	0
E15	2
E16	3
E17	2
E18	3
E19	2
E20	2
E21	3
E22	3

Tabla 16. Datos obtenidos en la guía 2 pregunta 2, al aplicar los criterios de la tabla 11.

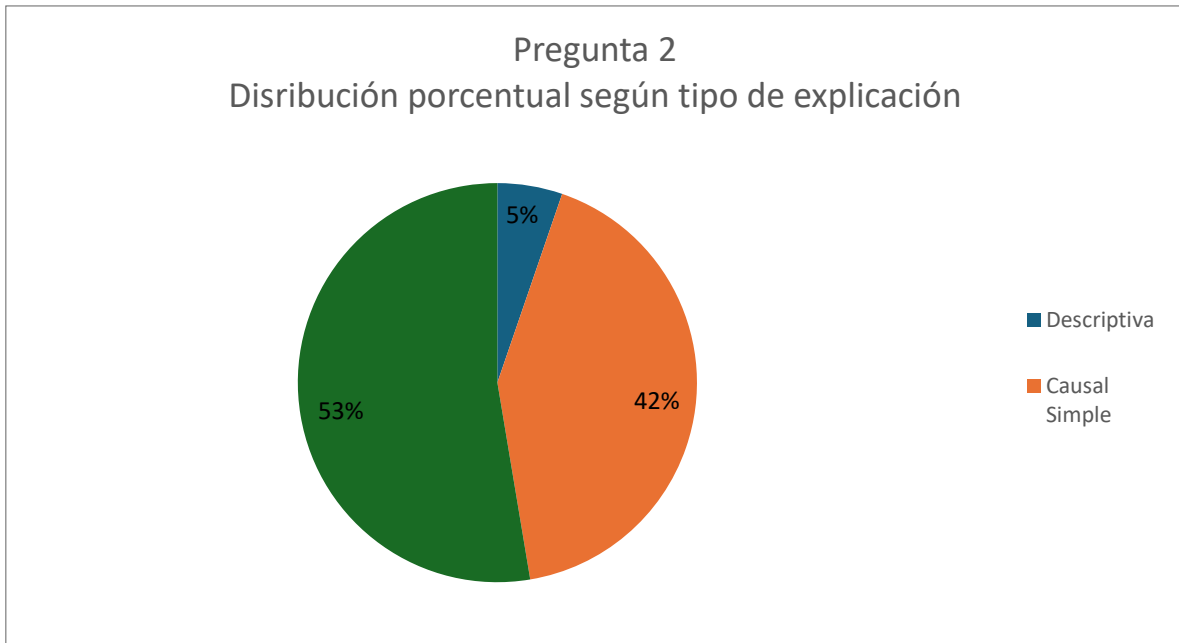


Gráfico 5. A partir de la Tabla Z5.

5.4.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 2 pregunta 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	3
E3	3
E4	2
E5	3
E6	3
E7	2
E8	3
E9	3
E10	3
E11	3
E12	3
E13	3
E14	0
E15	3

E16	3
E17	2
E18	3
E19	3
E20	3
E21	3
E22	3

Tabla 17. Datos obtenidos en la guía 2 pregunta 3, al aplicar los criterios de la tabla 11.

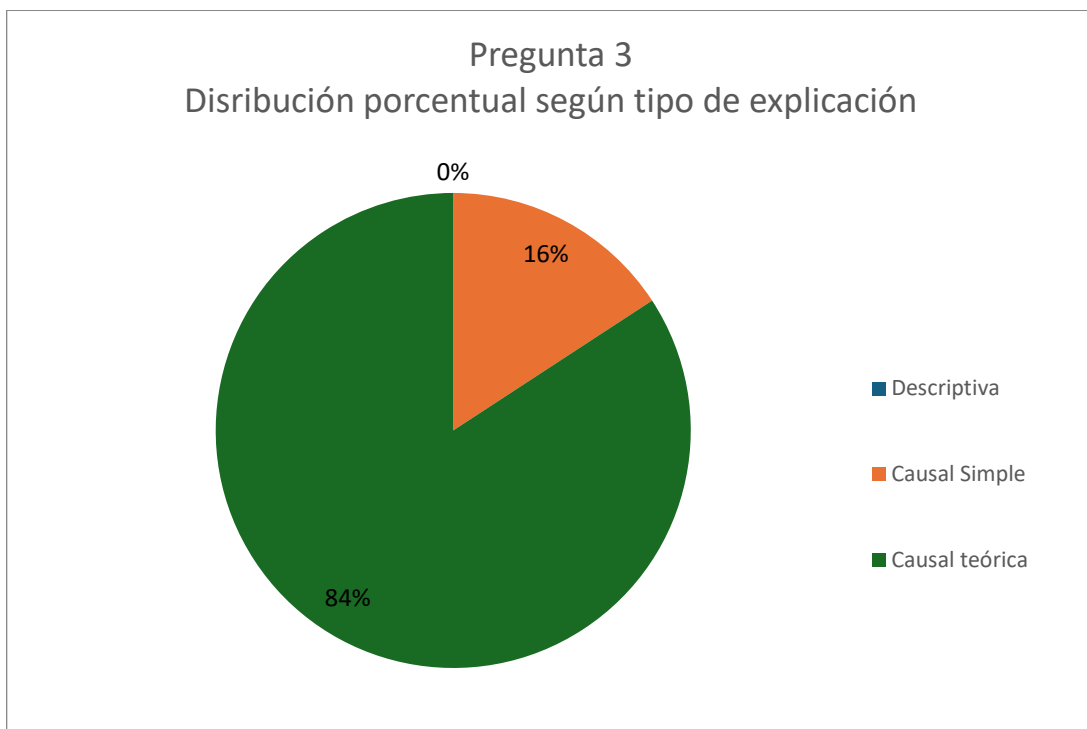


Gráfico 6. A partir de la Tabla 17.

5.5. Análisis de los datos obtenidos en la guía 3.

5.5.1. Análisis de los datos obtenidos en la pregunta 1 guía 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	2
E3	2
E4	3

E5	3
E6	3
E7	0
E8	2
E9	2
E10	3
E11	3
E12	3
E13	3
E14	3
E15	3
E16	3
E17	3
E18	3
E19	0
E20	0
E21	3
E22	0

Tabla 18. Datos obtenidos en la guía 3 pregunta 1, al aplicar los criterios de la tabla 11.

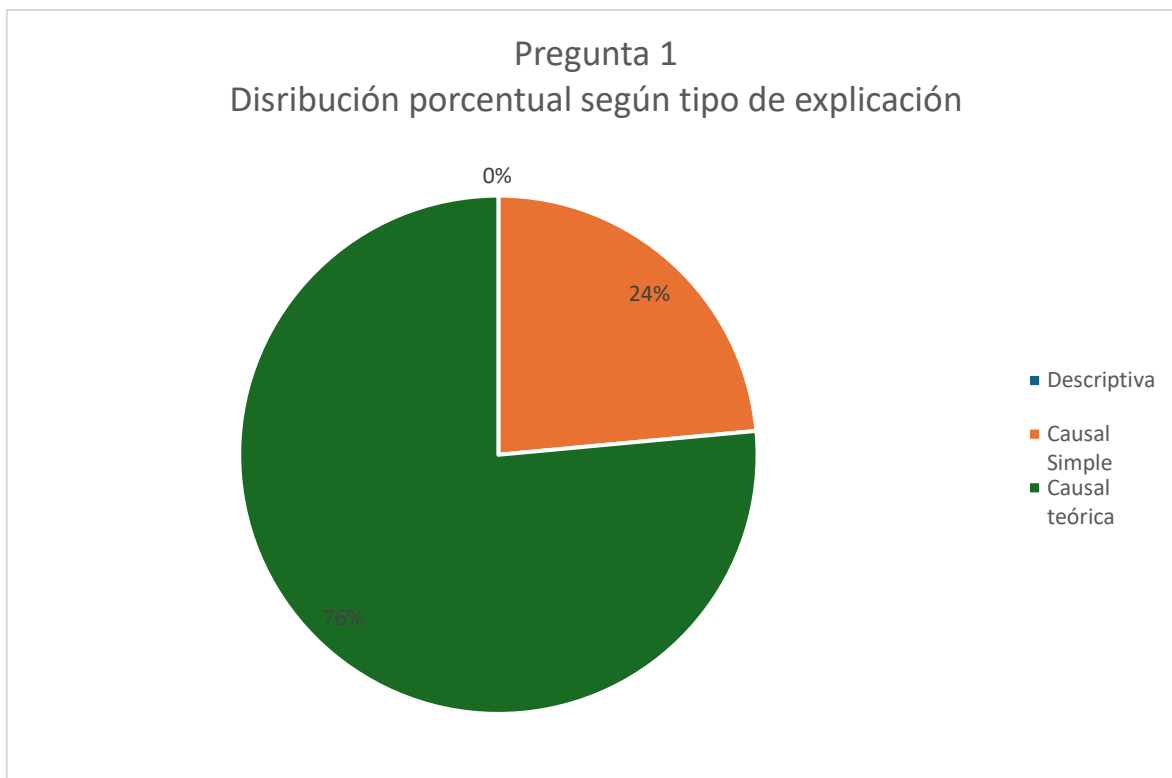


Gráfico 7. A partir de la Tabla 18.

5.5.2. Análisis de los datos obtenidos en la guía 3 pregunta 2 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	2
E3	2
E4	3
E5	3
E6	3
E7	0
E8	2
E9	2
E10	3
E11	3
E12	3

E13	3
E14	3
E15	3
E16	3
E17	3
E18	3
E19	0
E20	0
E21	3
E22	0

Tabla 19. Datos obtenidos en la guía 3 pregunta 2, al aplicar los criterios de la tabla 11.

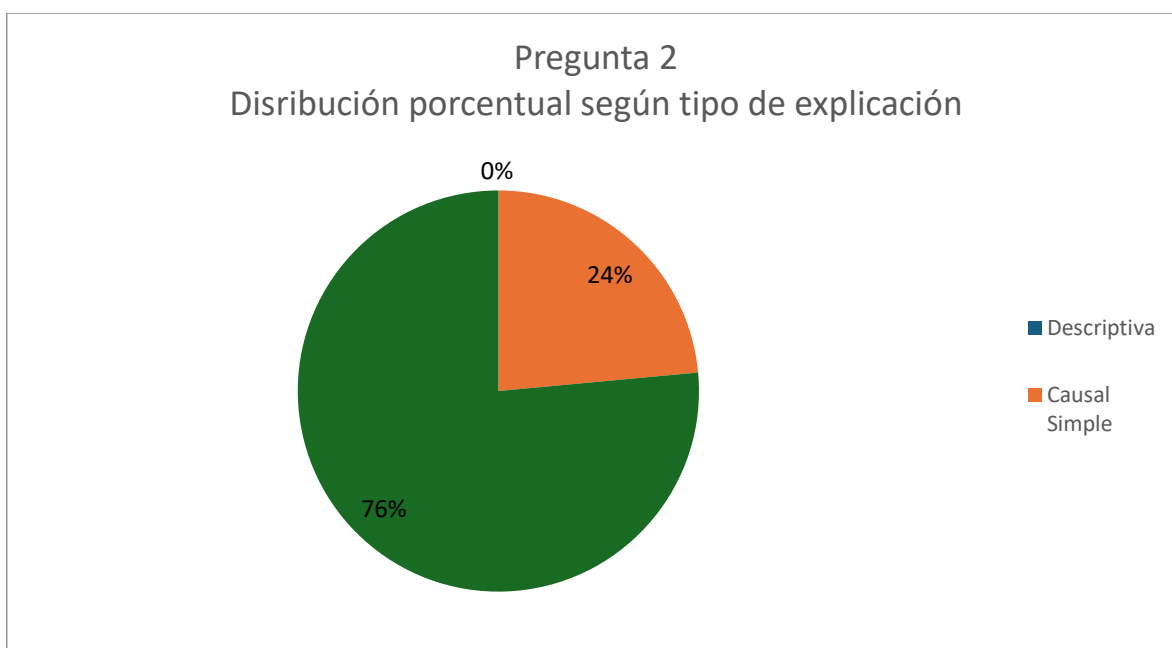


Gráfico 8. A partir de la Tabla 19.

5.5.3. Análisis de los datos obtenidos en la guía 3 pregunta 3 a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 11.

Estudiante	Pregunta
E2	2
E3	3
E4	2

E5	3
E6	2
E7	0
E8	3
E9	2
E10	3
E11	3
E12	3
E13	3
E14	3
E15	3
E16	3
E17	3
E18	3
E19	0
E20	0
E21	3
E22	0

Tabla 20. Datos obtenidos en la guía 2 pregunta 3, al aplicar los criterios de la tabla 11.

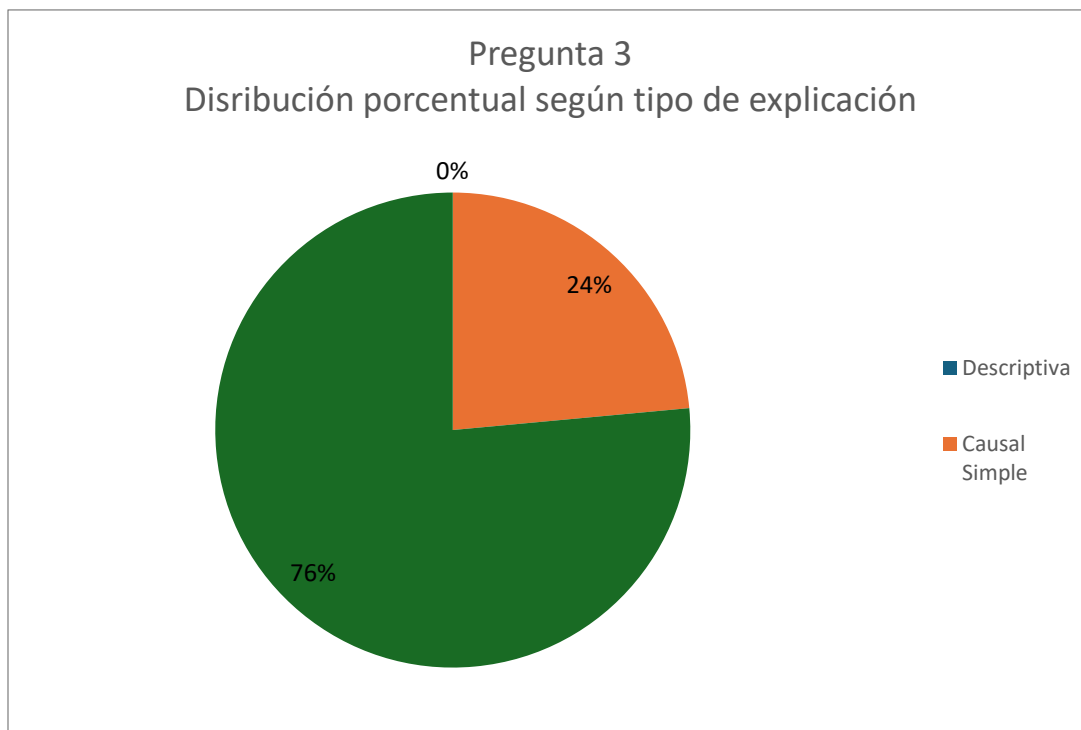


Gráfico 9. A partir de la Tabla 20.

5.6. Interpretación de las gráficas obtenidas a partir de cada aplicación.

El análisis de las respuestas escritas del estudiantado, considerando las tres guías y sus respectivas preguntas, permite identificar tendencias en el tipo de explicaciones entregadas por los alumnos, así como patrones de fortalezas dificultades en el uso de modelos o recursos teóricos para las explicaciones.

De manera general, los resultados muestran que las explicaciones descriptivas y causales simples predominan en las primeras instancias de la secuencia, especialmente en la guía 1, donde una proporción importante del estudiantado se limita a describir lo observable del fenómeno, centrándose casi exclusivamente en el nivel macroscópico. Estas respuestas se caracterizan por mencionar cambios visibles como por ejemplo el color, las burbujas o mezcla de sustancias, sin recurrir a recursos explicativos ni a modelos teóricos subyacentes. Este comportamiento es coherente con lo reportado en la literatura, que señala que, en contextos escolares, los estudiantes tienden inicialmente a explicar los fenómenos químicos desde lo perceptible, sin establecer relaciones causales profundas (Carrasco, Orellana & Quintanilla, 2022).

A medida que avanza la secuencia didáctica y se aplican las guías 2 y 3, se observa un desplazamiento progresivo hacia explicaciones de tipo causal científica (indicador 3). En estas instancias aumenta el número de respuestas que incorporan conceptos del lenguaje químico, como partículas, iones, interacciones o disolución, y que intentan vincular lo observable con conceptos no visibles a simple vista. Este cambio muestra que el trabajo con preguntas orientadas a explicar el “por qué” del fenómeno, favorecen más la movilización de modelos teóricos por parte del estudiantado, aun cuando dicha movilización no siempre sea completa o coherente.

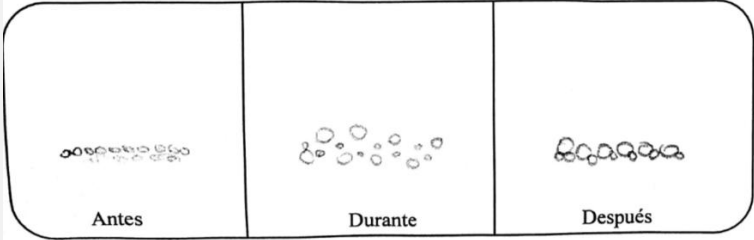
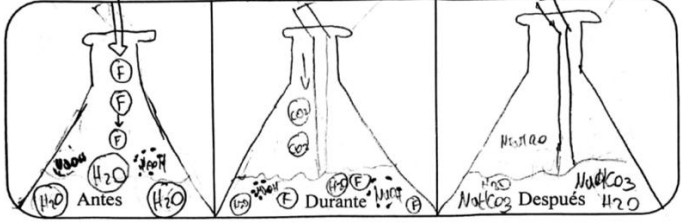
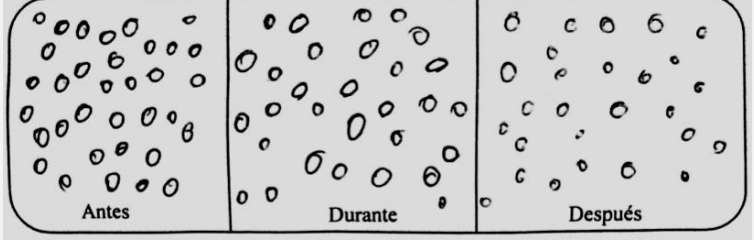
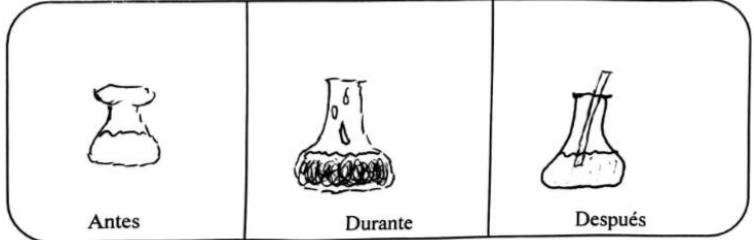
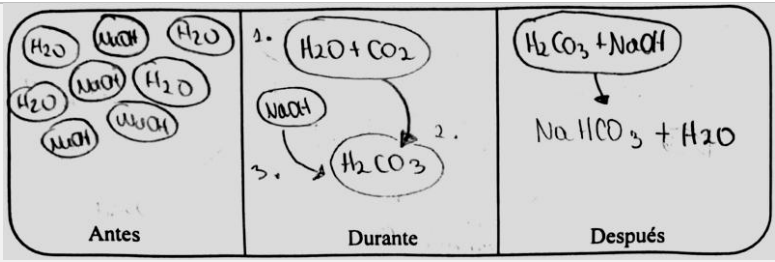
No obstante, pese a esta progresión, los resultados evidencian que la integración explícita de los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico sigue siendo una dificultad persistente. Incluso en las respuestas categorizadas como explicaciones causales científicas, es frecuente que uno de los niveles esté ausente o solo implícitamente mencionado. Esta dificultad coincide con lo señalado por Órdenes et al. (2014), quienes destacan que el tránsito entre niveles de representación no ocurre de manera espontánea y requiere de una enseñanza intencionada y sostenida.

Un elemento relevante del análisis general es la ausencia sistemática de explicaciones predictivas en todas las guías. Esto puede atribuirse a que los enunciados de las preguntas están en su mayoría orientados a explicar situaciones ya observadas y no a anticipar comportamientos bajo nuevas condiciones.

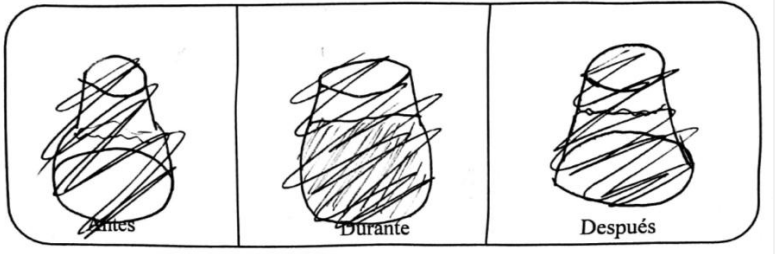
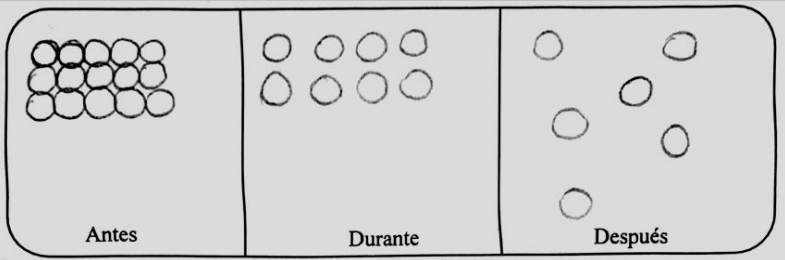
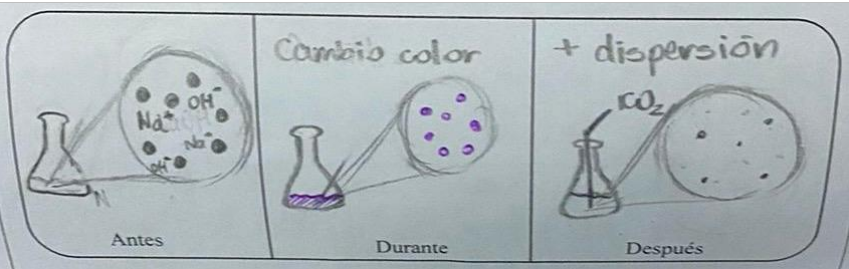
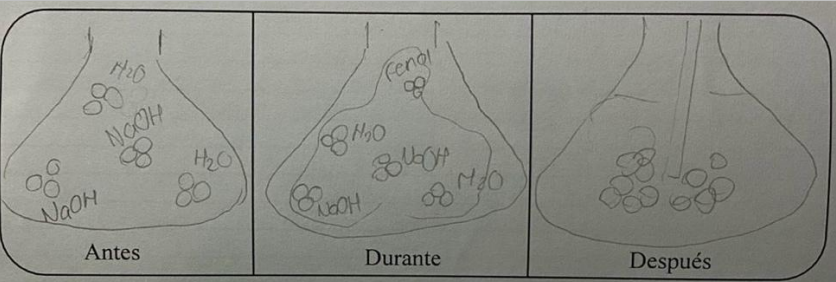
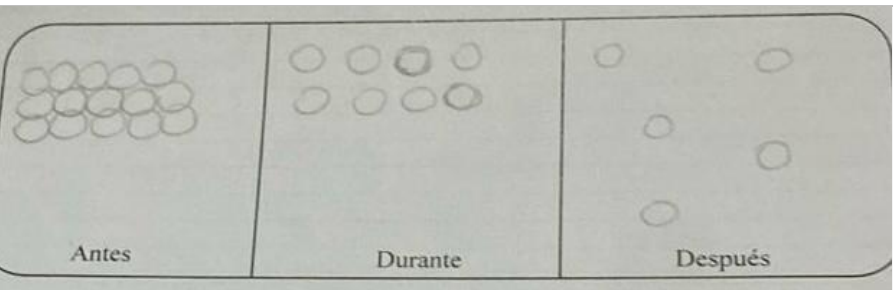
Finalmente, este análisis permite afirmar que las respuestas del estudiantado reflejan un proceso de aprendizaje gradual, en el que se pasa desde explicaciones predominantemente descriptivas hacia explicaciones más causales y teóricamente fundamentadas. Este avance no es homogéneo entre todos los estudiantes ni entre todas las preguntas, lo que refuerza la idea de que aprender a explicar en ciencias es una competencia que se construye progresivamente, y no un resultado inmediato de la instrucción. En este sentido, los resultados obtenidos justifican la importancia de las guías diseñadas con preguntas dirigidas y contextualizadas. Además, respaldan la necesidad de seguir fortaleciendo estrategias didácticas que hagan explícito el uso de modelos, el lenguaje químico y la articulación entre niveles de representación para enseñar química de manera íntegra.

5.7. Representaciones de los alumnos

5.7.1 Resultados obtenidos en la implementación en las representaciones de la guía 1

Estudiante	Dibuja de manera sub macroscópica (con partículas) lo que te imaginas que ocurre en la disolución antes, durante y después. ¿Cómo explicas lo que sucede?
E2	 <p>Antes Durante Después</p>
E3	 <p>Antes Durante Después</p>
E4	 <p>Antes Durante Después</p>
E5	 <p>Antes Durante Después</p>
E6	 <p>Antes Durante Después</p>

E7	<p>Antes Durante Después</p>
E8	<p>Antes Durante Después</p>
E9	<p>Antes Durante Después</p>
E10	<p>a disolución antes, durante y después. ¿Cómo explicas lo que sucede?</p> <p>Antes Durante Después</p> <p>Morado Neutraliza acolora</p>
E11	<p>Antes Durante Después</p>

E12			
E13			
E14			
E15			
E16			

E17	<p>Antes Durante Después</p>		
E18	<p>Antes Durante Después</p>		
E19	<p>Antes Durante Después</p>		
E20	<p>Antes Durante Después</p>		
E21	<p>Antes Durante Después</p>		

E22	

Tabla 21. Representaciones obtenidas en la pregunta 1, guía 1.

5.7.2 Resultados obtenidos en las representaciones de la guía 2.

Nombre	Pregunta 1 a)	Pregunta 1 b)
E2		
E3		
E4		
E5		

E6		
E7		
E8		
E9		<p>Complementa tu explicación con un dibujo.</p>
E10		
E11		<p>Complementa tu explicación con la siguiente ilustración.</p>
E12		
E13		
E14	NR	NR
E15		

E16		
E17		
E18		
E19		
E20		
E21		
E22		

Tabla 22. Representaciones obtenidas en la pregunta 1A y 1B, guía 2

5.8 Análisis de representaciones.

La selección de un criterio para evaluar las representaciones submicroscópicas elaboradas por el estudiantado se fundamenta en diversos aportes de la didáctica de la química, particularmente aquellos vinculados con las ideas previas, los niveles de representación y la explicación científica escolar.

En primer lugar, la investigación en didáctica de la química ha evidenciado que una de las principales dificultades en el aprendizaje de esta disciplina radica en la ausencia o debilidad

de representaciones submicroscópicas adecuadas, señalando que cuando los estudiantes no logran construir representaciones coherentes a nivel submicroscópico, tienden a concebir las sustancias solo como unos aglomerados desordenados de partículas, sin distinguir entre mezclas y compuestos (Órdenes et al., 2014, p. 52). Esta dificultad muestra que no es suficiente con que el estudiantado incorpore los elementos gráficos asociados a partículas, sino que es necesario evaluar si dichas representaciones son consistentes los distintos conceptos científicos involucrados.

Diversas concepciones de los estudiantes se encuentran ligadas a lo observable, lo que favorece interpretaciones alternativas como la creencia de que el soluto “desaparece” o “se destruye” durante el proceso de disolución. (Valdez et al., 1998, pp. 109–110) Este tipo de concepciones refuerza la necesidad de contar con un criterio de análisis que permita distinguir entre representaciones que evidencian una comprensión conceptual del proceso y aquellas que ponen de manifiesto la persistencia de ideas alternativas.

Desde la perspectiva de los niveles de representación, la enseñanza y el aprendizaje de la química requieren articular el nivel macroscópico, el submicroscópico y el simbólico (Johnstone, 1982, p. 378). El nivel macroscópico se vincula con lo observable a simple vista y con las propiedades perceptibles de la materia; el submicroscópico permite explicar los fenómenos a partir de partículas, como átomos, moléculas o iones; mientras que el nivel simbólico emplea el lenguaje químico formal, incluyendo símbolos, fórmulas y ecuaciones. Esta triple representación, propuesta originalmente por ha sido ampliamente utilizada y adaptada en investigaciones posteriores en didáctica de la química (Órdenes et al., 2014). En esta línea, los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico interactúan de forma permanente, por lo que no deben ser enseñados ni analizados de forma aislada (Campaz y López, 2021, p. 27). Desde esta perspectiva, el análisis de las representaciones del estudiantado no puede centrarse exclusivamente en la calidad gráfica del dibujo, sino que debe considerar la coherencia entre lo representado, la explicación escrita asociada y el modelo científico que se espera movilizar.

A partir de estos fundamentos teóricos, se define entonces una categorización para el análisis de las representaciones elaboradas por el estudiantado durante la implementación didáctica, la cual se resume en la Tabla X.

Valor numérico	Categoría
1	Macroscópica
2	Transitoria
3	Submacroscópica
4	Submacroscópica + simbólica

Tabla 23. Categorización de las representaciones a partir del modelo de Johnstone, 1982.

5.9. Análisis de las representaciones de los alumnos a partir de los criterios seleccionados

5.9.1. Presentación de los datos obtenidos en la aplicación de las representaciones de la guía 1 pregunta 1.

Estudiante	criterio
E2	2
E3	4
E4	2
E5	1
E6	4
E7	2
E8	2
E9	4
E10	4
E11	2
E12	1
E13	2
E14	4
E15	4
E16	2

E17	2
E18	1
E19	2
E20	3
E21	1
E22	3

Tabla 24. Datos obtenidos a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 23 en las representaciones de la pregunta 1 guía 1.

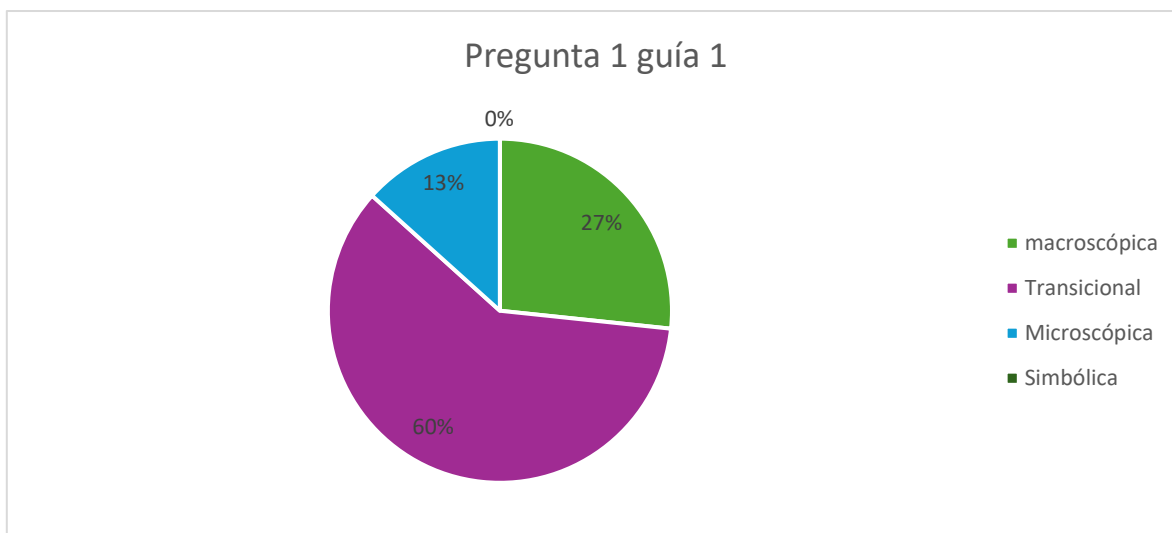


Gráfico 10. Gráfico de torta obtenido a partir de la tabla 24.

5.9.2 Presentación de los datos obtenidos en la aplicación de las representaciones de la guía 2 pregunta 1a y 1b.

Nombre	Pregunta 1 a)
E2	1
E3	4
E4	2
E5	2
E6	4
E7	1

E8	1
E9	1
E10	2
E11	2
E12	1
E13	3
E14	NR
E15	1
E16	3
E17	3
E18	1
E19	4
E20	3
E21	1
E22	3

Tabla 25. Datos obtenidos a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 23 en las representaciones de la pregunta 1a guía 2.

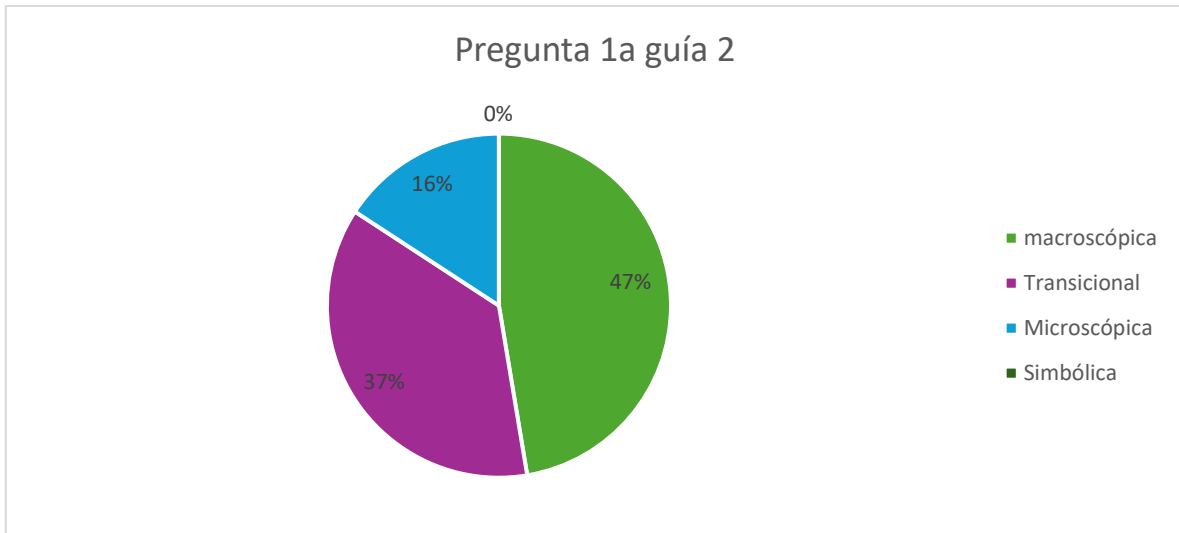


Gráfico 11. Gráfico de torta obtenido a partir de la tabla 25.

estudisnte	criterio
E2	2
E3	2
E4	2
E5	2
E6	4
E7	1
E8	1
E9	1
E10	1
E11	2
E12	1
E13	2
E14	NR
E15	1
E16	2
E17	1

E18	1
E19	3
E20	3
E21	1
E22	3

Tabla 26. Datos obtenidos a partir de la aplicación de los criterios de la tabla 23 en las representaciones de la pregunta 1b guía 2.

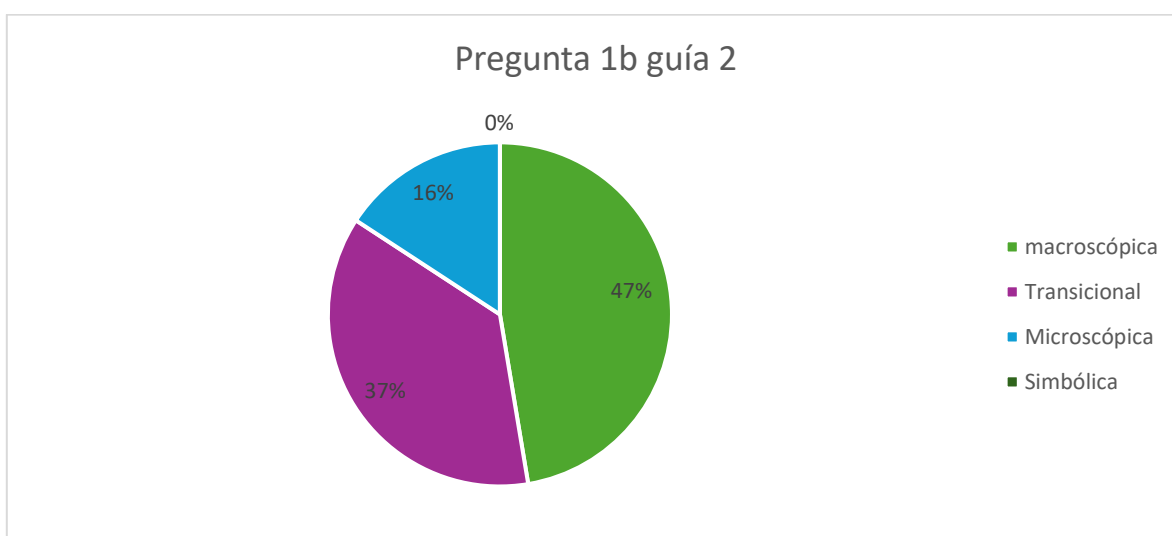


Gráfico 12. Gráfico de torta obtenido a partir de la tabla 26.

5.10. Análisis de las representaciones obtenidas en ambas aplicaciones.

A partir de los datos sintetizados en las distintas gráficas de las representaciones, es posible identificar una distribución relativamente equilibrada de las representaciones elaboradas por el estudiantado entre los distintos niveles de análisis propuestos. En términos generales, una parte del grupo curso se encuentra aún en niveles iniciales de representación, mientras que otra comienza a movilizar explicaciones a nivel submicroscópico y simbólico. En particular, cerca de la mitad del curso se concentra en los indicadores 1 y 2, correspondientes a representaciones macroscópicas y transicionales, lo que evidencia que estos estudiantes todavía no logran manejar con claridad el nivel de partículas ni explicar el proceso de disolución desde un modelo coherente. En contraste, la otra mitad del grupo alcanza los indicadores 3 y 4, mostrando intentos explícitos por

representar el fenómeno a nivel submicroscópico, ya sea de manera simple o incorporando elementos simbólicos propios del lenguaje químico.

Este patrón general es consistente con lo reportado por la literatura respecto de que “hay considerable evidencia de que a los estudiantes les resulta difícil entender, aplicar y encontrar la relación entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico” (Órdenes et al., 2014, p. 48). En este sentido, el hecho de que una proporción significativa de las representaciones permanezca en lo observable o en transición, muestra la persistencia de estas dificultades, particularmente en lo que respecta a la coordinación entre lo que se observa experimentalmente y los modelos teóricos que explican el fenómeno.

No obstante, a la siguiente aplicación, los resultados también muestran indicios de avance en una parte del grupo. La presencia de representaciones clasificadas en los indicadores 3 y 4 muestra que algunos estudiantes comienzan a establecer conexiones entre el nivel macroscópico y el submicroscópico, incorporando partículas y, en ciertos casos, símbolos químicos para dar cuenta del proceso de disolución. Este avance resulta relevante desde la perspectiva de la explicación científica escolar, ya que, son capaces de “construir significados conectando los fenómenos observables con modelos teóricos y representaciones simbólicas” (Quintanilla & Mercado, 2022, p. 94).

En conjunto, estos resultados permiten caracterizar al grupo como heterogéneo en términos del manejo de los niveles de representación. Mientras algunos estudiantes requieren apoyo específico para superar explicaciones centradas exclusivamente en lo macroscópico, otros ya disponen de recursos gráficos y conceptuales que pueden ser profundizados y refinados a lo largo de la secuencia didáctica. De este modo, el análisis general de las representaciones evidencia tanto las dificultades persistentes descritas por la literatura como oportunidades claras para promover una progresión hacia explicaciones químicas más integradas y conceptualmente fundamentadas, resaltando por sobre todo la gran mayoría obtenida en la categoría de transición.

6. Conclusiones y propuesta teórica

A partir de los datos obtenidos y su respectivo análisis, se puede decir que el instrumento sirve, destacando la importancia del poder dirigir las preguntas al momento de hacer cualquier tipo de evaluación.

Respecto al rediseño de la propuesta, esta se va a reestructurar en tres pilares que buscan optimizar la instrucción previa a la experiencia, formalizar la evaluación formativa y ajustar la implementación a las limitaciones que existen en el marco curricular Chileno (MINEDUC. 2018). Para guiar la producción del estudiantado y promover una participación activa e intencionada, se propone implementar una sesión inicial enfocada exclusivamente en los criterios de calidad para elaborar una explicación científica escolar y su respectiva representación asociada.

La clase previa entonces, garantiza la validez instruccional del proceso, ya que, al explicitar lo que se espera y lo que será evaluado, se logra la necesaria coherencia entre la enseñanza y la evaluación con el fin de "mejorar la evaluación de los aprendizajes, por consecuencia el aprendizaje en sí mismo." (Föster & Rojas-Barahona, 2008, p. 285).

Añadir de igual manera al cierre de la secuencia didáctica, luego de la implementación de cada guía, se va a añadir la autoevaluación guiada y la reflexión metacognitiva sistemática por parte del alumnado. En este caso, el propósito intencionado es que la autoevaluación promueva la autonomía y la capacidad de autorregulación del aprendizaje. Con el objetivo de "verificar empíricamente la Teoría de Acción subyacente e identificar efectos emergentes" (Araya et al., 2011, p. 25).

Al utilizar una pauta de autoevaluación basada en los criterios evaluados durante la implementación de la actividad se fomenta que el estudiante: sea capaz de reflexionar sobre sus propias capacidades y la forma en que concibió el contenido. De manera que pueda identificar sus vacíos y los contenidos dominados.

De esta manera, la autoevaluación se transforma en una herramienta con una alta validez consecuencial y validez instruccional, cuyo efecto principal es mejorar no solo la calidad del producto, sino el proceso cognitivo del estudiante.

Dada la amplitud del currículum nacional chileno y la necesidad de optimizar el tiempo, se requiere condensar la propuesta de tres a dos días de implementación intensiva. Esto

significa integrar las cuatro experiencias, tanto la clase de explicación/representación, como los tres laboratorios y la autoevaluación.

Esta reestructuración permite que el tiempo dedicado al contenido específico sea de dos sesiones, garantizando que el énfasis se mantenga en la reflexión y la construcción de la explicación, y no en la acumulación de actividades.

7. Bibliografía

Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(Especial 1), 40-49.

Araya, C., Taut, S., Santelices, V., & Manzi, J. (2011). Validez consecucional del programa de asignación de excelencia pedagógica en Chile. *Estudios Pedagógicos*, 37(2), 25–42.

Arellano, M., Órdenes, R., Jara, R., & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46–55. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70523-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70523-3)

Campaz Viveros, J. M., & López Torres, M. Y. (2021). Diseño de una propuesta de enseñanza del concepto reacción química que permita la relación de los 3 niveles de representación propuestos por Johnstone en estudiantes de octavo grado. [Trabajo de grado no publicado]. Universidad del Valle.

Carrasco Monrroy, P. A., Orellana Barahona, N. J., & Quintanilla-Gatica, M. R. (2022). Argumentación y aprendizaje de la teoría ácido–base. *Educación Química*, 33(2), 50–63. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.78138>

Carriazo, J. G., Jiménez-Aponte, F. M., & Molina, M. F. (2015). Investigación de las concepciones alternativas sobre ácidos y bases en estudiantes de secundaria. *Scientia et Technica*, 20(2), 188–194.

Espinoza Ramos, G. M. (2023). Acidificación oceánica: una consecuencia preocupante del aumento de CO₂ en la atmósfera. *Revista Aquaciencia*, 2(1), 10–14.

Förster, M., & Rojas-Barahona, C. (2008). Validez, confiabilidad y objetividad en la evaluación de aprendizajes en Educación Superior: Un enfoque para la mejora. *Revista Educación*, 32(2), 281–305.

Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.

Gutiérrez, A. E. (2017). Pedagogía de la relación en el mundo-de-vida venezolano. *Revista Ciencias de la Educación*, 27(50), 18–32.

Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 79–91.

Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45–59.

Korthagen, F. A. J. (2010). La práctica, la teoría y la persona en la formación del profesorado. *Revista de Educación*, 352, 83-101.

León, L., Rojas, S., & Ruiz, F. (2024). Enseñar argumentación científica desde una problemática socio-científica a futuros profesores de química y biología. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 818–820.

Lomovasky, B. J., Osiroff, A. P., Yusseppone, M. S., & Kahl, L. C. (2022). La acidificación de los océanos, el otro problema al aumento del CO₂: perspectivas para la comprensión de sus

efectos sobre los ecosistemas marinos en Argentina. *Revista del Instituto Geográfico Nacional, Dossier: Espacios marítimos*, 36–45.

Marchán Carvajal, I., & Sanmartí Puig, N. (s.f.). Una revisión sobre el uso de contextos en la enseñanza de las ciencias y su potencial para el desarrollo de la competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 702-710.

Martínez, S., & Caballero, M. (2014). Exploración de ideas previas en alumnos de 4º de ESO sobre contenidos relacionados con la educación ambiental. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 121(4), 990–993.

MINEDUC. (2018). Bases Curriculares 3º y 4º Medio: Formación General y Plan Diferenciado Humanístico Científico. Ministerio de Educación, Chile.

Mól, G. de S., & Freitas Fernandes, R. (2024). Educação química na perspectiva CTS inclusiva. *Educación Química*, 35(Número especial).
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.89407e>

Pozo Municio, J. I., & Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata.

Quintanilla, M., & Mercado, P. (2022). Caracterización de la explicación científica escolar en estudiantes de bachillerato. *Ciencia y Educación*, 31(3), 20-35.

Román Carracedo, D. (2018). *La química del carbono como unidad didáctica*. [Trabajo Fin de Máster no publicado]. Universidad de Valladolid.

Sanmartí, N., & García, P. (1999). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales. En *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* (pp. 75–98).

Sanmartí, N., & Márquez Bargalló, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (70), 27–36.

Sauza, B., Tocamo, Y., & González, J. (2021). Acidificación de los océanos. En G. A. Gómez (Docente), *Química General*. Sede Fundadores, Facultad de Tecnología, Construcción y Medio Ambiente, Licenciatura en Administración de Gestión Ambiental.

Torres, D. (2022). La explicación científica como habilidad transversal en la enseñanza de la química. (Tesis de Maestría no publicada). Universidad Nacional de Educación.

Anexos

Anexo 1, guía1.



Profesora Danna Cavieres
Proyecto de seminario de investigación
Pontificia Universidad Católica de Chile

Guía de laboratorio 1

“Observación del efecto del CO_2 en una disolución de hidróxido de sodio mediante un indicador ácido–base”

Nombre: _____

Fecha: ____/____/____

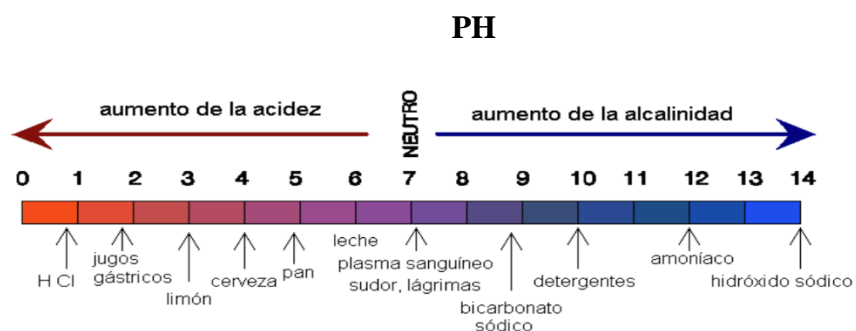
Curso: _____

Conceptos para considerar

CO_2

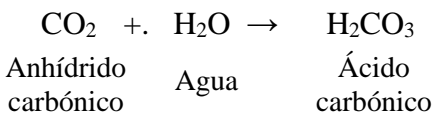
El dióxido de carbono (CO₂) es un gas presente naturalmente en la atmósfera, en el agua y en los suelos. Su concentración depende del medio en el que se encuentre:

- En el aire (atmósfera): se mide en ppm (partes por millón). Actualmente, las investigaciones dan cuenta que su concentración ronda las 420 ppm (partes por millón o 10⁻⁶ en peso o volumen), aunque ha aumentado en las últimas décadas por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles.
- En agua: se mide en mg/L, ya que el CO₂ puede disolverse y formar ácido carbónico (H₂CO₃), lo que disminuye el pH del medio acuático afectando así a la vida marina animal y vegetal.

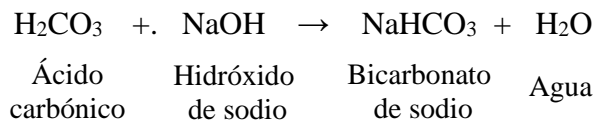


Reacciones involucradas

- El CO₂ al disolverse en agua forma ácido carbónico (H₂CO₃):



- El ácido carbónico reacciona con el hidróxido de sodio NaOH (base), neutralizando la solución:



*** La disminución del llamado ión hidroxilo OH⁻ provoca que el pH baje y la fenolftaleína (que es un indicador de pH rosado en pH > 8,5) pierda su color cuando la solución se acerca a neutralidad.

Precauciones!

- Nunca pruebes, inhales directamente o toques con las manos los productos químicos.
- Manipula el material de vidrio con cuidado para evitar accidentes

- Si ocurre un derrame, avisa inmediatamente al docente y no intentes limpiarlo sin indicaciones.
- Mantén una conducta responsable, evitando juegos o distracciones.
- Sigue el protocolo experimental paso a paso.
- Cooperar con tu grupo de trabajo y distribuyan funciones.

Materiales

- 1 matraz Erlenmeyer (100–250 mL)
- Agua destilada
- NaOH (hidróxido de sodio) o solución básica preparada
- Fenolftaleína
- Pipeta o gotero
- Bombilla
- Guantes de seguridad y gafas protectoras

Procedimiento

1. Preparación de la disolución
 - En un vaso añadir 50 mL de agua y con una pipeta añadir gotas de la disolución de NaOH.
 - Añadir dos gotas del indicador fenolftaleína
2. Soplar aire en la solución:
 - Introducir la bombilla hasta el fondo del matraz.
 - Soplar suavemente con la boca, sin introducir saliva ni tragar disolución.
3. Observar el viraje de color:
 - Continuar soplando hasta que la solución adquiriera un tono incoloro o casi neutro, indicando la reducción del pH.
4. Registra las observaciones

3. Bajo este mismo marco teórico, ¿Cómo se explica el efecto que estos cambios en la concentración de CO₂ producen sobre la vida animal y vegetal dentro de los océanos?

Anexo 2, guía 2.



Profesora Danna Cavieres
Proyecto de seminario de investigación
Pontificia Universidad Católica de Chile

Guía de laboratorio 2

“Observación del efecto del CO₂ en organismos calcáreos”

Nombre: _____

Fecha: ____/____/____

Curso: _____

Conocimiento a considerar

Efecto invernadero

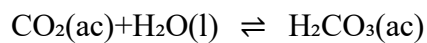


Componentes de los corales

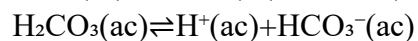
Los corales son pequeños animales llamados pólipos, que viven en colonias y secretan un esqueleto externo de **carbonato de calcio** y aragonita. Este esqueleto duro proporciona soporte a los pólipos y forma la estructura de los arrecifes de coral a lo largo del tiempo.

Reacciones involucradas en este proceso

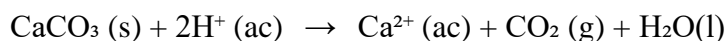
- El CO₂ se disuelve con el agua lo que se puede representar de la siguiente manera el agua:



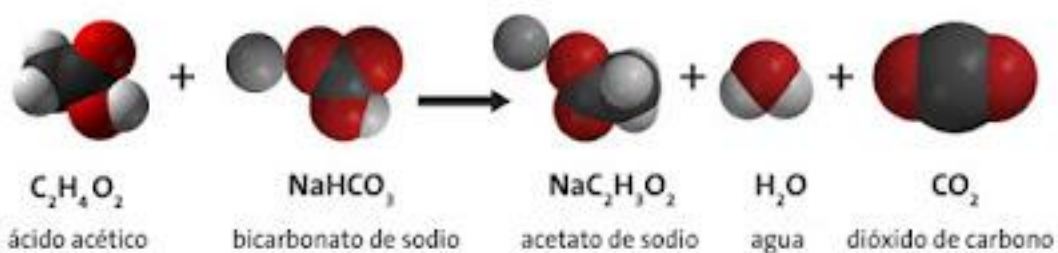
- Ionización del ácido carbónico se representa de la siguiente manera



- La reacción química del carbonato de calcio (presente en el huevo) en ambiente ácido se representa de la siguiente manera simbólica



- La reacción química, en comparación con el vinagre + el bicarbonato de sodio, se representa de la siguiente manera:



Materiales

- Vaso transparente
- Cáscaras de huevo
- Bicarbonato
- Vinagre.
- Cuchara/varilla para mezclar
- Probeta

1. Añadir 50 mL de agua medidos en una probeta de agua en un vaso de 200 mL
2. Añadir 50 mL de vinagre en otro vaso.
3. Añadir 50 mL de vinagre en otro vaso

4. Medir pH inicial de las tres disoluciones con papel pH.
5. Dentro de tu muestra de sólo agua, introduce la bombilla y sopla por 5 minutos.
6. Agregar cáscara de huevo/bicarbonato en el vaso con sólo agua y en uno de los vasos con vinagre para ver cual se reacciona más rápido.
7. Finalmente, en el vaso con solo vinagre y sin cáscara de huevo, añade bicarbonato y observa
7. Compara las disoluciones, escribe y analiza los resultados obtenidos

Ítem I. Responde cada pregunta **sólo** con tus propias ideas (Recuerda no utilizar tu celular en este ítem)

1. Dibuja a nivel sub macroscópico (Con partículas) los cambios que ocurren en la reacción con la cáscara de huevo cuando está en contacto con el agua acidificada en comparación con el agua normal. **Explica** con tus propias palabras lo que ocurre

Antes de añadir vinagre	Durante la reacción	Después de 2 horas
-------------------------	---------------------	--------------------
