



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
CAMPO DE CONOCIMIENTO QUÍMICA

PROPUESTA PARA DESARROLLAR UNA ACTITUD POSITIVA HACIA LA QUÍMICA EN LOS ESTUDIANTES DE LA ENP, A PARTIR DE UNA PROBLEMÁTICA DE LLUVIA ÁCIDA, MEDIANTE LA DIDÁCTICA DEL ABP.

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA

STEPHANIA GUADALUPE OROS SÁNCHEZ

TUTORA: DRA. AURORA DE LOS ÁNGELES RAMOS MEJÍA

FACULTAD DE QUÍMICA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

DR. LUIS MIGUEL TREJO CANDELAS

FACULTAD DE QUÍMICA

DRA. CLARA ROSA MARÍA ALVARADO ZAMORANO **INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y
TECNOLOGÍA**

CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE, 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Abreviaturas	3
Resumen	4
Cómo se divide el trabajo	6
Marco teórico	7
A) Contenido didáctico	7
• La lluvia ácida y su educación en contexto	7
• ¿Cuál es la “Gran Idea” involucrada en la lluvia ácida?	8
• ¿Por qué es importante el estudio de la lluvia ácida?	8
• Concepciones alternativas involucradas en la química de la lluvia ácida	9
• Dificultades de enseñanza-aprendizaje y su relación con las actitudes hacia la química	11
• ¿Qué son las actitudes?	14
• Actitudes hacia la química	15
• ¿Cómo se miden las actitudes?	17
• ¿Qué es Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)?	18
• Fundamentos teóricos del ABP	19
• Características del ABP	22
• El diseño de problemas en el ABP	24
• La metodología de los siete pasos en el ABP	26
B) Contenido científico	30
• ¿Qué es la lluvia ácida?	30
• ¿Cuáles son las fuentes de emisión de los óxidos de azufre y nitrógeno?	31

• ¿Cómo se forma la lluvia ácida?	31
• ¿Qué efectos tiene la lluvia ácida?	33
Preguntas de investigación	34
Objetivos	35
• Objetivo general	35
• Objetivos particulares	35
Método de trabajo	36
• Método de trabajo general	36
• Los instrumentos	45
• Método de trabajo empleado con los estudiantes	49
Análisis y discusión de resultados	53
• Análisis cuantitativo	53
• Análisis cualitativo	62
• Análisis del trabajo realizado por los alumnos con las plantas de perejil	101
• Análisis de los vídeos narrativos elaborados por los alumnos	106
• Análisis de los logros en los equipos de alumnos	110
Conclusiones	127
Propuestas	129
Anexos	133
Referencias	143

ABREVIATURAS

- * **ABP: Aprendizaje Basado en Problemas**
- * **ENP: Escuela Nacional Preparatoria**
- * **Log: logaritmo**
- * **pH: Potencial de Hidrogeno**
- * **CTSA: Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente**
- * **CDMX: Ciudad de México**
- * **UV: Universidad Veracruzana**
- * **ACS: American Chemical Society**

RESUMEN

Diversas investigaciones (Nakamatsu, 2012; Sanmartí, 2002; Izquierdo, 2005, y 2007) han enfatizado que la educación en química no solo debería promover el aprendizaje de conceptos científicos, sino también, involucrar una formación de actitudes e intereses favorables hacia la química, que desarrollen en el estudiante habilidades participativas, argumentativas y propositivas; al mismo tiempo que promueva el desarrollo de capacidades para resolver problemas de su entorno. El estudiante se ve obligado a pensar qué hacer ante el problema, valorando las posibles opciones de solución.

Este trabajo es una propuesta didáctica que contempla el diseño e implementación de una metodología didáctica fundamentada en la resolución de problemas, o Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Se procura involucrar a los estudiantes en la generación de preguntas, en realizar experimentos en los que los puedan intervenir, cuyo producto sean informes, y en enseñarlos a pensar sobre el mundo mediante modelos (Izquierdo, 2005, 2007). El trabajo está orientado a promover actitudes favorables hacia la química. Se toman como referentes las investigaciones (Acevedo y Manassero, 2004; Espinosa y Roman, 1998; y Escudero, 1995) que han indicado que el desinterés y la ausencia de una actitud favorable hacia las ciencias es atribuida a la enseñanza descontextualizada de los conceptos y a la ruta memorístico-repetitiva y poco interpretativa de estos, llegando en último término a la apatía y el desinterés.

El ABP es una metodología didáctica que hace uso de la indagación, en una situación contextualizada y vinculada con los intereses y la vida cotidiana de los estudiantes, en un ambiente de trabajo colaborativo, y de mayor responsabilidad sobre su aprendizaje (Sola, 2005).

En este trabajo se sigue una metodología de siete pasos del ABP, en donde se les presenta a alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria 6, de quinto año, un problema de lluvia ácida. Se desarrolló en la Unidad 2 que versa acerca del "Control de las emisiones atmosféricas en las grandes urbes", para abordar las consecuencias de la contaminación del aire. Se describen los resultados obtenidos a partir de un test Likert de actitudes, centrándose en identificar si hubo un cambio de actitud hacia la Química, después de haber sido expuestos a una problemática que puede resultar ser más interesante y estar más vinculada con su vida cotidiana, como es la influencia de la lluvia ácida en los cultivos de plantas comestibles. También, con esta propuesta de ABP se quiere conocer qué conceptos de ácido, base, oxiácidos, y pH, así como el uso de la escala de pH, construyen los estudiantes. Se diseña una rúbrica,

para cada uno de los siete pasos considerados en la metodología de ABP, en donde se describen los niveles de desempeño que categorizan el alcance de construcción de cada concepto.

A partir de los resultados que arroja la prueba Likert de actitudes, se pudo ver que estos apuntan a que el ABP es una propuesta metodológica que puede ayudar a promover actitudes positivas hacia la química en los estudiantes.

Se construyeron redes semánticas, por medio del programa ATLAS.ti7, para conocer qué conceptos construyeron los estudiantes acerca de ácido, base, oxiácidos, y pH, así como el uso de la escala de pH. Se realizó una codificación cualitativa, considerando las respuestas que los alumnos habían dado. Se analizaron y compararon los códigos. La codificación permitió ubicar los niveles de logro (de los conocimientos y habilidades) en la rúbrica diseñada, para cada grupo de alumnos, durante la metodología del ABP.

CÓMO SE DIVIDE EL TRABAJO

- * La primera parte presenta el marco teórico necesario para la comprensión de la tesis, como son: el contenido didáctico implicado como es: la lluvia ácida y su educación en contexto, dificultades de enseñanza-aprendizaje, ¿por qué es importante el estudio de la lluvia ácida?, concepciones alternativas involucradas en la química de la lluvia ácida, dificultades de enseñanza-aprendizaje y su relación con las actitudes hacia la química, ¿qué son las actitudes?, actitudes hacia la química, ¿cómo se miden las actitudes?, ¿qué es ABP?, fundamentos teóricos del ABP, características del ABP, el diseño de problemas en el ABP, la metodología de los siete pasos en el ABP. Además, el contenido científico implicado en la lluvia ácida.
- * En la segunda parte se presenta la metodología llevada a cabo y el proceso para obtener los resultados de cambios de actitudes del análisis cualitativo y cuantitativo de los datos adquiridos de los conceptos y habilidades construidos por los estudiantes.
- * En la tercera parte se presentan los resultados obtenidos sobre los conceptos y habilidades de cada etapa del ABP con su respectiva discusión.
- * Finalmente, en la cuarta parte se describen las conclusiones.

También, se anexa un Apéndice en el cual se pueden consultar los cuestionarios aplicados para identificar los conceptos que construyen los alumnos, así como el Test Likert para conocer la actitud de los estudiantes hacia la química.

A) Contenido didáctico

Este apartado trata del contenido didáctico que sustenta esta tesis. Primero se presenta una breve descripción de la lluvia ácida y su educación en contexto, la importancia del tema y las dificultades de enseñanza-aprendizaje reportadas. Posteriormente, se presenta las desventajas de una enseñanza tradicional frente a las ventajas del ABP, se definen las actitudes, se define el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), se describen las características del ABP, se indica su fundamentación teórica y la metodología de los siete pasos que se sigue.

- **La lluvia ácida y su educación en contexto**

De acuerdo con Alvarado-Zamorano *et al.* (2011), han pasado cuarenta años desde que la educación en ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) apareciera en la práctica educativa y en la investigación de la educación científica. Ahora, sobre todo en Europa, se le conoce como “educación en contexto” y asume que los estudiantes necesitan encontrar la solución a problemas reales al plantear preguntas, diseñar y conducir investigaciones, reunir información y analizarla, interpretar, crear explicaciones y concluir, al hacer un informe de sus hallazgos. El concepto *contexto* tiene diversos significados, sin embargo, el objetivo de este trabajo no es debatir la definición.

Se ha considerado la definición de educación en contexto descrita por Caamaño (2018): contextualización de la ciencia es relacionarla con la vida cotidiana de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social. Para Caamaño (2018), uno de los contextos químicos más utilizados son los fenómenos y materiales de la química cotidiana. Por ejemplo, los contextos relacionados con la naturaleza de la química, la tecnología y la historia de la química (Vázquez y Manassero, 2012).

De acuerdo con Caamaño (2001), el proyecto inglés *Salter's Chemistry* habla de la lluvia ácida debida a la presencia de óxidos no metálicos en la atmósfera, lo que afecta a los materiales de los edificios y a la vida de las plantas. También, el libro inglés *Chemistry in Context* dedica todo un capítulo a la lluvia ácida.

En la unidad 2. Control de las emisiones atmosféricas en las grandes urbes del programa de química de quinto año de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que es donde se aplicó este trabajo, se especifica que los docentes deben enseñar

y los alumnos estudiar el fenómeno de la lluvia ácida, así como conceptos relacionados directamente con los ácidos y las bases. Se investigan y reconocen los principales contaminantes atmosféricos de la Ciudad de México y su procedencia, con el objeto de comprender su formación y su efecto sobre el medio ambiente. Se estudian las reacciones de los óxidos con el agua y el efecto de los ácidos producidos sobre algunos materiales. Se amplían los conceptos de disolución, concentración en por ciento y molar, ácidos, bases y sales. Se introducen los conceptos de neutralización y el de pH como una escala que permite conocer el grado de acidez o basicidad de una disolución. Se determina experimentalmente el pH en muestras de diferentes suelos.

- **¿Cuál es la “Gran Idea” involucrada en la lluvia ácida?**

De acuerdo con Talanquer (2016), el término de “Grandes Ideas” en la educación química hace referencia a que cada dominio científico se basa en un conjunto de ideas clave que permiten la comprensión de fenómenos de relevancia para la química.

Talanquer (2016) menciona que el Instituto de Examen de la ACS (American Chemical Society) se involucró en la identificación de un conjunto de conceptos clave para el plan de estudios de química de pregrado que resumen muy bien las ideas centrales de la disciplina.

Una “Gran Idea” puede ser el conocimiento fundamental en una disciplina que nos gustaría que entendieran los estudiantes, por ejemplo: “La química generalmente avanza a través de observaciones experimentales” (Holme, en Talanquer, 2015). Si se toma en cuenta la propuesta de ideas centrales de la ACS, este trabajo está basado en que la idea central es **reacción química** y como ideas clave se tiene los ácidos y bases, la reacción de neutralización y como tópico específico la escala de pH.

- **¿Por qué es importante el estudio de la lluvia ácida?**

De acuerdo con Martínez *et al.* (2006), hay que aplicar estrategias que fomentan en los estudiantes la participación y la responsabilidad como ciudadanos y finalmente el interés en alcanzar una formación científica y tecnológica, a partir de la profundización de los conceptos y su aplicación a situaciones concretas.

El concepto de pH es fundamental para el problema de la lluvia ácida, y no sólo para dicho fenómeno, también tiene múltiples aplicaciones en la vida cotidiana, los laboratorios escolares, de investigación y en la industria.

A continuación, se describen algunos ejemplos que se encontraron en la literatura sobre la importancia de dicho concepto:

- * Por ejemplo, el pH en los suelos de los cultivos es importante para las cosechas ya que en función de lo que se desee plantar puede corregirse aplicando ciertos complementos minerales (Alvarado C., 2012).
- * El pH adecuado, en cada caso dependerá de la naturaleza del suelo, del cultivo en cuestión y del elemento fertilizante considerado. El pH del suelo es un elemento de diagnóstico de suma importancia, siendo resultado de una serie de factores y a su vez causa de muchos problemas agronómicos (Guerra, G. *et al.*, 2008).
- * La vegetación expuesta directamente a la lluvia ácida sufre no sólo las consecuencias del deterioro del suelo, sino también un daño directo que puede llegar a ocasionar incluso la muerte de muchas especies (Stumm, W, *et al.*, 1987).

Como se mencionó, la lluvia ácida es una problemática real y en diferentes libros se ha tomado en cuenta para el desarrollo de diversos aprendizajes, es por ello por lo que se ha decidido que como contexto es un escenario que representa un problema y que nos preocupa a todos, por lo que permitirá a los estudiantes plantear preguntas, diseñar y conducir investigaciones, reunir información y analizarla, interpretar, y concluir, al hacer un informe de sus hallazgos, todo mediante la didáctica del ABP.

• **Concepciones alternativas involucradas en la química de la lluvia ácida**

En este trabajo se adopta el término “concepciones alternativas”, porque se refiere a las explicaciones construidas por el estudiante, basadas en sus experiencias para hacer inteligibles los fenómenos y objetos naturales.

El estudio del origen de las ideas o concepciones de los alumnos debe ser un elemento fundamental en el momento de organizar alguna propuesta didáctica (Pozo *et al.*, 1990).

Hay numerosos artículos relacionados con difundir las concepciones alternativas de los ácidos y bases, detectadas tanto en el nivel básico, medio superior y superior. Sin embargo, en esta tesis solo se describen aquellas concepciones atribuidas a las dificultades intrínsecas que provienen de la complejidad del entramado conceptual de la química como disciplina, de las ambigüedades terminológicas y de la representación simbólica, que se han identificado en el nivel básico y medio superior y que están involucradas en la lluvia ácida.

La lluvia ácida se determina mediante la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes en el medio expresada como pH; $pH = -\log [H^+]$. Cuanto mayor sea dicha concentración, menor será el valor del pH y mayor será su acidez.

Por ello antes de comenzar con las ideas que los alumnos manejan relacionadas a la escala del pH, se describe a continuación qué es lo que establecen los científicos sobre los conceptos de pH y de neutralización.

Es conocido que, Sørensen, en 1909, expresó la concentración de iones H^+ en función de las potencias de 10 con exponente negativo y con el fin de reducir la escala de variación, definió el $pH = -\log [H^+]$; ($pOH = -\log [OH^-]$). Por lo que, el pH es una magnitud cuantitativa, un valor numérico; es decir, las disoluciones no tienen pH ácidos, básicos o neutros, sino que las disoluciones con valores del pH mayores a 7 son básicas, las que tienen valores del pH menores que 7 son ácidas y para una disolución neutra o para el agua pura, a 25 °C, el $pH=7$. De forma similar se suele presentar este concepto a los alumnos de secundaria. Sin embargo, Ross y Munby (1991) mencionan que los alumnos de secundaria manifiestan que todos los ácidos son fuertes, poderosos y venenosos, y todas las sustancias que queman también son ácidas.

Además, en el 2000, Jiménez, encontró que los alumnos conocen y se enfrentan desde muy temprana edad con estos términos (lluvia ácida, caramelos ácidos, acidez de estómago, etc.). Jiménez (2000), menciona que la publicidad de diversos artículos no sólo adopta estos términos, sino que incluso utiliza conceptos específicos de la química como el pH y la neutralización.

Por otro lado, De Manuel, Jiménez y Salinas (1998) indicaron que diversas investigaciones ponían de manifiesto que existe desconexión entre los fenómenos cotidianos y los conceptos que se aplican en el aula, es decir, los alumnos de todos los niveles tenían dificultades para clasificar como ácido o base a productos comunes como jugo de naranja, detergente, café o leche, etcétera, lo que pone de manifiesto que estos alumnos no aplican los conceptos de acidez a productos tan habituales en los hogares.

Alvarado C. (2012) realizó una extensa búsqueda bibliográfica sobre las concepciones alternativas más comunes sobre el tema de ácidos y bases, a continuación, se mencionan algunas:

- * Todos los ácidos son peligrosos, fuertes, poderosos, tóxicos, venenosos.
- * Un ácido es algo que corroe, desgasta materiales y puede quemarlos.

- * Los ácidos son corrosivos.
- * Los ácidos queman y derriten (funden) a los metales, a todo.
- * La única prueba respecto a un ácido es ver si corroe algo.
- * La única forma de probar si una muestra es un ácido o una base, es observar si se come, consume, algo, como un metal, plástico, un animal o a nosotros.
- * Los ácidos, las sustancias ácidas, no se deben ingerir.
- * Las bases no son peligrosas, ni dañinas, ni fuertes.
- * Ácidos y bases tienen su propio particular color o intensidad de color (las bases son azules; los ácidos, rosados).
- * El pH es el nivel (la medida) de la acidez, la medida del grado de acidez.

Además, Furió *et al.* (2000) mencionan que los alumnos memorizan simbolismos, por ejemplo: ácido + base → sal + agua lo cual limita el aprendizaje de las reacciones involucradas en los ácidos y bases.

Es por ello que, se debe utilizar correctamente el lenguaje y el significado de las palabras para ser rigurosos y precisos cuando nos refiramos a los conceptos de química, ya que el objetivo es tratar de llevar a la vida cotidiana de los jóvenes problemáticas tan graves como la contaminación atmosférica y en este caso la lluvia ácida, y despertar de forma curiosa la sensibilidad ambiental de cada uno de los jóvenes de hoy en día, para que en el futuro puedan aportar soluciones a los problemas asignados al paso del hombre por la Tierra.

- **Algunas dificultades de enseñanza-aprendizaje de la química y su relación con las actitudes hacia la química**

La mayor parte de nosotros está familiarizada con modelos de enseñanza en los cuales primero aprendemos contenidos y procesos identificados a través de la clase del docente, la enseñanza directa y el descubrimiento guiado. Luego aplicamos ese nuevo aprendizaje en situaciones estructuradas, en contextos problemáticos y en ejercicios de respuesta obligatoria diseñados para comprobar si

aprendimos o dominamos lo que se enseñó. Este paradigma de enseñanza, que sigue la secuencia enseñar-aprender-aplicar, sigue siendo la norma en las escuelas (Belias *et al.*, 2013).

Diversas investigaciones han demostrado que algunas de las dificultades de enseñanza-aprendizaje son atribuidas a los problemas derivados de la enseñanza por parte de los docentes, esto debido al poco conocimiento de las ciencias y de la educación científica, así como del conformismo por parte del docente al creer que sus prácticas de enseñanza son satisfactorias para sus educandos, evitando el cambio en sus prácticas docentes (Ruiz, Martínez y Parga, 2009).

Algunas de las dificultades de enseñanza-aprendizaje de la química planteadas por Caamaño (2004) se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Algunas dificultades de enseñanza-aprendizaje de la química.

Algunas dificultades de aprendizaje encontradas en la literatura	Posibles alternativas para contrarrestar las dificultades
<p>Caamaño (2004) menciona que una de las dificultades conceptuales de la química es la existencia de tres niveles de descripción de la materia: macroscópico (observacional), nanoscópico (atómico molecular) y representacional (símbolos, fórmulas, ecuaciones). Muchas veces los docentes no hacen la aclaración y distinción de cada uno de estos niveles, mediante el uso de un lenguaje en clase que no muestra la diferencia explícita en el nivel que se está hablando y suponen que los estudiantes puedan moverse entre estos niveles.</p>	<p>Establecer diferencias entre el mundo nanoscópico, el mundo macroscópico y la relación que se generan mediante sus interacciones, así como su nivel representacional.</p>
<p>Mora, W. y Parga, D. (2008) mencionan que otra dificultad proviene del uso de modelos muy complejos para que los estudiantes puedan integrarlos y diferenciarlos conceptualmente.</p> <p>Caamaño (2004) reporta que los modelos muy complejos son: la teoría corpuscular, la teoría atómico-molecular, la teoría iónica, la teoría cinético-molecular de los gases, los modelos atómicos, los modelos de enlace, las teorías de ácido y de base, las teorías de oxidación-reducción, y las teorías sobre la velocidad de las reacciones químicas.</p>	<p>Propiciar estrategias para que los estudiantes distingan entre modelos y realidad, al considerar que los modelos son representaciones parciales de ideas, objetos, eventos o procesos elaborados para un propósito específico y que son particularmente útiles cuando queremos explicar la naturaleza macroscópica en términos de la constitución submicroscópica de la materia (Coll <i>et al.</i>, 2005).</p>

Caamaño, A. y Oñorbe, A. (2004) mencionan que otra de las dificultades es que hay varios términos cuyo significado varía según el contexto teórico. Por ejemplo, el diferente significado de los términos ácido y base, según se utilicen con referencia a una definición empírica (propiedades), a la teoría de Arrhenius, o a la teoría de Brönsted-Lowry.

Alvarado C. (2012) propone que una alternativa para contrarrestar dicha dificultad es mostrar a los alumnos que el comportamiento de un ácido o de una base es relativo a la clase de sustancia, a la forma en que reacciona con otra y al modelo seleccionado para explicarlo (Arrhenius, Brönsted-Lowry o Lewis).

Alvarado (2012) realizó una investigación para identificar las dificultades, relacionadas con el tema de ácidos y bases, frecuentemente detectadas a partir del análisis de las respuestas de los profesores que fueron encuestados y de los alumnos, así como de lo observado en el aula. En la figura 1 se muestra un diagrama, que ha sido construido a partir de lo reportado en la literatura, acerca de las dificultades de aprendizaje de los ácidos y bases, que estarían involucradas en el problema de lluvia ácida, y que se han considerado importantes para reflexionar sobre la propuesta de este trabajo de tesis.

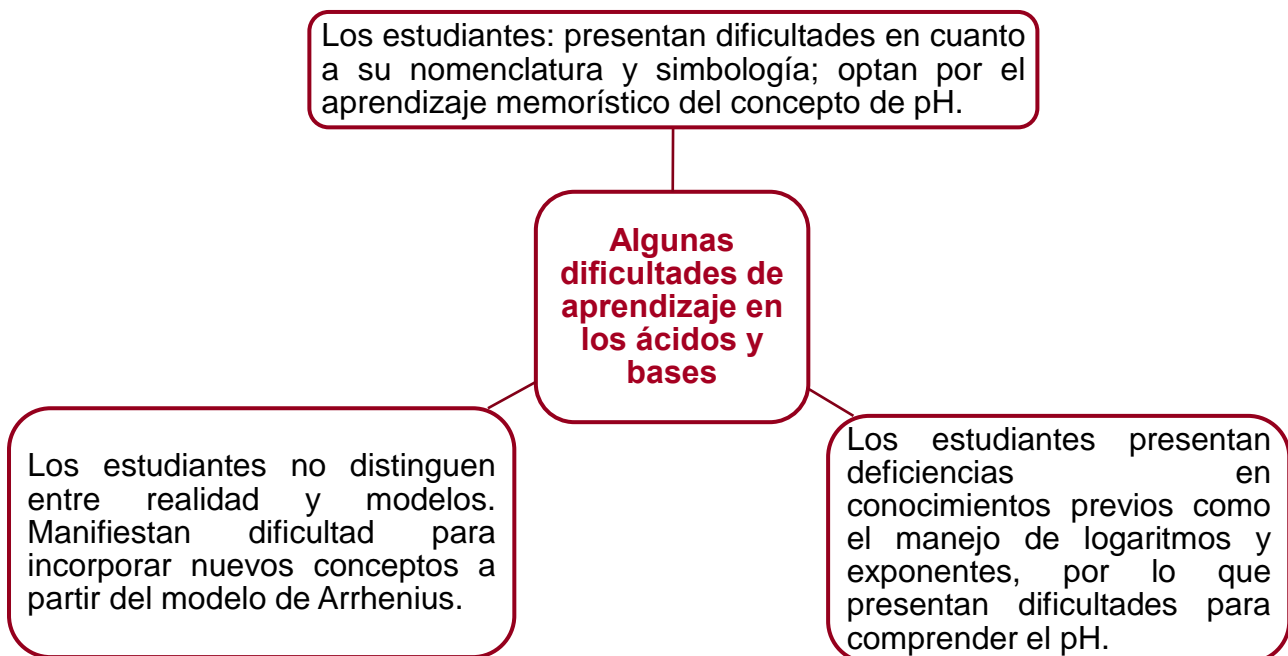


Figura 1. Algunas dificultades de aprendizaje en los ácidos y bases.

Alvarado (2012) propone que se puede centrar la atención en la comprensión conceptual y no en cálculos algorítmicos cuando se aborde el concepto de pH, por ejemplo, si se orienta al alumno a que haga interpretaciones cualitativas de los resultados numéricos en vez de realizar cálculos de pH.

También se debe centrar la atención de los estudiantes en ejemplos cotidianos relacionados con ácidos y bases; ella menciona algunos como: el daño a la piel o a tejidos por ácidos y bases (una pequeña gota de jugo de limón en el ojo), el deterioro del papel de los libros, la lluvia ácida, el suelo y los fertilizantes.

Por otro lado, es conocido, que muchos de los estudiantes de cualquier nivel educativo (nivel básico a nivel superior) al enfrentarse al estudio de la química, encuentran dificultades de aprendizaje en particular para ciertos temas. Dichas dificultades se manifiestan principalmente en bajo rendimiento académico, poco interés por su estudio y usualmente una actitud pasiva en el salón de clases donde el actor principal es el docente.

Las actitudes hacia el aprendizaje de la química resaltan la importancia que tiene conocer los intereses y expectativas de los estudiantes y de los profesores que pueden generar actitudes positivas frente a su proceso de enseñanza y aprendizaje. Escudero (1995), Espinosa y Roman (1998) Acevedo y Manassero (2004); han indicado que el desinterés y la ausencia de una actitud favorable hacia las ciencias es atribuida a la enseñanza descontextualizada de los conceptos y a la ruta memorístico-repetitiva y poco interpretativa de estos, llegando en último término a la apatía y el desinterés por parte del estudiante.

• ¿Qué son las actitudes?

La palabra actitud es un término polisémico que se presta a múltiples interpretaciones. Por ello, a continuación, se describe la definición que se adoptó para esta tesis.

La palabra actitud deriva del latín “aptus” que significa capacidad o adaptación. Sin embargo, Reyes, María y Porro (2016) mencionan que, en ciencias se define actitud como la suma total de inclinaciones, sentimientos, prejuicios, nociones preconcebidas, temores, amenazas o convicciones del individuo acerca de un asunto determinado. En cambio, para Sanmartí y Tarín (1999), una actitud puede asociarse a una predisposición a actuar consistentemente de una determinada forma ante clases de situaciones, personas y objetos distintos. De acuerdo con Martínez F. *et al.* (2006), se puede definir actitud como una organización relativamente duradera de creencias entorno a un objeto o situación las cuales predisponen a reaccionar perfectamente de manera determinada. Por ello, se acepta que,

la actitud es un sentimiento general y duradero que puede ser tanto positivo como negativo acerca de una persona, objeto o problema (Reyes, María y Porro, 2016).

Martínez F. *et al.* (2006), mencionan que las actitudes se aprenden, su manifestación es influenciada por las relaciones sociales y por las consideraciones propias del sujeto como es el caso de las emociones.

- **Actitudes hacia la química**

Escudero (1995), Espinosa y Roman (1998) Acevedo y Manassero (2004) han demostrado que la actitud de los estudiantes hacia las ciencias es entendida como una manifestación de afecto o desafecto por parte de estos con relación a ellas.

De acuerdo con Izquierdo la enseñanza de la química está en una situación complicada, esto debido a que para muchos estudiantes se ha convertido en paradigma de lo incomprensible y de lo peligroso (Izquierdo, 2004).

Izquierdo menciona que la sociedad es la que considera a la química como una ciencia peligrosa y, por lo tanto, adopta una actitud negativa hacia ella. Esta negatividad con que la sociedad relaciona la química se ve reflejada en sus creencias, opiniones y actitudes frente al tema. Uno de los ejemplos que menciona Izquierdo es, que la sociedad considera a la química como la responsable de la contaminación ambiental y no como la ciencia capaz de solucionar el problema.

Por otro lado, Galagovsky (2007) menciona que existe preocupación de los diferentes países, sobre todo de América Latina, por despertar el interés de los estudiantes hacia la química, y observa una muy preocupante mala percepción pública hacia esta ciencia. Esto debido a que se ha detectado una carencia de alumnos para elegir carreras científicas necesarias, además, se ha detectado que los ciudadanos tienen poca o nula cultura científica básica (Reyes, María y Porro, 2016).

De acuerdo con Borrachero (2015), el hecho de que los estudiantes presenten una falta de interés por el estudio de la química conduce a una actitud desfavorable hacia la asignatura. Pero esto conlleva a una actitud desfavorable que se suma al bajo rendimiento y, por lo tanto, a la deserción, lo cual en conjunto constituyen un círculo vicioso, en donde los estudiantes llegan desmotivados a clase, no prestan atención, se aburren, y con ello se desmotivan aún más.

Vázquez y Manassero (2009), realizaron una investigación para detectar en qué nivel educativo empezaba a decrecer el interés de los estudiantes hacia la ciencia. Encontraron que el interés hacia la ciencia es decreciente de primaria a secundaria, del mismo modo que consideran la ciencia escolar aburrida y poco relevante para su vida.

Tal y como menciona Cheung (2008), las actitudes hacia la química están estrechamente ligadas con los logros académicos, y el desarrollo de actitudes positivas en los estudiantes hacia la química constituye una de las grandes responsabilidades de cada profesor. Además, uno de los resultados más importantes de Cheung, indica que los profesores de química requieren tomar en consideración diferentes componentes del currículo con el objeto de mejorar las actitudes hacia la química, como, por ejemplo, incorporar el aprendizaje basado en investigación para el desarrollo de actividades de laboratorio y el uso de las aproximaciones humanísticas de la ciencia.

Por ello, el conocer las actitudes de los alumnos hacia la química permitirá encontrar nuevas estrategias para motivar a los mismos, facilitando así un aprendizaje significativo.

Lo anterior pone en evidencia la necesidad de diseñar y aplicar estrategias que propicien en el estudiante interés y una actitud favorable hacia la química, ya que es conocido que los jóvenes de educación media básica no encuentran la relación que existe entre los conceptos que aprenden y el mundo en que viven. Como docentes de bachillerato debemos reflexionar sobre la necesidad de incorporar nuevas estrategias pedagógicas basadas en la didáctica, para favorecer la construcción adecuada del conocimiento de los temas de química por parte de los estudiantes. Todo con la finalidad de contribuir desde la química a lograr una mejor cultura científica de los futuros ciudadanos y a la vez una comprensión de los conceptos y procedimientos fundamentales de la química.

De acuerdo con Martínez F. *et al.* (2006), la metodología del enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente), es factible para generar un cambio actitudinal en los estudiantes a partir de un ambiente pedagógico y didáctico donde el aprendizaje de los conceptos sea apropiado de acuerdo con su entorno social. Por otro lado, este enfoque favorece la participación ciudadana en la evaluación y control de las implicaciones sociales y ambientales en relación con el uso de la ciencia y la tecnología, facilitando el desarrollo de conceptos de acuerdo con la experiencia social, tal como es propuesto por Vigotsky en su teoría frente al aprendizaje social.

Por otro lado, Polania (2011) realizó una investigación en la que encontró que los estudiantes no tienen una actitud favorable hacia las ciencias, ni tampoco hacia una comprensión creativa e innovadora a los problemas cotidianos. Ella concluye que el ABP es un enfoque didáctico favorable para la generación de actitud científica, ya que es una tendencia constructivista que permite abordar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias a partir de problemas para un propósito bien definido: generar actitud científica en los estudiantes.

Mientras que para Ausubel (1991), la actitud de los estudiantes es también de importancia para el logro de un aprendizaje significativo. Él consideró que, si el alumno presenta una actitud negativa, que surge por su entorno social o por los medios de comunicación, es labor del docente identificar dicha actitud para lograr una predisposición positiva que permita que el aprendizaje adquiera significado para el alumno. Por este motivo, un buen docente debe prestar atención a la actitud que sus estudiantes muestran hacia la asignatura de Química y así diseñar una didáctica atractiva que genere una actitud favorable hacia esta ciencia y sus asignaturas.

• ¿Cómo se miden las actitudes?

Existen numerosos instrumentos que ya han sido reportados y validados para medir las actitudes de los alumnos en ciencias. De acuerdo con Martínez F. *et al.* (2006), las actitudes pueden medirse por inferencias realizadas a partir de indicadores observables que pueden ser de dos tipos:

- * respuesta en una serie de enunciados u objetivos, que son técnicas escalares de actitudes.
- * conductas que manifiestan los individuos, esto se logra a partir de datos observables mediante métodos cualitativos de observación.

En la tabla 2 se muestra el tipo de medición, la técnica utilizada y la descripción de la escala Likert.

Tabla 2. Tipo de medición, técnica utilizada y descripción de la escala Likert para medir la actitud hacia la química (Martínez F. *et al.*, 2006).

Tipo de medición	Técnica utilizada	Descripción	Tipo de escala
Mejora de la medición representativa	Puntuaciones sumadas	Suma de respuestas de las oraciones de la escala	Likert

Un ejemplo de una escala de actitudes hacia la química de tipo Likert diseñada por Martínez F. *et al.* (2006), consiste en una lista de enunciados con afirmaciones que se les presentan a los estudiantes (figura 2) donde cada estudiante debe indicar su grado de acuerdo para cada enunciado.








					
1. Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo					
2. No se para que sirve la clase de química					
3. Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad					
4. Me desagrada consultar los temas relacionados con química					
5. Estar en clase de química es una obligación					
6. Dedico mas tiempo a estudiar química que otras materias					
7. Se me facilita aprender química cuando trabajo en grupo					
8. Ojalá no tuviera clase de química					
9. Me intereso por profundizar los temas vistos en química					
10. En la asignatura de química trabajar en grupo no aporta a mi aprendizaje					
11. Para mí los conceptos y las teorías de química no tiene sentido					
12. Prefiero trabajar en grupo porque despierta mi interés hacia la química					
13. La clase de química no es mas que un compendio de formulas					
14. De la clase de química lo que mas me gusta es ir al laboratorio					
15. Me suelo distraer y aburrir en clase de química					

Figura 2. Test de actitudes hacia la química propuesto por Martínez F. *et al.* (2006).

• ¿Qué es Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)?

Actualmente hay varias definiciones de ABP (Aprendizaje Basado en Problemas), pero de forma general es aceptado que el ABP es una metodología didáctica que busca el aprendizaje de los estudiantes a través de la resolución de problemas (Villalobos V. *et al.*, 2006).

El ABP inicia a finales de los sesenta del siglo XX en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Mc Máster, en Canadá como método de enseñanza para los estudiantes de la carrera de Medicina (Villalobos V. *et al.*, 2006). El objetivo fue mejorar la educación de los estudiantes de medicina, ya que el modo de enseñanza consistía en una acumulación de temas y exposiciones por parte de los docentes. Al introducir el ABP se buscó que los estudiantes aprendieran con problemas

de la vida real, donde estuvieran incluidas otras disciplinas que podrían ayudar a dar solución a los problemas (Gutiérrez *et al.*, 2013).

De acuerdo con Gutiérrez *et al.* (2013), esta metodología trajo buenos resultados, tanto que se empezó a implementar no solo con estudiantes de medicina sino en otras carreras profesionales, en educación media superior y posgrados.

De acuerdo con Torp y Sarge (1999) el ABP se puede usar como estrategia metodológica durante el proceso de enseñanza, o como una herramienta didáctica para diferentes asignaturas. Desde esta perspectiva, se puede decir que el ABP es una metodología de aprendizaje basado en problemas de la vida real; en el cual el protagonismo se centra en el estudiante y no en el docente.

El ABP es una metodología de aprendizaje en la que, tanto la construcción de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resultan importantes, por medio de la cual, los estudiantes se convierten en los protagonistas de su propio aprendizaje. Se trabaja con equipos de estudiantes que se reúnen para resolver un problema seleccionado o diseñado especialmente para el logro de los objetivos de aprendizaje, con el apoyo de un docente, que tiene el papel de tutor (Sola Ayape C., 2005).

Es importante mencionar y tomar en cuenta que ABP no es una pócima mágica que asegure la solución de los problemas, sino que es una metodología que aporta una mejor apuesta de estar caminando en lo correcto cuando los objetivos de aprendizaje están bien definidos. Tal como mencionan Villalobos V. *et al.* (2006), la resolución de problemas se utiliza como base para alcanzar objetivos de aprendizaje y desarrollar competencias y habilidades transferibles a la práctica profesional.

Por otro lado, Barrows (1986) define al ABP como un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición de nuevos conocimientos. Estos problemas se caracterizan por su originalidad, por tener datos o piezas faltantes que el estudiante debe descubrir, buscar y encontrar; están definidos parcialmente y son divergentes, es decir, que no tienen una única solución correcta. Por ello, esta metodología de ABP, cambia el rol del alumno, de receptor pasivo a un papel activo, responsable y autónomo y también cambia el papel del docente, de transmisor de conocimientos, a guía, que aporta el apoyo y la ayuda apropiada para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

- **Fundamentos teóricos del ABP**

De acuerdo con Matus *et al.* (2005), el ABP se sustenta en los siguientes principios:

- * el docente se convierte en un facilitador del aprendizaje, en un organizador y mediador en el encuentro del estudiante con el conocimiento.
- * se proporciona un problema de la vida real a los estudiantes con la finalidad de que lo usen para construir su propio conocimiento.
- * El conocimiento que construyan los estudiantes es producto del proceso social en el cual estuvieron inmersos, los estudiantes trabajan en equipos de 4-8 integrantes y esto les ofrece ventajas para dar soluciones al problema. Se recomienda que los equipos sean de 4 integrantes para garantizar la participación de todos.
- * El conocimiento significativo surge de las interpretaciones que cada integrante del equipo da al fenómeno. Dichas interpretaciones aparecen cuando el estudiante asume la responsabilidad de su propio aprendizaje a través de la participación individual y en equipo.
- * El objetivo no es resolver el problema, sino utilizarlo como base para identificar los objetivos de aprendizaje.

El ABP se sustenta en diferentes corrientes teóricas sobre el aprendizaje humano. Sin embargo, está sustentado en particular en la teoría constructivista, según la cual el conocimiento es el resultado de un proceso de construcción en el que la persona participa de forma activa (Matus *et al.*, 2005).

Correa *et al.* (2002) argumentan que el intercambio de información entre compañeros del equipo que tienen diferentes niveles de conocimiento, así como la interacción social, propicia una modificación de los esquemas de los estudiantes mediante la creación de conflictos cognitivos. Con esta mirada de enfoque educativo, el docente crea las condiciones óptimas para que el estudiante realice una actividad constructiva, así como orientar dicha actividad para que el estudiante logre un andamiaje a lo que significan y representan los contenidos. Es por ello por lo que no es lo más importante el producto final que obtienen los estudiantes, sino el proceso que los lleva a dar una determinada respuesta; mientras que, al docente debe interesarle cómo se está reequilibrando el conocimiento que ya se posee a partir de la nueva información que el estudiante recibe (Correa *et al.*, 2002).

En la Tabla 3, se muestran las principales características, (Torp y Sarge, 1999; Barriga Díaz y Hernández, 2002) de las teorías propuestas por Piaget, Ausbel y Vygotsky que sustentan el ABP.

Tabla 3. Principales características de las teorías propuestas por Piaget, Ausubel y Vygotsky, que sustentan el ABP.

Teoría	Principales características
Piaget	De acuerdo con Torp y Sarge (1999), para Piaget todo aprendizaje es un proceso de construcción que parte de los conocimientos anteriores y de la actividad de quien realiza dicho proceso. Desde esta perspectiva, el aprendizaje consiste en un proceso de reorganización cognitiva en el cual, las representaciones que se han construido se logran por procesos de observación, de experimentación o de influencia social. Esta reorganización ocurre en el individuo a través de una autorregulación, pero se debe considerar que se aprende aquello que puede ser asimilado a estructuras preexistentes.
Ausubel	De acuerdo con Barriga Díaz y Hernández (2002), para Ausubel el aprendizaje tendrá para el alumno un significado especial en la medida en que la nueva información guarde relación con los conceptos que ya se tienen. Ausubel menciona que el aprendizaje del estudiante dependerá de la información previa (estructura cognitiva) que se relaciona con la nueva información. Es decir, la estructura cognitiva se define como el conjunto de conceptos o ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización.
Vygotsky	De acuerdo con Ruiz Carrillo <i>et al.</i> (2010), para Vygotsky la interacción social es el origen y el motor del aprendizaje. El aprendizaje depende de la existencia de estructuras más complejas en las que se integran los nuevos elementos, pero estas estructuras son primordialmente sociales más que individuales. Estos autores mencionan que la teoría de Vygotsky plantea que, si el conocimiento es construido a partir de la experiencia, es conveniente introducirla en los procesos educativos e incluir actividades de laboratorio, experimentación y solución de problemas. Además, si el aprendizaje o construcción del conocimiento se da en la interacción social, la enseñanza debe situarse en un ambiente en situaciones significativas.

Por ello, el ABP puede definirse como didáctica socio-constructivista por investigación y solución de un problema, centrada en el aprendizaje del estudiante, que se diseña a partir de un contexto. De acuerdo con Ramos Mejía (2020), lo más importante es producir en los estudiantes una experiencia profunda y transformadora, a través de un problema real y de su interés.

Por otro lado, Glaser (1991) menciona que los factores sociales y contextuales tienen influencia sobre el aprendizaje y la metacognición que conlleva a la reflexión de los conocimientos y de cómo se

aprende. Por ello, el constructivismo es un paradigma que no solo permite que el alumno adquiera conocimiento conceptual sino también destrezas y habilidades para la construcción de conceptos, al igual que el ABP que permite que el estudiante construya conocimiento y, al mismo tiempo, desarrolle un buen número de habilidades y actitudes (Sola Ayape, 2005).

• Características del ABP

Como ya se mencionó, la propuesta metodológica del ABP contribuye a que el estudiante aprenda a aprender por medio de un problema, lo que conlleva al estudiante a plantearse preguntas y buscar respuestas a ellas. De acuerdo con Curin (2016), una de las características principales del ABP es facilitar el autoaprendizaje y fomentar en los estudiantes la actitud positiva hacia el aprendizaje y la autonomía. Tal y como mencionan Morales y Landa (2004), a partir del problema, los estudiantes se plantean preguntas que les permiten llegar a nuevos conocimientos, esto debido a que los estudiantes van integrando una metodología propia para la adquisición de conocimiento y aprenden sobre su propio proceso de aprendizaje.

De acuerdo con Torp y Sarge (1999), la principal característica es que la transferencia pasiva de información es algo que se elimina en el ABP. En esta metodología toda la información que se vierte es buscada por el mismo equipo, y por lo tanto, la indagación subyace como proceso rector.

A continuación, se describen algunas características del ABP que han sido reportadas por algunos autores (Torp y Sarge, 1999; Sola Ayape, 2005; López, 2008):

- * **El docente se convierte en un facilitador o tutor del aprendizaje.** El aprendizaje se centra en los estudiantes y no en el profesor. Esto significa que el docente ayuda a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, para lograrlo debe formular preguntas para que los estudiantes puedan buscar nuevos conocimientos. De acuerdo con Guevara (2010), el tutor, docente, debe cumplir con distintas funciones, las cuales son las siguientes:
 - propiciar la labor metacognitiva del estudiante,
 - estimular el proceso de aprendizaje entre los estudiantes y fomentar la colaboración,
 - desarrollar las habilidades para facilitar el conocimiento, guiando a sus alumnos a través de la resolución del problema planteado,
 - ayudarles a encontrar, organizar y manejar la información. El docente debe brindar una orientación general; por lo que, no puede sugerir respuestas o soluciones.

* **En el ABP los estudiantes participan constantemente en la adquisición de su conocimiento a través de la indagación y la revisión.** Es decir, los estudiantes toman la responsabilidad de su aprendizaje, identifican lo que necesitan saber para dar solución al problema. Es una metodología que estimula el autoaprendizaje y permite la práctica del estudiante al enfrentarlo a situaciones reales y a identificar sus deficiencias de conocimiento. Esto no implica la ausencia del docente para fijar los objetivos de aprendizaje, sino que dentro de ese contexto debe ser explícita la responsabilidad de los estudiantes por su propio aprendizaje. Los estudiantes pueden observar su avance en el desarrollo de conocimientos y habilidades, tomando conciencia de su propio desarrollo (Torp, L y Sarge, S.,1999).

* **La metodología se orienta a la solución de problemas que son diseñados para lograr ciertos objetivos de aprendizaje.** El problema está relacionado con la vida real, para que motive a los estudiantes a la búsqueda de conocimientos. Lo que se busca es que los estudiantes aprendan a partir de los conocimientos que necesitan para dar solución al problema y no sólo eso sino a partir de la experiencia para buscar información. Al trabajar con el ABP la actividad gira en torno a la discusión de un problema, sus posibles soluciones y el aprendizaje surge de la experiencia de trabajar sobre ese problema. De acuerdo con Torp y Sarge (1999), los problemas que se diseñen bajo la metodología del ABP deben permitir que los estudiantes busquen soluciones, y tomen decisiones basadas en sus conocimientos previos y de las propias “pistas” que presenta el problema.

Por otro lado, Poot (2013) señala que el objetivo no se centra en resolver el problema, sino en que este se utilice como base para identificar los temas de aprendizaje, es decir, el problema sirve como detonador para que los alumnos cubran los objetivos de aprendizaje del curso.

* **La metodología estimula el trabajo colaborativo en el que se trabaja en equipos pequeños.** El ABP no sólo es activo, sino fundamentalmente interactivo, es decir, el estudiante es partícipe del proceso, intercambiando conocimientos con los integrantes del equipo, adquiriendo habilidades. Este es el contexto del concepto colaborativo en el ABP. La organización de los equipos tiene como objetivo la participación de todos los integrantes. Los estudiantes trabajan en equipos de cuatro a ocho integrantes con un docente que promueve la discusión en la sesión de trabajo con el grupo, para facilitar la participación de todos los estudiantes. Es necesario que el trabajo se lleve a cabo en equipos, ya que de esta manera el estudiante puede identificar sus necesidades de aprendizaje, participar activamente en dar

solución al problema, recibir críticas constructivas, demostrar compromiso con el equipo, recibir apoyo y motivación por parte de los otros integrantes del equipo (Torp y Sarge, 1999).

De acuerdo con Sola Ayape (2005), debe tomarse en cuenta el compromiso que debe asumir el docente en toda actividad ABP. Como profesores, no se debe aceptar una solución sin búsqueda (indagación), es decir, no debe darse por bueno un hallazgo que el estudiante haya encontrado por casualidad o por haber recibido la respuesta de sus compañeros.

Es importante considerar que a pesar de que la principal característica es que la mayor parte del trabajo en el ABP recaiga en el propio estudiante, esto no significa que el docente juega un rol pasivo durante el proceso. La presencia del docente sigue siendo fundamental en el proceso educativo, solo que la modalidad de intervención es distinta. El docente no debe transmitir el conocimiento teórico mediante exposiciones, lo que se requiere es que diseñe y supervise de manera sistemática cada etapa del proceso de aprendizaje de los estudiantes (Cardona Puello y Barrios Salas, 2018).

Aunado a lo anterior y de acuerdo con Ramos Mejía (2020), para diseñar una propuesta didáctica mediante ABP se deben considerar tres características, las cuales se describen en la tabla 3.

Tabla 4. Ejes característicos de la didáctica del ABP (Ramos Mejía, 2020).

El eje problematizador	La gran idea	Los objetivos de aprendizaje
Es aquel en el que va inmerso el problema que ha sido desarrollado bajo un contexto. El cual cumple con el objetivo de emocionar al alumno e involucrarlo a su aprendizaje.	Es la idea fundamental disciplinar de aprendizaje en una asignatura. El concepto fundamental donde los estudiantes tengan la oportunidad de conectar con sus ideas previas.	Deben evidenciar lo que se quiere que el estudiante logre y deben considerar al estudiante como el protagonista de todo el proceso.

• El diseño de problemas en el ABP

Antes de comenzar a describir el diseño de problemas en el ABP, es importante definir ¿qué es un problema? De acuerdo con Gómez (2009), hay varias definiciones para problema en relación con el contexto que se le da. Por ejemplo, en la investigación un problema son muchas cosas, como comprender un fenómeno complejo, resolver una incógnita, una situación, para las cuales no se

conocen cambios inmediatos o hacerse una pregunta sobre posibles relaciones entre variables. Pero en el ABP, como metodología didáctica, el problema es una situación simulada parecida a los problemas que se enfrentarán los futuros profesionales (Gómez, 2009).

El eje del trabajo en el ABP está en el planteamiento del problema. Los estudiantes se sentirán involucrados y con mayor compromiso en la medida en que identifican en el problema un reto y una posibilidad de aprendizaje significativo (Sola Ayape, 2005). Mientras que para Gómez (2009), los problemas simulados que se utilizan en el ABP deben ser abiertos, no estructurados con la finalidad de que los estudiantes puedan hacer uso de la búsqueda de información.

De acuerdo con Gómez (2009), los problemas se clasifican de acuerdo con su grado de estructuración. En los problemas abiertos, no estructurados, la capacidad de investigación se exige al máximo. Mientras que, en los problemas estructurados, se señala lo que el estudiante debe hacer para dar solución al problema, se dan pistas y secuencias de lo que los estudiantes deben investigar.

De acuerdo con diversas publicaciones, existen condiciones o variables fundamentales para crear problemas. Gómez (2009), reporta en su artículo de divulgación que para diseñar un buen problema de ABP se deben considerar tres variables, las cuales se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Variables para considerar en el diseño del problema en el ABP (Gómez, 2009).

Relevancia	Cobertura	Complejidad
<ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos identifican la importancia del problema para discutirlo entre el equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta variable significa que el problema debe guiar a los estudiantes a buscar, descubrir y analizar la información del tema de estudio. • El docente debe identificar el tema central para diseñar el problema que guíe a los estudiantes a buscar dicho tema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para diseñar un problema se debe considerar que un problema complejo no tiene solución única, sino que demanda el realizar hipótesis y probarlas; por lo que se debe considerar cuál será el grado de complejidad en el problema.

De acuerdo con Sola Ayape (2005), el problema es el centro de todo el proceso del ABP, se considera la parte esencial ya que tiene varias funciones, por un lado, es el medio para motivar a los estudiantes a realizar la búsqueda de información a partir de sus conocimientos previos y así puedan construir nuevos conocimientos; pero también, el problema debe presentar pistas y preguntas retadoras.

Además, el problema debe estar relacionado con la idea central que el docente ha fijado y debe describir un escenario de la vida real.

Mientras que para Orts *et al.* (2012), una de las características que debe poseer el problema que se ha diseñado es la relacionada con su grado de apertura e indefinición, por ello se aconseja que el problema no esté perfectamente estructurado, sino que sea abierto y algo difuso para que el estudiante lo perciba como un desafío.

A continuación, en la Tabla 6 se describen las características planteadas por Duch (1999) para el diseño de problemas bajo la metodología del ABP:

Tabla 6. El diseño del problema en el ABP.

El diseño del problema en el ABP

- Los problemas deben requerir que los estudiantes definan qué suposiciones son necesarias y por qué, qué información es relevante y qué pasos o procedimientos son necesarios con el propósito de resolver el problema.
- El problema debe estar relacionado con los objetivos del curso o de aprendizaje y con problemas o situaciones de la vida diaria para que de esta forma los estudiantes encuentren el significado al trabajo que realizan.
- El problema debe generar el interés en los estudiantes y motivarlos a examinar de manera profunda los conceptos y objetivos que se requieren aprender.
- Los problemas deben estar diseñados para motivar la búsqueda independiente de la información a través de todos los medios disponibles para el alumno y además generar discusión en el grupo.
- Los problemas deben llevar a los alumnos a tomar decisiones o hacer juicios basados en sus conocimientos previos.
- El docente debe diseñar un problema de tal modo que no sea muy complejo ni muy fácil, es decir, de modo que los alumnos no se dividan el trabajo y cada uno se ocupe únicamente de su parte.
- El trabajo colaborativo tiene que estar inmerso en el problema para que pueda ser abordado de manera eficiente por todos los integrantes del equipo.

• La metodología de los siete pasos en el ABP

En la metodología del ABP, el grupo que trabaja colaborativamente en la resolución de un problema, sigue una serie de pasos que el docente debe estructurar. En primer lugar, una vez que los estudiantes están ante el escenario deben asegurarse que lo comprenden bien. Para ello tienen que leerlo y

analizarlo detenidamente, aclarando los términos que susciten alguna dificultad. Cuando han alcanzado una comprensión compartida del texto, los alumnos continúan sus análisis, enfocados ahora en la identificación y definición del problema o problemas implícitos en la situación que el escenario presenta. Clarificando el problema que se debe afrontar, es importante analizarlo del modo más completo posible. Para lograrlo, una lluvia de ideas en la que todos los miembros del equipo aportan sus conocimientos, reflexiones, intuiciones e hipótesis, resulta decisiva (Sola Ayape, 2005).

En la versión utilizada por la Universidad de Maastricht, los estudiantes siguen un proceso de siete pasos para la resolución del problema (Moust, Bouhuijs y Schmidt, 2007). Dicho método se aplica en clases con pocos alumnos, idealmente veinte y hasta un límite de cincuenta (Wood, 2003). La metodología consta de siete pasos, agrupados en tres fases principales: discusión preliminar (que contiene los cinco primeros pasos), investigación y presentación de resultados o informe. En la discusión preliminar los estudiantes trabajan en pequeños equipos (4-10 alumnos) (Wood, 2003), luego hay una fase de investigación individual y en la fase de presentación de resultados los alumnos presentan sus hallazgos primero a los otros miembros de su equipo de trabajo y después a la clase entera. Los siete pasos de la metodología son los siguientes:

- * *Paso 1: Presentación y lectura comprensiva del escenario.*
- * *Paso 2: Definición del problema.*
- * *Paso 3: Análisis del problema a través de la lluvia de ideas.*
- * *Paso 4: Clasificación de los avances.*
- * *Paso 5: Formulación de los conocimientos necesarios.*
- * *Paso 6: Obtención de información adicional e investigación.*
- * *Paso 7: Discusión y presentación de los resultados de investigación.*

A continuación, se describe el significado de cada uno de los siete pasos de acuerdo con lo reportado en la literatura (Wood, 2003).

Paso 1: Presentación y lectura comprensiva del escenario

De acuerdo con Moust, Bouhuijs y Schmidt (2007) en este primer paso, se debe garantizar que cada integrante del equipo haya comprendido el escenario y que sea común a todos los miembros del equipo. Las definiciones deben ser precisas y aceptadas para el problema y ámbito en que se aplicará. El objetivo es la activación del conocimiento previo para establecer y homogeneizar las bases sobre

las cuales se construirá el nuevo conocimiento. En dado caso en el que los conceptos sean confusos deben ser aclarados por el docente.

Whimbey y Lochhead (1993), señalan que una forma de asegurarse de que los estudiantes comprendan el escenario es a través de una lectura conjunta, donde los comentarios de los compañeros y el diálogo para aclarar el significado de los términos más relevantes o complejos es fundamental. Algo que suele ser útil es pedir a alguien que lea en voz alta y, luego, que otro diga con sus palabras lo que presenta el escenario. Después, se dialoga hasta que haya una evidencia suficiente de que se ha entendido básicamente lo mismo.

La observación no es gratuita, la lectura del escenario en voz alta puede ser una estrategia muy eficaz para identificar el problema planteado. Whimbey y Lochhead (1993) señalan que cuando expresas en voz alta tus ideas, especialmente en las partes del problema que puedes encontrar difíciles o confusas, puedes asegurar que no te saltas ningún paso ni te olvidas de algún factor cuando llegas a conclusiones.

Paso 2: Definición del problema

Es un primer intento de identificar el problema que el texto plantea. Como su nombre lo dice se requiere definir el problema o problemas que van a ser discutidos. Posteriormente, tras los pasos 3 y 4, podrá volverse sobre esta primera definición si se considera necesario. El papel del docente es el de estimular a los estudiantes para que identifiquen el problema con el menor número de palabras. En este paso se busca delimitar la situación de aprendizaje.

Paso 3: Análisis del problema a través de la lluvia de ideas

Una vez que los estudiantes han identificado el problema fundamental que está implícito en el escenario, se activa la búsqueda de soluciones posibles. El análisis del problema bajo la forma de lluvia de ideas cumple con una doble función metodológica: por una parte, introduce un momento de apertura en el que todo cabe, en el que nada queda excluido (Woods, 1994). Los estudiantes aportan todos los conocimientos que poseen sobre el problema tal y como ha sido formulado. Por otra parte, es la ocasión de traer el conocimiento previo en función de un problema.

En este paso la categoría de posibilidad domina el análisis. Preguntas del tipo: cómo, cuándo, dónde, qué, por qué, para qué, ayudan a reflexionar. Emilio López-Barajas (2009), señala que con esta actividad se pretende conseguir el mayor número de sugerencias, ideas y alternativas, que sean diferentes, originales, sorprendentes, absurdas, inusuales, etc...

Lo interesante es que los estudiantes no simplemente recuerden cosas, sino que intenten aplicar su conocimiento al problema que se tiene que resolver. Esto implica razonar, analizar, sintetizar, tomar

decisiones, manipular todo lo que suponen saber, con la finalidad de explicar las causas y consecuencias del problema y de construir diferentes propuestas de soluciones.

De acuerdo con Sola (2006), la lluvia de ideas es un ejercicio de aplicación del conocimiento, que hace que los estudiantes se apropien de él de un modo más concreto. El papel del docente radica en estar atento y apoyar con preguntas para que los alumnos puedan orientarse a la investigación posterior.

Paso 4: Clasificación de los avances

De acuerdo con Moust, Bouhuijs y Schmidt (2007) en este paso, los estudiantes cuentan con ideas con las que se pueden explicar las causas del problema y también con algunas propuestas sobre el modo de resolverlo. Además, han manejado toda una serie de conceptos, argumentos, datos y cuestionamientos. Pero, todo está revuelto y es preciso clasificar e introducir orden.

En este paso el método que se va a seguir es un cuestionamiento riguroso. ¿Son confiables los datos que tenemos hasta el momento? ¿Los conceptos han sido definidos adecuadamente? ¿Se conoce lo suficiente? ¿Faltan conceptos o datos por descubrir? Si no se hacen estas preguntas con la seriedad debida, los estudiantes no podrán establecer con claridad en qué lugar se encuentran respecto al problema que intentan resolver (Moust, Bouhuijs y Schmidt, 2007).

Los alumnos deben identificar cuáles son las preguntas a las que se debe responder para solucionar el problema. Después, contrastará con ellas el conocimiento previo ya criticado, y podrá así diferenciar entre lo que sabe y no se sabe respecto al problema. El resultado será una definición de las necesidades de aprendizaje, es decir, aquello que no se conoce todavía pero que se debe saber para resolver el problema.

Paso 5: Formulación de los conocimientos necesarios.

En este momento, los estudiantes deciden qué aspectos del problema requieren ser indagados y comprendidos mejor. Los estudiantes ya saben qué preguntas tienen que responder. El equipo debe establecer en dónde va a realizar una búsqueda, en qué tipo de fuentes, a través de qué herramientas y, sobre todo tendrá que discernir acerca de la confiabilidad del contenido.

Paso 6: Obtención de información adicional e investigación.

Con las metas establecidas por el equipo, los estudiantes buscan, obtienen y estudian la información que les falta para poder dar solución al problema.

Paso 7: Discusión y presentación de los resultados de investigación.

La información aportada por los distintos miembros del equipo se discute, se contrasta y, finalmente, se extraen las conclusiones pertinentes para el problema. El equipo establece acuerdos acerca de cuál es la información que usarán para argumentar y sustentar la postura del equipo y redactarán el producto final.

Para poder llevar a cabo cada uno de los pasos descritos anteriormente para esta tesis fue necesario diseñar y emplear distintos instrumentos, cada uno con objetivos de aprendizaje específicos, los cuales se pueden consultar en el Anexo.

B) Contenido científico

Este apartado trata de la química involucrada en la lluvia ácida, que es un tema fundamental para entender el problema que se les presenta a los estudiantes de la ENP. Para abordar la química de la lluvia ácida, es conveniente revisar las siguientes preguntas: ¿Qué es la lluvia ácida? ¿Cuál es la “Gran Idea” involucrada en la lluvia ácida? ¿Cómo se forma? ¿Qué efectos ocasiona?

- **¿Qué es la lluvia ácida?**

El término lluvia ácida hace referencia a la precipitación y/o depositación de sustancias ácidas presentes en la atmósfera disueltas en el agua de lluvia, nieve y granizo (Bravo, 1991).

La lluvia ácida se identifica mediante la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes en el medio (expresada como pH; $pH = -\log [H^+]$). Cuanto mayor sea dicha concentración, menor será el valor del pH y mayor será su acidez.

En lugares no contaminados, la lluvia es ligeramente ácida, con un pH entre 5.6 y 6.5, debido principalmente a la formación natural de ácido carbónico, que es un ácido débil, por la combinación de una parte del dióxido de carbono atmosférico con el agua (Schwartz, 1994). En lugares contaminados se han llegado a detectar niveles de pH inferiores a 3; por ejemplo, en 1991, en la Ciudad Universitaria de la CDMX se detectó un pH de 2.95 (Bravo, 1991).

Existen varios tipos de contaminantes en la atmósfera, por ejemplo, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, partículas sólidas y óxidos de azufre (Schwartz, 1994).

- **¿Cuáles son las fuentes de emisión de los óxidos de azufre y nitrógeno?**

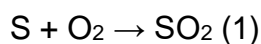
El origen de compuestos como los óxidos de azufre y de nitrógeno puede aparecer por efecto natural o antropogénico. Las fuentes naturales comprenden emisiones volcánicas, tormentas eléctricas, biomasa, actividad microbiana, entre otros. Las fuentes antropogénicas corresponden a las emisiones de fuentes fijas provenientes de plantas industriales de combustibles fósiles como las gasolinas, el diesel, el combustóleo, contienen compuestos azufrados que no son eliminados completamente en los procesos de refinación; su combustión en motores de combustión interna, calderas, genera dióxido de azufre que, al entrar en la atmosfera, reacciona con el agua y produce ácidos fuertes, generando así la conocida lluvia ácida (Ruiz Loyola *et al.*, 1997).

Las fuentes naturales de los NO_x (óxidos de nitrógeno) son descargas eléctricas de los rayos y grandes incendios forestales. Las de origen antropogénico son emisiones del transporte (terrestre, marítimo y aéreo) o fuentes móviles y emisiones de centrales eléctricas llamadas fuentes fijas o estacionarias. En síntesis, cualquier proceso donde tengan lugar reacciones de combustión entre el N₂ atmosférico y el O₂ a altas temperaturas. La contaminación por ácido nítrico es más importante por el aumento de vehículos automotores (Ruiz Loyola *et al.*, 1997).

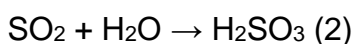
- **¿Cómo se forma la lluvia ácida?**

Los óxidos de azufre han sido ampliamente estudiados. Algunos de ellos son: monóxido de azufre (SO), dióxido de azufre (SO₂), trióxido (SO₃), tetraóxido (SO₄), trióxido de diazufre (S₂O₃) y heptóxido (S₂O₇). El SO₂ y SO₃ son los dos óxidos gaseosos de mayor interés en el estudio de contaminación del aire. El gas SO₂ es altamente soluble en agua y relativamente estable en la atmósfera. Se estima que permanece en ésta de 2 a 4 días, intervalo durante el cual puede ser transportado a más de 1000 km del punto de emisión. Actúa como agente oxidante o reductor y reacciona fotoquímicamente o catalíticamente con otros componentes en la atmósfera (Ruiz Loyola *et al.*, 1997). De acuerdo con estos autores, las reacciones que ocurren en la formación de la lluvia ácida son:

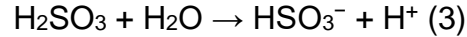
Primero, los compuestos que tiene azufre producen dióxido de azufre:



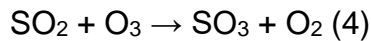
Segundo, éste puede reaccionar de manera directa con el agua de la atmósfera, para formar ácido sulfuroso:



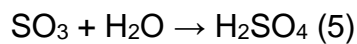
El ácido sulfuroso se disocia en el agua de la atmosfera, produciendo iones hidrógeno y bisulfito, lo que provoca una disminución del pH normal del agua, haciéndola más ácida de acuerdo con la siguiente reacción:



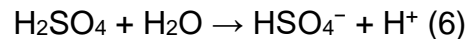
El dióxido de azufre también puede sufrir varios procesos de oxidación en la atmósfera cuando reacciona con ozono para formar trióxido de azufre:



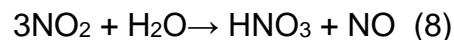
Una vez que se forma el trióxido de azufre se combina con el agua de la atmosfera para formar ácido sulfúrico:



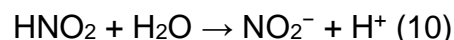
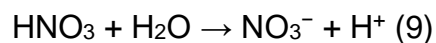
Al igual que con el ácido sulfuroso, el ácido sulfúrico se combina con el agua y se disocia formando iones hidrógeno y bisulfato:



Mientras que, los óxidos de nitrógeno son: óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), óxido nitroso (N₂O), sesquióxido (N₂O₃), tetraóxido (N₂O₄) y pentóxido (N₂O₅). Los dos óxidos de nitrógeno considerados como mayores contaminantes atmosféricos primarios son los gases NO y NO₂. El gas NO₂ es fácilmente soluble en agua, por lo que juega un papel importante en la producción de contaminantes secundarios y con el agua de la atmosfera forma ácido nítrico y ácido nitroso:



Al igual que con el ácido sulfuroso, el ácido nítrico y nitroso se combinan con el agua y se disocian formando iones hidrógeno, nitrato y nitrito:



A partir de las ecuaciones 3, 6, 9 y 10 se puede observar que se liberan iones hidrógeno, y esto ocasiona que aumente la acidez y disminuya el pH.

• ¿Qué efectos tiene la lluvia ácida?

La lluvia ácida fue descubierta a partir de los desastres ecológicos, como la contaminación de lagos y ríos, la pérdida de hectáreas de bosques, entre otros, que causó en algunos países de Europa, lo que inquietó a los científicos de esa zona del mundo y generó grandes investigaciones. Los efectos nocivos atribuidos a la lluvia ácida (Ruiz Loyola *et al*, 1997) son:

- * Disminuir el pH del agua de ríos y lagos: la lluvia ácida puede ser neutralizada por los carbonatos, bicarbonatos y otros compuestos básicos que se encuentran disueltos en el agua de ríos y lagos, pero, cuando se sobrepasa esa capacidad de neutralización, se produce la acidificación de las aguas. Esto ocasiona que las distintas especies de peces no tengan capacidad de tolerar la acidez, lo que genera descenso de su población por disminución de la reproducción gran mortandad, disminución de la diversidad de especies, disolución del caparazón de moluscos, disminución del zooplancton, disminución del fitoplancton, dañando así la cadena alimentaria acuática.
- * Disminuir el pH del suelo: cuando el suelo tiene una capa rocosa con granito o cuarzo resulta ser el más afectado porque presenta poca capacidad de neutralización de los ácidos de la lluvia. En cambio, si la capa rocosa es caliza, los ácidos pueden neutralizarse. Cuando hay una disminución del pH del suelo se produce la filtración de iones calcio, magnesio y potasio, esenciales para el crecimiento de las plantas; además, de iones de metales pesados, tóxicos y biológicamente activos como Pb, Hg, Zn, Mn, Cd, que son transportados por las aguas de los ríos y lagos incorporándose a las aguas subterráneas o acumulándose en los vegetales.
- * Dañar la flora: la lluvia ácida produce pérdida del color de las hojas, cuando se degrada la clorofila para obtener feofitina, favoreciendo el ataque de plagas y enfermedades que pueden llevar a la muerte de las plantas.
- * Acción sobre la salud humana: se irritan las mucosas conjuntivas y respiratorias, haciendo más frecuentes e intensos los episodios de asma; la frecuente irritación del tracto respiratorio puede producir cáncer pulmonar a la larga.
- * Acción sobre materiales y construcciones: la lluvia ácida afecta y/o destruye la herencia cultural de los pueblos al producir un deterioro en edificios y construcciones, monumentos históricos, arqueológicos, estatuas, etc., ya que la acidez de la lluvia ataca los materiales de origen calcáreo (piedra caliza, mármol y areniscas) fácilmente degradables, con un costo para la sociedad al tener que reparar lo dañado.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Asignaturas del nivel medio superior, como Química se caracterizan por tener contenidos de naturaleza compleja y abstracta (Pantoja y Covarrubias, 2013). Es por ello, que, si el docente no aplica una estrategia adecuada para enseñar los temas, éstos pueden parecer aburridos y fuera del contexto de los estudiantes, lo anterior hace que se dificulte el aprendizaje y que los estudiantes presenten desinterés y la ausencia de una actitud favorable hacia la química (Acevedo, 2004).

Aunque el tema de las actitudes ha sido estudiado en la didáctica de las ciencias, son pocas las estrategias que han mostrado resultados frente a la manera de promover un cambio en la actitud hacia la Química.

En la investigación educativa se ha demostrado que los alumnos que se enfrentan a estrategias desarrolladas mediante la didáctica del ABP, se sienten motivados a su aprendizaje (Nuñez *et al.*, 1998).

En este trabajo se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. A partir de la implementación de la didáctica de ABP, usando el contexto de lluvia ácida ¿es posible desarrollar un cambio de actitud hacia la Química en los estudiantes de un curso de Química de la ENP?
2. ¿Qué conceptos de ácido-base, oxiácidos, y pH, así como el uso de la escala de pH, construyen los estudiantes después de haber participado en la resolución del problema propuesto?

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un cambio de actitud hacia la química, que se medirá con un test Likert, en los estudiantes del curso de Química III de la ENP, por efecto de enfrentarse a resolver un problema de lluvia ácida bajo la metodología del ABP.

Objetivos particulares

- * Diseñar un problema sobre lluvia ácida para que los estudiantes del curso de Química III de la ENP puedan proponer soluciones.
- * Implementar la metodología de los siete pasos del ABP en el problema de lluvia ácida.
- * Identificar los conceptos de ácido-base, oxiácidos, y pH sobre el tema de lluvia ácida que construyen los estudiantes después de haber sido expuestos a resolver el problema.
- * Conocer la actitud de los estudiantes hacia la Química, antes y después de aplicar la metodología de los siete pasos del ABP para resolver el problema.

MÉTODO DE TRABAJO

• Método de trabajo general

Para cumplir con los objetivos de esta tesis se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se eligió que el problema se desarrollaría en la unidad 2. Control de las emisiones atmosféricas en las grandes urbes del programa de química de quinto año de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que es donde se aplicó este trabajo. En esta unidad se especifica que los docentes deben enseñar y los alumnos estudiar el fenómeno de la lluvia ácida, así como conceptos relacionados directamente con los ácidos y las bases. Es de suma importancia, y de relevancia social, el reconocer los principales contaminantes atmosféricos de la Ciudades y su procedencia, con el objeto de comprender su formación y su efecto sobre el medio ambiente. Además, con el problema de lluvia ácida se introduce el tópico de ácidos y bases, así como el pH como una escala que permite conocer el grado de acidez o basicidad de una disolución. Estas ideas abonan al concepto de neutralización, el cual forma parte de las “Grandes Ideas” de la ACS (American Chemical Society).
2. Se procedió a diseñar el escenario. Para esto, fue necesario buscar referencias relacionadas con la lluvia ácida en México. El artículo que se seleccionó fue el de Ariza Águila (2018), que se titula: Mediciones de lluvia ácida en el campus Mocambo-U.V. y municipio de Boca del Río, Veracruz. El problema implica una repercusión en las zonas agrícolas, por lo que es de interés social. Desde el punto de vista de la implicación personal del estudiante en este problema. Se introdujo un personaje principal en el escenario ABP y se decidió que el afectado fuera un hombre, ficticio de edad avanzada, llamado Don Genero, un agricultor que se dedica a la siembra de perejil.
3. Se plantearon los objetivos de aprendizaje, al mismo tiempo, se fueron desarrollando los instrumentos (1-6, ver Anexo) para que los estudiantes pudieran alcanzar los objetivos planteados. En la tabla 7 se muestran los objetivos que se plantearon para este trabajo, así como las evidencias que permitieron conocer si se alcanzaron los objetivos en cada paso de la metodología del ABP.

Tabla 7. Objetivos de aprendizaje planteados para cada paso del ABP y las evidencias que permitieron reconocer si se alcanzaron los objetivos.

Pasos del ABP	Objetivos de aprendizaje	Evidencia
1	<p>Que los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sean capaces de elaborar preguntas de interés relacionadas con la problemática que ocurre con las plantas de perejil. • Conecten sus conocimientos previos del pH con el problema. • Lean y analicen el escenario del problema. 	<p>Respuestas de los alumnos al instrumento 1.</p>
2	<p>Que los alumnos identifiquen que deben llevar a cabo las siguientes acciones para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir el pH de la lluvia. • Causas de que el pH de la lluvia se altere. • Realizar pruebas experimentales de pH. • Tomar dos muestras de perejil una en buen estado y la otra en un estado de putrefacción para observar qué es lo que cambia. • Observar el perejil. • Investigar las propiedades del perejil. • Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz. • Investigar datos de la contaminación en Veracruz. • Experimentar con el perejil. 	<p>Respuestas de los alumnos al instrumento 2.</p>
3	<p>Que los alumnos reconozcan que tienen que investigar los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos sobre la lluvia en Veracruz. • Las causas de que el pH de la lluvia se altere. • Datos de la contaminación en Veracruz. • Las propiedades del perejil. <p>Que los alumnos reconozcan que tienen que analizar los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El pH de la lluvia. • Muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado. • Muestras de lluvia. 	<p>Respuestas de los alumnos al instrumento 2.</p>

Pasos del ABP	Objetivos de aprendizaje	Evidencia
4	<p>Que los alumnos reconozcan los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que aún desconocen datos para solucionar el problema. • Que no saben, hasta este paso, el efecto de la lluvia en la planta de perejil. • Es necesario saber el efecto de la coloración de la planta para resolver el problema. • Que no pueden resolver el problema, hasta este paso, porque tienen que saber si la acidez afecta el cultivo. • No han realizado las pruebas experimentales correspondientes. 	<p>Respuestas de los alumnos al instrumento 3, 4 y 5.</p>
5	<p>Que los alumnos reconozcan sus necesidades de aprendizaje a partir de decidir investigar al menos uno de los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las características ácidas de la lluvia a partir de SO₂ al reaccionar con agua. • El pH de la lluvia que cae en los cultivos de perejil de Don Genaro. • Las causas de la coloración en la planta del perejil con la lluvia. 	<p>Respuestas de los alumnos al instrumento 6.</p>
6	<p>Que los alumnos lleven a cabo las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observar el efecto de la coloración de la planta que ocasiona el vinagre a la clorofila. • Investigar lo que ocurre con las plantas de perejil cuando son regadas con una disolución de pH ácido. • Comparar y observar dos plantas de perejil regadas en condiciones distintas de pH. • Registrar sus observaciones, la cantidad de agua y vinagre que agregan a las plantas. • Tomar fotografías a las plantas en diferentes momentos de la experimentación. 	<p>Fotografías tomadas por los alumnos de las plantas de perejil, así como la cantidad de agua y vinagre que agregan a las plantas.</p>
7	<p>Que los alumnos lleven a cabo las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organizar la información que recolectaron durante el proceso del ABP. • Asociar lo que observaron con las plantas de perejil y conectar sus observaciones con el pH de la lluvia, la escala pH, el pH del vinagre, el de la lluvia ácida y los oxiácidos de la lluvia ácida. 	

Pasos del ABP	Objetivos de aprendizaje	Evidencia
	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el concepto de pH en el video para dar una solución a los agricultores. • Definir la información que incluirán en sus videos para dar una conclusión al agricultor. • Realizar un vídeo para informar al agricultor acerca del problema. • Proponer soluciones relacionadas con la protección de las plantas. 	

4. Se aplicó el pretest Likert modificado de la versión de Martínez F. *et al.* (2006) para conocer la actitud inicial de los estudiantes. Se construyeron histogramas para conocer la actitud inicial. Los resultados grupales se analizaron estadísticamente con el programa Excel para Windows. Se contabilizaron las respuestas que los alumnos dieron, se obtuvieron los porcentajes correspondientes y se elaboraron gráficas para observar la actitud.
5. Se presentó a los estudiantes la problemática de lluvia ácida con una lectura. A partir de la metodología de los siete pasos y de los instrumentos diseñados los estudiantes dieron soluciones al problema.
6. Al final, los estudiantes dieron soluciones y presentaron sus resultados obtenidos después de exponer a las plantas de perejil a una disolución con pH similar al de la lluvia ácida de Boca Del Río, Veracruz, en un vídeo que ellos mismos elaboraron.
7. Se aplicó el mismo test Likert inicial para que ahora fuera un postest Likert (después de aplicar el problema) para conocer qué cambios hubo en la actitud de los estudiantes. Se analizaron mediante un análisis cuantitativo las respuestas de cada uno de los estudiantes a los test Likert. Se construyeron histogramas para observar si hubo cambios en la actitud. Los resultados grupales obtenidos en el pretest y postest tipo Likert se analizaron estadísticamente con el programa Excel para Windows. Se contabilizaron las respuestas que los alumnos dieron, se obtuvieron los porcentajes correspondientes y se elaboraron gráficas para observar los cambios en la actitud.

8. Se analizaron, mediante redes semánticas, las respuestas que los alumnos dieron a los instrumentos, los vídeos y el examen final presentados por los equipos, con la finalidad de conocer qué conceptos construyeron los estudiantes a lo largo de la metodología. Para esto se realizó un análisis cualitativo con los resultados que se obtuvieron de cada instrumento. Se construyeron redes semánticas por medio del programa ATLAS.ti7. De acuerdo con Sampieri *et al.*, (2014), para hacer un análisis cualitativo el investigador puede realizar una codificación cualitativa y para esto se consideran segmentos de contenido, se analizan y comparan. Si son distintos en términos de significado y concepto, cada uno induce una categoría; si son similares, induce una categoría común. En este trabajo la codificación cualitativa surgió al analizar las respuestas que los alumnos dieron, se asignaron códigos y se capturaron en categorías. Esto permitió usar la codificación para comenzar a revelar significados potenciales.

9. Se elaboró una rúbrica, Tabla 8, con tres niveles deseados de logro. La rúbrica permite clasificar e identificar qué logros en los objetivos de aprendizaje alcanzaron los equipos de alumnos, después de realizar todas las actividades propuestas para resolver el problema de lluvia ácida sobre las plantas de perejil. Para el diseño de la rúbrica se consideraron los aprendizajes esperados, descritos en la Tabla 7. A partir de los objetivos, se especificaron tres niveles de logro: nivel avanzado, nivel intermedio y nivel novato. Se asignó un código de colores: verde para nivel avanzado, amarillo para intermedio, y rojo para novato.

Para este trabajo de Tesis se consideró un nivel avanzado para aquellos equipos de alumnos que pudieron relacionar y reconocer el problema con los conceptos de pH, lluvia ácida, óxidos de la lluvia ácida, cambio de coloración de las plantas de perejil cuando son regadas con una sustancia ácida. Además, reconocieron que tenían que analizar: el pH de la lluvia, muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado y muestras de lluvia.

También, para los que lograron conectar la información obtenida de la experimentación de simular la lluvia ácida con vinagre y regar así a las plantas de perejil, con los conceptos ya mencionados, igualmente un nivel avanzado se define para los alumnos que aplicaron el concepto de pH en sus videos para dar una solución a los agricultores.

Un nivel intermedio se definió para los alumnos que lograron reconocer y relacionar con el problema algunos conceptos de pH, lluvia ácida, óxidos de la lluvia ácida, cambio de coloración de las plantas de perejil cuando son regadas con una sustancia ácida, pero no reconocieron que requieren saber más información o experimentar para resolver el problema.

Un nivel novato es para los alumnos que no reconocieron que desconocían datos para solucionar el problema y afirmaban que ya se podía solucionar el problema con la información

que habían indagado hasta el paso 4 del ABP. Además, los alumnos no reconocieron que tenían que analizar: el pH de la lluvia, muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado y muestras de lluvia.

Tabla 8. Rúbrica de conocimientos y habilidades por niveles en cada paso del ABP.

Pasos del ABP	Nivel avanzado	Nivel intermedio	Nivel novato
1	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fueron capaces de elaborar preguntas relacionadas con las plantas de perejil. • Conectaron sus conocimientos previos del pH con el problema. • Leyeron y analizaron el escenario del problema. 	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fueron capaces de elaborar preguntas relacionadas con las plantas de perejil. • Leyeron y analizaron el escenario del problema. 	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leyeron y analizaron el escenario del problema.
2	<p>Los alumnos definieron al menos tres de las siguientes acciones para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir el pH de la lluvia. • Causas de que el pH de la lluvia se altere. • Realizar pruebas experimentales de pH. • Tomar dos muestras de perejil una en buen estado y la otra en un estado de putrefacción para observar qué es lo que cambia. • Observar el perejil. • Investigar las propiedades del perejil. • Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz. • Investigar datos de la contaminación en Veracruz. • Experimentar con el perejil. 	<p>Los alumnos definieron al menos dos de las acciones anteriores para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir el pH de la lluvia. • Causas de que el pH de la lluvia se altere. • Realizar pruebas experimentales de pH. • Tomar dos muestras de perejil una en buen estado y la otra en un estado de putrefacción para observar qué es lo que cambia. • Observar el perejil. • Investigar las propiedades del perejil. • Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz. • Investigar datos de la contaminación en Veracruz. • Experimentar con el perejil. 	<p>Los alumnos definieron al menos una de las siguientes acciones para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir el pH de la lluvia. • Causas de que el pH de la lluvia se altere. • Realizar pruebas experimentales de pH. • Tomar dos muestras de perejil una en buen estado y la otra en un estado de putrefacción para observar qué es lo que cambia. • Observar el perejil. • Investigar las propiedades del perejil. • Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz. • Investigar datos de la contaminación en Veracruz. • Experimentar con el perejil.

Pasos del ABP	Nivel avanzado	Nivel intermedio	Nivel novato
3	<p>Los alumnos reconocieron que tenían que investigar al menos tres de los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos sobre la lluvia en Veracruz. • Las causas de que el pH de la lluvia se altere. • datos de la contaminación en Veracruz. • las propiedades del perejil. <p>Los alumnos reconocieron que tenían que analizar al menos dos de los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El pH de la lluvia. • Muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado. • Muestras de lluvia. 	<p>Los alumnos reconocieron que tenían que investigar al menos dos de los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos sobre la lluvia en Veracruz. • Las causas de que el pH de la lluvia se altere. • Datos de la contaminación en Veracruz. • Las propiedades del perejil. <p>Los alumnos reconocieron que tenían que analizar al menos uno de los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El pH de la lluvia. • Muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado. • Muestras de lluvia. 	<p>Los alumnos reconocieron que tenían que investigar al menos uno o ninguno de los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos sobre la lluvia en Veracruz. • Las causas de que el pH de la lluvia se altere. • Datos de la contaminación en Veracruz. • Las propiedades del perejil. <p>Los alumnos no reconocieron que tenían que analizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El pH de la lluvia. • Muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado. • Muestras de lluvia.
4	<p>Los alumnos reconocieron al menos uno de los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que aún desconocían datos para solucionar el problema. • Que no sabían el efecto de la lluvia en la planta de perejil. • Era necesario saber el efecto de la coloración de la planta para resolver el problema. • Que no podían resolver el problema porque tenían que saber si la acidez afectaba el cultivo. • No habían realizado las pruebas experimentales correspondientes. 	<p>Los alumnos reconocieron que aún no podían resolver el problema por causas relacionadas con recursos económicos, factores sociales y de interés político, pero no mencionaron que por falta de información o de experimentación.</p>	<p>Los alumnos no reconocieron que aún desconocían datos para solucionar el problema y afirmaban que ya se podía solucionar el problema.</p>
5	<p>Los alumnos reconocieron sus necesidades de aprendizaje a partir de decidir investigar al menos uno de los siguientes puntos:</p>	<p>Los alumnos reconocieron que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de neutralización.</p>	<p>Los alumnos no reconocieron que tenían que investigar al menos uno de los siguientes puntos:</p>

Pasos del ABP	Nivel avanzado	Nivel intermedio	Nivel novato
	<ul style="list-style-type: none"> Las características ácidas de la lluvia a partir de SO₂ al reaccionar con agua. El pH de la lluvia de Don Genaro. Las causas de la coloración en la planta del perejil con la lluvia. 		<ul style="list-style-type: none"> Las características ácidas de la lluvia a partir de SO₂ al reaccionar con agua. El pH de la lluvia de Don Genaro, Las causas de la coloración en la planta del perejil con la lluvia.
6	<p>Los alumnos llevaron a cabo las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vieron el efecto de la coloración de la planta que ocasiona el vinagre a la clorofila. Investigaron lo que ocurría con las plantas de perejil cuando son regadas con una sustancia de pH ácido. Compararon y observaron dos plantas de perejil regadas en condiciones distintas de pH. Registraron sus observaciones, la cantidad de agua y vinagre que agregaron a las plantas. Tomaron fotografías a las plantas durante el proceso de regarlas. 	<p>Los alumnos llevaron a cabo al menos cuatro de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vieron el efecto de la coloración de la planta que ocasiona el vinagre a la clorofila. Investigaron lo que ocurría con las plantas de perejil cuando son regadas con una sustancia de pH ácido. Compararon y observaron dos plantas de perejil regadas en condiciones distintas de pH. Registraron sus observaciones, la cantidad de agua y vinagre que agregaron a las plantas. Tomaron fotografías a las plantas durante el proceso de regarlas. 	<p>Los alumnos llevaron a cabo al menos tres de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vieron el efecto de la coloración de la planta que ocasiona el vinagre a la clorofila. Investigaron lo que ocurría con las plantas de perejil cuando son regadas con una sustancia de pH ácido. Compararon y observaron dos plantas de perejil regadas en condiciones distintas de pH. Registraron sus observaciones, la cantidad de agua y vinagre que agregaron a las plantas. Tomaron fotografías a las plantas durante el proceso de regarlas.

Pasos del ABP	Nivel avanzado	Nivel intermedio	Nivel novato
7	<p>Los alumnos llevaron a cabo las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Organizaron la información que recolectaron durante el proceso del ABP. Asociaron lo que observaron con las plantas de perejil y conectaron sus observaciones con el pH de la lluvia, la escala pH, el pH del vinagre, el de la lluvia ácida y los oxiácidos de la lluvia ácida. Aplicaron el concepto de pH en el video para dar una solución a los agricultores. Definieron la información que incluirían en sus videos para dar una conclusión al agricultor. Realizaron un vídeo para informar al agricultor acerca del problema. Propusieron soluciones relacionadas con la protección de las plantas. 	<p>Los alumnos llevaron a cabo al menos cuatro de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Organizaron la información que recolectaron durante el proceso del ABP. Asociaron lo que observaron con las plantas de perejil y conectaron sus observaciones con el pH de la lluvia, la escala pH, el pH del vinagre, el de la lluvia ácida y los oxiácidos de la lluvia ácida. Aplicaron el concepto de pH en el video para dar una solución a los agricultores. Definieron la información que incluirían en sus videos para dar una conclusión al agricultor. Realizaron un vídeo para informar al agricultor acerca del problema. Propusieron soluciones relacionadas con la protección de las plantas. 	<p>Los alumnos llevaron a cabo al menos tres de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Organizaron la información que recolectaron durante el proceso del ABP. Asociaron lo que observaron con las plantas de perejil y conectaron sus observaciones con el pH de la lluvia, la escala pH, el pH del vinagre, el de la lluvia ácida y los oxiácidos de la lluvia ácida. Aplicaron el concepto de pH en el video para dar una solución a los agricultores. Definieron la información que incluirían en sus videos para dar una conclusión al agricultor. Realizaron un vídeo para informar al agricultor acerca del problema. Propusieron soluciones relacionadas con la protección de las plantas.

Es importante considerar que la metodología de ABP se aplicó en la ENP N°6. La intervención se realizó en un grupo de Química III perteneciente al quinto año de preparatoria; el grupo estuvo conformado por 48 alumnos del turno vespertino.

• Los instrumentos

Para poder identificar los conceptos que los alumnos construyeron fue necesario diseñar instrumentos con los objetivos didácticos ya mencionados en la Tabla X. Dichos instrumentos son una propuesta para este trabajo y fueron aplicados de acuerdo con la fundamentación de la metodología del ABP.

Instrumento 1: El misterio con las plantas de perejil

En primera instancia, el instrumento presenta a los estudiantes el problema. El cuál es el siguiente:

Don Genaro López es un agricultor originario de Boca del Río, Veracruz. Él se dedica a la siembra de perejil en esa región, pero sus cosechas de perejil tuvieron un problema ahora que empezó la temporada de lluvias en agosto, ¡se echó a perder y no pudo venderla! Lo poquito que obtuvo, tuvo un aspecto putrefacto, o sea, las hojas de las plantas en vez de tener un color verde tenían un color que iba entre pardo y café.

Don Genaro muestra sus cultivos de perejil



Don Genaro tiene una hija, ella estudia veterinaria en la Universidad Veracruzana (UV) y preocupada por el problema de su papá consultó a un profesor de su clase; él le aconsejó que consultara a unos químicos de la UNAM porque leyó un artículo en donde se contaba que habían estado midiendo la cantidad de lluvia y su pH, también le contó que en este trabajo los químicos habían colaborado con el laboratorio de Ingeniería de la UV.

Entonces, Don Genaro decidió consultar a las personas del laboratorio para ver si le podían ayudar con su problema. Las personas que le atendieron casi todos eran químicos; si fueras Don Genaro, ¿qué preguntas les harías?

Dicho **instrumento 1** (Anexo) permite que el docente guíe a los estudiantes a dirigir y estructurar el proceso de investigación del ABP por medio de preguntas que los estudiantes elaboran. El instrumento permite que los estudiantes resalten sus conocimientos previos y observen detalladamente el problema del ABP. Dicho instrumento fue diseñado de acuerdo con los objetivos descritos anteriormente y es una propuesta para este trabajo de tesis.

Por medio de las preguntas que los estudiantes hicieron, se lograron identificar los conocimientos previos de los alumnos en torno al problema. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de vincular el tema de estudio con sus propias curiosidades y aspectos de su vida cotidiana. Barell (2007), menciona que un instrumento que brinda apoyo al docente y a los alumnos es fundamental para el desarrollo de la metodología ABP.

Instrumento 2: Descubriendo el misterio con las plantas de perejil

Se diseñó y se propuso otro instrumento para ser utilizado en este estudio el cual se titula: "Descubriendo el misterio en las plantas de perejil" (Anexo). Dicho instrumento es para conocer las dudas o inquietudes de los alumnos, activar el conocimiento previo y lo que ellos consideran que van a aprender al resolver el problema (Zambrano, 2016). La siguiente tabla muestra las preguntas de dicho instrumento.

Tabla 9. Preguntas del **instrumento 2**: descubriendo el misterio en las plantas de perejil.

1. ¿Qué harían para encontrar la solución al problema?
2. ¿Qué necesitan averiguar para resolver el problema? Enlisten los temas
3. ¿Cómo harán para averiguarlo?
4. ¿Qué esperamos aprender?

Las preguntas 1, 2 y 3 permitieron activar los conocimientos previos de los alumnos y conocer las acciones que tomarían para resolver el problema. La pregunta 4 permitió conocer lo que el alumno esperaba aprender al resolver el problema. Este instrumento puede ser usado para organizar y evaluar el aprendizaje. Por ejemplo, a través de la tercera y la última pregunta se puede hacer una comparación y relación para establecer un enlace entre los conocimientos previos y el reconocimiento

de la información nueva que requieren para resolver el problema, lo que permite que los alumnos utilicen el instrumento como una autoevaluación de su aprendizaje (Díaz-Barriga y Hernández Rojas, 2010).

Instrumentos 3, 4 y 5: Descubriendo el misterio en las plantas de perejil

Estos instrumentos son una propuesta para organizar e identificar los conocimientos que los alumnos van construyendo a lo largo del proceso ABP. El objetivo de los instrumentos es que a partir de las lecturas 1-3 propuestas que realizan los estudiantes puedan reconocer, clasificar e identificar los hechos que les permitirían dar una solución al problema. Además, permite evaluar cualitativamente lo que los estudiantes aprendieron. De acuerdo con Campirán (2000), el tener un instrumento que permita una "comprensión ordenada del lenguaje" (COL) es una herramienta didáctica que consiste en tener apuntes que recogen a manera de diario de campo, lo cual despierta, desarrolla y perfecciona ciertas habilidades de lectura y escritura, ya que por medio de un instrumento así se puede ejercitar la observación, la repetición y el manejo de información (Flores y Gómez, 2009).

Las lecturas que se propusieron son las siguientes:

- * **Lectura 1:** Bello Silvia; Castillejos Adela; Irazoque Glinda *et al.* (2006). *A ciencia cierta... La lluvia ácida*. ADN editores.
- * **Lectura 2:** Ariza Águila L. E. (2018). *Mediciones de lluvia ácida en el campus Mocambo- U.V. y municipio de Boca del Río, Ver.* Instituto de Ingeniería, UV.
- * **Lectura 3:** Córdoba, F. J. L. (1990). Ácidos y bases: la química en la cocina. *Revista Ciencias UNAM*. 1(18), 17-21.

Tabla 10. Preguntas que conforman los instrumentos 3, 4 y 5: descubriendo el misterio en las plantas de perejil.

1. ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema?
2. ¿Por qué la gente debería conocer los hechos que han seleccionado?
3. ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema?
4. ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos importantes para resolver el problema?
5. ¿Se puede resolver ya el problema? ¿por qué sí o por qué no?

A partir de las lecturas propuestas y con las preguntas de los instrumentos que se muestran en la Tabla 10, los estudiantes pueden activar los conocimientos previos, además, que permiten que el

docente conozca lo que el alumno reconoce como importante para resolver el problema. Las preguntas permiten que el estudiante organice y autoevalúe sus conocimientos y actitudes.

Estas preguntas tienen como objetivo que el estudiante organice y evalúe su aprendizaje a través de los hechos que reconoce en las lecturas. Por ejemplo, a través de la primera y tercera lectura se puede hacer una comparación y relación para establecer un enlace entre los conocimientos previos y el reconocimiento de la información nueva, lo que permite que estos instrumentos se utilicen como instrumentos de autoevaluación de su aprendizaje.

Instrumento 6: Identificando el misterio en las plantas de perejil

Este instrumento consta de siete preguntas (Tabla 11), las preguntas del instrumento permiten que el estudiante organice y reconozca fórmulas químicas, valores de pH que ha ido aprendiendo y observando por medio de la lectura de los artículos. Esto se tomó en cuenta porque de acuerdo con Nakamatsu J. la química estudia el mundo real y crea modelos para representarlo y así poder explicar sus características y propiedades. El objetivo del instrumento fue acercar al alumno al nivel simbólico, el cual se considera como aquel en el que se definen símbolos para representar los modelos. La finalidad fue mantener la conexión entre el mundo real y cotidiano, y el conocimiento teórico.

Para resolver el problema de por qué la lluvia ácida “cambia” el color de las hojas de perejil, solo abordaremos la naturaleza ácida de la lluvia. Para lo cual es indispensable que los estudiantes reconozcan que las disoluciones con valores del pH menores que 7 son ácidas.

Tabla 11. Preguntas del instrumento 6: Identificando el misterio en las plantas de perejil.

¿Qué sustancias han identificado en las lecturas?
¿Qué reacción de las que estuvieron revisando en las lecturas probarían en el laboratorio?
¿Por qué podemos consumir vinagre en las ensaladas y no podemos consumir ácido sulfúrico?
¿Cómo representan en una ecuación química que el ácido sulfúrico es ácido basándose en el modelo de Arrhenius?
¿Cómo representan el ácido acético, presente en el vinagre, basándose en el modelo de Arrhenius?
¿Cuál es el pH del vinagre?
¿Qué relación tiene el pH del vinagre con el pH de la lluvia donde cultiva el perejil Don Genaro?

• Método de trabajo empleado con los estudiantes

La metodología de ABP que se propuso seguir en el grupo fue la siguiente:

Paso 1: Presentación y lectura comprensiva del escenario.

1.1 En primer lugar, en el grupo de la ENP N° 6 de 48 alumnos se formaron 12 equipos, cada uno con cuatro integrantes. Para distinguir un equipo de otro, los estudiantes le pusieron nombre a su equipo. Para hacer esta actividad se propone un tiempo de treinta minutos.

1.2 Ya organizados en equipos, se presentó el problema a los alumnos. Para esto se usó una historia breve ilustrada con el personaje principal, para que los alumnos pudieran visualizar el escenario del ABP. Para hacer esta actividad se propone un tiempo de treinta minutos.

1.3 En cuanto los alumnos terminaron de leer el problema se les pidió que resolvieran en equipo el **Instrumento 1**. Dicho instrumento consistió en responder una única pregunta. El objetivo de esta pregunta fue que los alumnos identificaran los conceptos que necesitan adquirir para poder entender el problema, para que socializaran significados, que tuvieran oportunidad de elaborar preguntas relacionadas con las plantas de perejil y conectar sus conocimientos previos del pH con el problema. Para esta actividad se propone un tiempo de una hora.

Paso 2: Definición del problema.

2.1 En plenaria se debatieron las respuestas que cada equipo de alumnos había dado al instrumento 1. Cada equipo justificó y defendió sus respuestas. Un integrante de cada equipo anotó las ideas relacionadas con el problema que surgieron del debate grupal. Para esta actividad se propone un tiempo de treinta minutos.

2.2 Una vez que ya se había debatido, se aplicó el **instrumento 2**, con la finalidad de que los alumnos pudieran incorporar, modificar, o sustituir la información que pensaron fundamental para analizar el problema. Los equipos de alumnos tardaron una hora en responder el instrumento.

Paso 3: Análisis del problema a través de la lluvia de ideas.

3.1 Cuando los alumnos terminaron de responder el **instrumento 2**, se hizo un debate, con la finalidad de analizar las respuestas que cada equipo había dado. Aquí fue el momento en donde se determinó qué temas eran necesarios de investigar. Para esta actividad se propone un tiempo de treinta minutos.

- 3.2 Se anotaron en el pizarrón las ideas que cada equipo dio, dichas ideas fueron plasmadas en el **instrumento 2**. Para esta actividad se propone un tiempo de treinta minutos.
- 3.3 Una vez que los equipos y el grupo habían definido lo que iban a investigar se procedió a que cada equipo realizaría la búsqueda de información, para ser discutida en la siguiente sesión. El tiempo máximo que se propone para realizar la búsqueda de información es de una hora.

Paso 4: Clasificación de los avances.

- 4.1 Los alumnos anotaron, en el pizarrón, algunas ideas clave que habían encontrado relacionadas con el problema, esto tardó treinta minutos.
- 4.2 Lo anterior sirvió para que los alumnos reconocieran que aún había datos que desconocían, así como conceptos. Se les entregaron tres artículos con tres **instrumentos (3, 4 y 5)**. Con la ayuda de estos materiales, tenían que identificar aquellos conceptos que ya sabían, aquello que les podría resultar útil para resolver el problema e identificar si lo que ya sabían, por medio de las lecturas, les permitía resolver el problema.
- 4.3 Cuando los alumnos terminaron de resolver los instrumentos hubo un análisis y un debate (docente y alumnos) de los **instrumentos 3, 4 y 5**. El análisis y el debate permitió que los alumnos que aún no reconocían lo que faltaba investigar, lo hicieran. El tiempo sugerido para llevar a cabo estas actividades es de 2 horas

Paso 5: Formulación de los conocimientos necesarios.

- 5.1 Se realizó un debate grupal relacionado con aspectos del problema que requerían ser indagados y comprendidos mejor. Cada equipo justificó qué temas consideraban ellos que debían ser indagados. Estos temas fueron importantes para diferenciar entre lo que el alumno ya sabía y lo que no sabía respecto al problema. Para esta actividad se propone un tiempo de treinta minutos.
- 5.2 Para que los alumnos ubicaran sus necesidades de aprendizaje se les proporcionó el **instrumento 6**, en equipos lo resolvieron y tardaron aproximadamente una hora.
- 5.3 Cuando los alumnos terminaron de resolver el instrumento, hubo un análisis (docente y alumnos) de las respuestas de dicho **instrumento 6**. Para esta actividad se propone un tiempo de treinta minutos.

Paso 6: Obtención de información adicional e investigación.

6.1 En este paso se llevaron a cabo dos actividades experimentales, que tuvieron la finalidad de que los alumnos conocieran por un lado cómo se forma la lluvia ácida y por el otro que pudieran experimentar con las plantas de perejil. El primer experimento se realizó en el laboratorio de la ENP N°6 en un tiempo de dos horas. Cada equipo tuvo la oportunidad de experimentar y reconocer cómo se forma la lluvia ácida. Cada equipo se llevó a casa dos plantas de perejil, con las que ellos podían llevar a cabo sus propuestas experimentales. Las regaron según lo que acordaron, utilizando ya sea agua de la llave, o vinagre con agua; por periodos que escogieron, ya fuera riego semanal, o cada tercer día, por ejemplo.

Paso 7: Discusión y presentación de los resultados de investigación.

7.1 Cada equipo estableció acuerdos acerca de la información que utilizarían para realizar un vídeo y comunicar sus hallazgos. En el equipo, los integrantes discuten, contrastan y elaboran conclusiones a partir de la información aportada para el problema. En el vídeo los alumnos deben mencionar el problema, dónde se originó, quién se ve afectado y el rol que ellos aceptan para resolver el problema. Deben mostrar imágenes del trabajo experimental que realizaron con las plantas de perejil, así como explicar los resultados observables que obtuvieron al realizar este trabajo. Imágenes relacionadas con la escala pH, con la lluvia ácida, con los oxiácidos. Finalmente, los alumnos deben proponer una solución para que la lluvia ácida no afecte las cosechas de perejil. El tiempo de duración del vídeo que se propone es de 5-10 minutos.

7.2 Cada equipo presentó su vídeo al grupo, el cual fue el producto final. Para esta actividad se requirieron dos horas.

En la figura 3 se muestra un resumen del proceso que se llevó a cabo con el grupo de alumnos, así como los instrumentos que se aplicaron en cada paso.



Figura 3. Método de trabajo que se llevó a cabo con el grupo de Química III de la ENP N°6.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se llevaron a cabo dos tipos de análisis, tanto cuantitativo como cualitativo. El análisis cuantitativo permitió conocer los cambios de actitud hacia la química en los estudiantes del curso de Química III de la ENP N°6. Mientras que el análisis cualitativo permitió analizar las respuestas, acerca de los conceptos de ácido, base, oxiácidos, pH, y uso de la escala de pH, que los estudiantes dieron a los diferentes instrumentos aplicados, de manera que se pudieron categorizar sus respuestas en niveles de logro alcanzados en una rúbrica.

• Análisis cuantitativo

Los resultados obtenidos en el pretest y postest Likert se analizaron estadísticamente. Se contabilizaron las respuestas que los alumnos dieron, se obtuvieron los porcentajes correspondientes y se elaboraron gráficas para observar los cambios en la actitud.

Resultados del pretest Likert (antes del problema)

En total se aplicaron 12 ítems, cada uno para identificar las actitudes favorables o desfavorables de los estudiantes hacia la química. El reconocimiento de ítems positivos y negativos se muestra en la Tabla 12, el cual se basa en el test propuesto por Martínez F. *et al.* (2006).

Tabla 12. Reconocimiento de ítems positivos y negativos en el test Likert (Martínez F. *et al.*, 2006).

Ítems positivos	Ítems negativos
Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo.	No sé para qué sirve la clase de química.
Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad.	Me desagrada consultar los temas relacionados con química.
Dedico más tiempo a estudiar química que a otras materias.	Estar en clase de química es una obligación.
Me intereso por profundizar los temas vistos en química.	Para mí los conceptos y las teorías de química no tienen sentido.
De la clase de química lo que más me gusta es ir al laboratorio.	La clase de química no es más que un compendio de fórmulas.
Para mí la química es más que una asignatura memorística.	Me suelo distraer y aburrir en la clase de química.

En la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos cuando se aplicó el test Likert (Anexo) antes de presentar el problema a los alumnos de la ENP N°6. El test Likert considera la siguiente escala: totalmente de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo, totalmente en desacuerdo.

Tabla 13. Porcentajes obtenidos de acuerdo con las actitudes hacia la química, antes de aplicar el problema, de los alumnos de la ENP N°6

Ítems	% de alumnos totalmente de acuerdo	% de alumnos de acuerdo	% de alumnos ni de acuerdo ni en desacuerdo	% de alumnos en desacuerdo	% de alumnos que está totalmente en desacuerdo
Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo	4.3	23.3	44.7	12.8	14.9
No sé para qué sirve la clase de química	10.9	17	23.9	17.8	30.4
Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad	4.3	34	40.4	14.9	6.4
Me desagrada consultar los temas relacionados con química	0	19.2	38.3	31.9	10.6
Estar en clase de química es una obligación	19.1	27.7	19.1	23.4	10.6
Dedico más tiempo a estudiar química que otras materias	6.4	4.3	25.5	31.9	31.9
Me intereso por profundizar los temas vistos en química	8.5	12.8	40.4	27.7	10.6

Ítems	% de alumnos totalmente de acuerdo	% de alumnos de acuerdo	% de alumnos ni de acuerdo ni en desacuerdo	% de alumnos en desacuerdo	% de alumnos que está totalmente en desacuerdo
Para mí los conceptos y las teorías de química no tienen sentido	4.3	4.3	27.7	23.4	40.4
La clase de química no es más que un compendio de fórmulas	2.1	14.9	29.8	34	19.1
De la clase de química lo que más me gusta es ir al laboratorio	57.4	21.3	14.9	2.1	4.3
Me suelo distraer y aburrir en la clase de química	25.5	31.9	31.9	10.6	0
Para mí la química es más que una asignatura memorística	15.2	25.5	13	22.4	23.9

A partir de los resultados de la Tabla 13 se construyó una gráfica (Figura 4) para observar las actitudes que los alumnos presentaron hacia la clase de química, antes del problema. Los resultados muestran que menos del 5 % de alumnos presentó actitudes totalmente favorables hacia la química, por ejemplo, únicamente el 4.3 % de alumnos está totalmente de acuerdo en sentir entusiasmo a la hora de estudiar química, además, el mismo porcentaje de alumnos siente agrado por la clase de química porque encuentra relación con su cotidianidad. Se espera que el problema planteado a los alumnos les provoque interés, y una motivación que les produzca la necesidad de establecer un compromiso emocional y cognitivo.

Por otro lado, es importante mencionar que una gran proporción de alumnos presentó actitudes totalmente desfavorables hacia la química. Por ejemplo, el 19.1% de alumnos dijo estar totalmente de acuerdo que estar en clase de química es una obligación y el 25.5% dijo estar totalmente de acuerdo

con que suelen distraerse y aburrirse en la clase de química, mientras que el 4.3% dijo que está totalmente de acuerdo que los conceptos y las teorías de química no tiene sentido. Se espera que al aplicar la metodología propuesta de ABP estos porcentajes disminuyan.

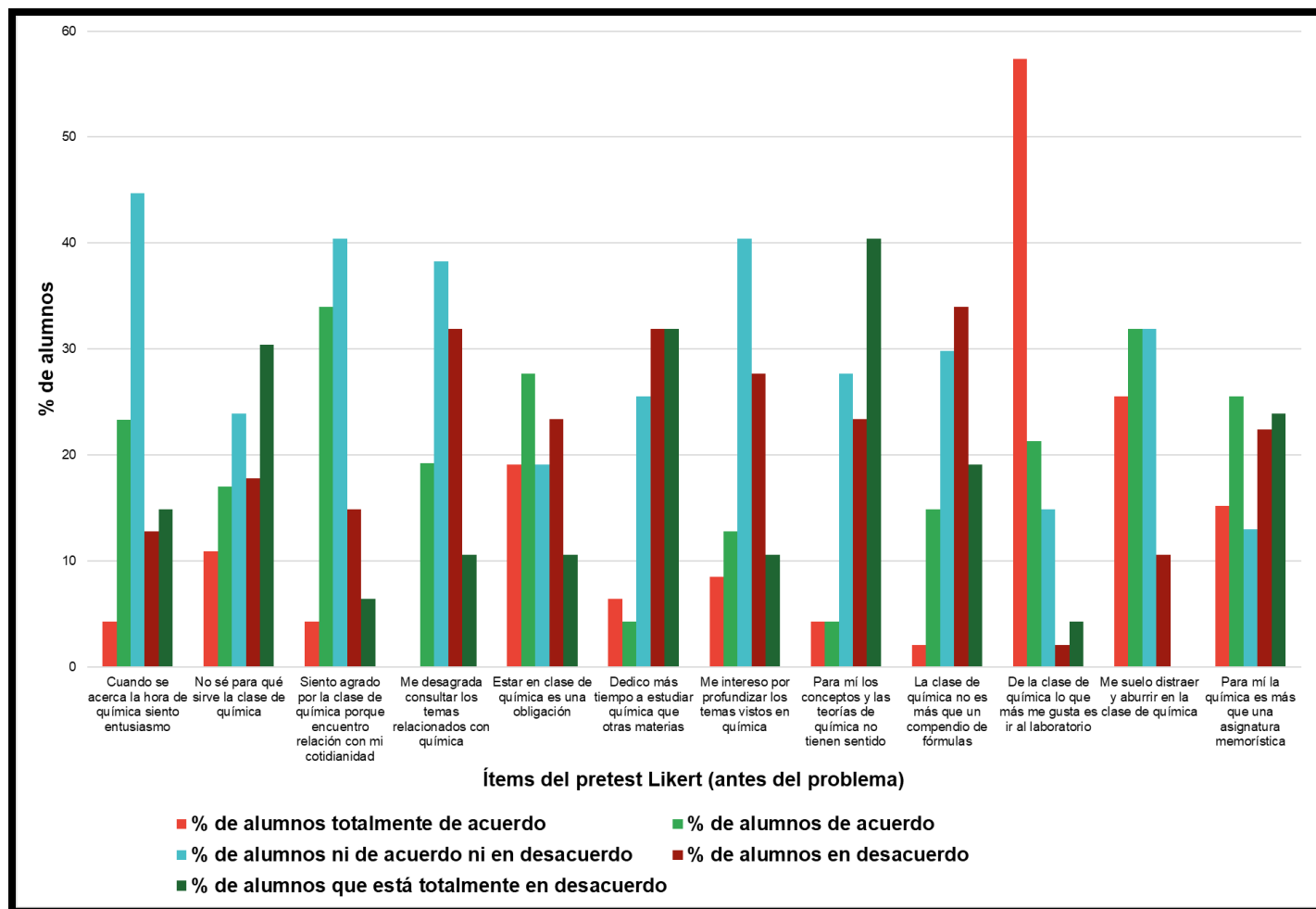


Figura 4. Gráfica de los resultados del pretest Likert (antes del problema).

Resultados del postest Likert (después del problema)

Al terminar la metodología de ABP con los alumnos, se procedió a aplicar el mismo test Likert con los mismos ítems para poder comparar y reconocer si hubo cambios en la actitud de los alumnos. En la Tabla 14 se muestran los resultados obtenidos cuando se aplicó el test Likert después de presentar el problema a los alumnos de la ENP N°6. Los resultados obtenidos se han organizado en el porcentaje de alumnos que está totalmente de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo y totalmente en desacuerdo.

Tabla 14. Porcentajes obtenidos de acuerdo con las actitudes hacia la química, después de aplicar el problema, de los alumnos del curso de Química III de la ENP N°6.

Ítems	% de alumnos totalmente de acuerdo	% de alumnos de acuerdo	% de alumnos de acuerdo ni en desacuerdo	% de alumnos en desacuerdo	% de alumnos que está totalmente en desacuerdo
Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo	15.2	54.3	28.3	2.2	0
No sé para qué sirve la clase de química	0	15.2	21.3	38	25.5
Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad	23.9	45.7	21.7	8.7	0
Me desagrada consultar los temas relacionados con química	0	10.9	34.8	28.2	26.1
Estar en clase de química es una obligación	8.7	21.7	23.9	21.7	23.9
Dedico más tiempo a estudiar química que otras materias	4.3	10.9	47.8	19.6	17.4
Me intereso por profundizar los temas vistos en química	8.7	39.1	39.1	10.9	2.2
Para mí los conceptos y las teorías de química no tiene sentido	4.3	0	26.1	32.6	37
La clase de química no es más que un compendio de fórmulas	0	2.2	19.6	21.7	56.5

Ítems	% de alumnos totalmente de acuerdo	% de alumnos de acuerdo	% de alumnos de acuerdo ni en desacuerdo	% de alumnos en desacuerdo	% de alumnos que está totalmente en desacuerdo
De la clase de química lo que más me gusta es ir al laboratorio	54.3	15.2	21.7	4.3	4.3
Me suelo distraer y aburrir en la clase de química	4.3	17.4	32.6	21.7	23.9
Para mí la química es más que una asignatura memorística	8.5	13	40.4	25.3	12.8

A partir de los resultados de la Tabla 14 se construyó una gráfica (Figura 5) para visualizar si hubo cambios en las actitudes en los alumnos, una vez que ya se había presentado el problema. Los resultados muestran que más del 15% de alumnos presentó actitudes totalmente favorables hacia la química, por ejemplo, el 15.2% de alumnos está totalmente de acuerdo en sentir entusiasmo a la hora de estudiar química, además, el 23.9% de alumnos siente agrado por la clase de química porque encuentra relación con su cotidianidad. Es importante mencionar que se cumplió lo esperado pues estos porcentajes aumentaron después de haber aplicado la didáctica de ABP.

Por otro lado, es importante mencionar que menos del 9% de alumnos presentó actitudes totalmente desfavorables hacia la química. Por ejemplo, el 8.7% de alumnos dijo estar totalmente de acuerdo que estar en clase de química es una obligación y el 4.3% dijo estar totalmente de acuerdo con que suelen distraerse y aburrirse en la clase de química. De igual forma se cumplió lo esperado pues estos porcentajes disminuyeron después de haber aplicado la didáctica de ABP.

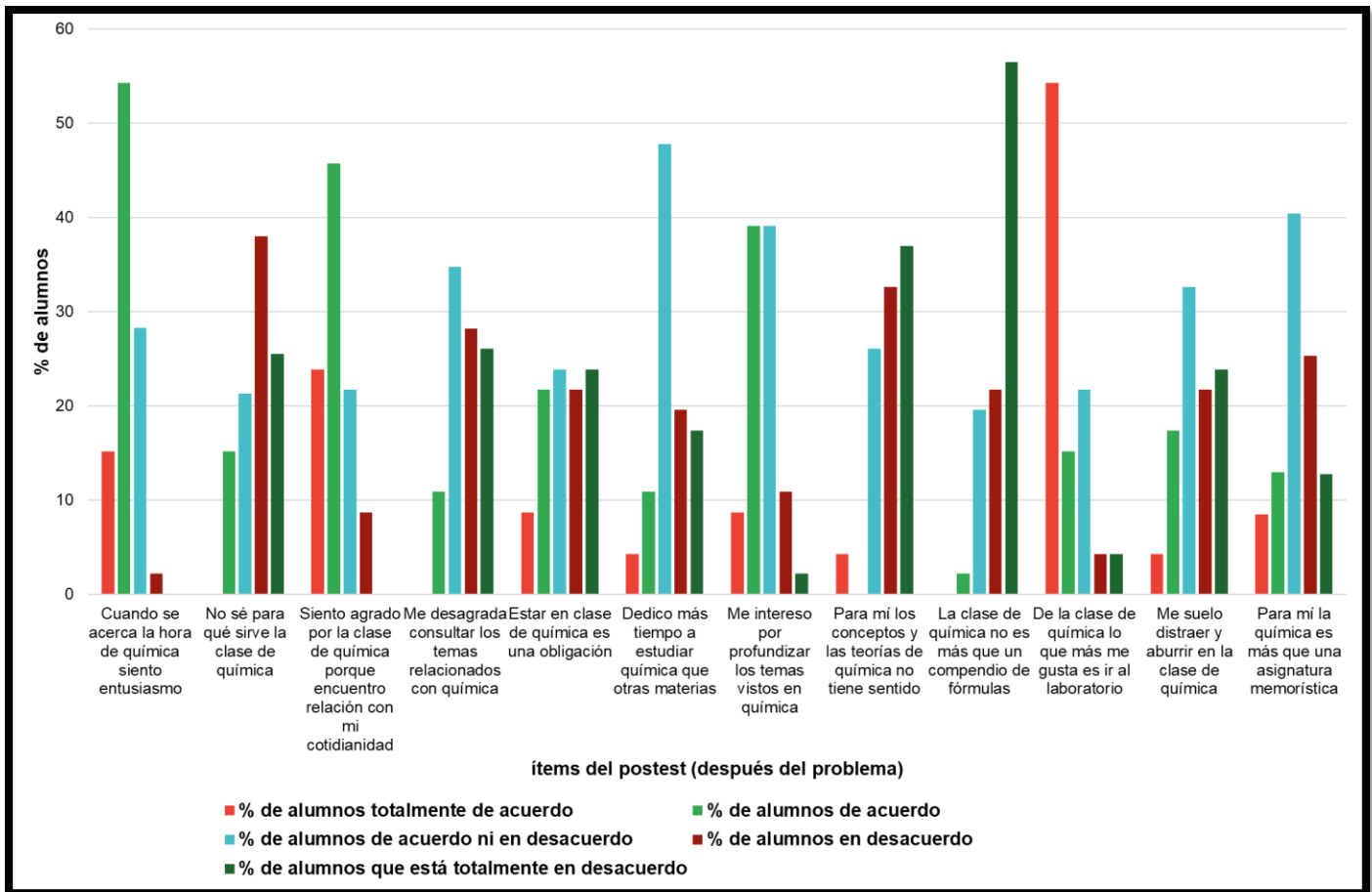


Figura 5. Gráfica de los resultados del posttest Likert (después del problema).

Aunque se reconocieron cambios en el porcentaje de respuestas para todos los ítems del test Likert, muchos de ellos fueron muy pequeños, así que se escogieron tres ítems donde los cambios fueron más evidentes, de tal forma que se pudieran comparar mejor las actitudes positivas y negativas de los alumnos hacia la química antes y después del problema. Es en estos tres ítems donde se puede decir que esta propuesta didáctica tuvo mayor impacto en el cambio de actitudes: Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo; Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad; y Estar en clase de química es una obligación. En la tabla 15 se muestran dichos ítems y el porcentaje de alumnos que estuvo totalmente de acuerdo en el pretest (antes del problema) y en el posttest (después del problema).

A partir de los datos de la Tabla 15 se elaboró una gráfica (Figura 6) comparativa para poder identificar si hubo cambios importantes en las actitudes de los alumnos. En esta Figura se muestran los tres ítems en donde se observa un cambio evidente. Por ejemplo, antes de implementar el ABP, el 4.3% de alumnos dijo estar totalmente de acuerdo que cuando se acerca la hora de química siente entusiasmo, este porcentaje aumentó a un 15.2% luego de la implementación del ABP. Además, antes de presentar el problema, el 4.3% dijo estar totalmente de acuerdo en sentir agrado por la clase de

química porque encontraban relación con su cotidianidad, después del problema el porcentaje aumentó al 23.9 %, lo cual demuestra que el ABP logró estimular a algunos. Por último, es importante observar que antes del problema, el 19.1% de alumnos estaba de acuerdo en que estar en clase de química es una obligación, este porcentaje disminuyó a un 8.7%, estos datos demuestran que se logró desarrollar una actitud positiva hacia la química en algunos estudiantes, durante la puesta en marcha de las actividades que el problema de lluvia ácida desplegó.

Tabla 15. Comparación de los porcentajes obtenidos de acuerdo con las actitudes hacia la química, antes y después del problema, de los alumnos del curso de Química III de la ENP N°6.

Ítems	% de alumnos totalmente de acuerdo	% de alumnos de acuerdo	% de alumnos ni de acuerdo ni en desacuerdo	% de alumnos en desacuerdo	% de alumnos que está totalmente en desacuerdo
Pretest-Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo	4.3	23.3	44.7	12.8	14.9
Posttest-Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo	15.2	54.3	28.3	2.2	0
Pretest-Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad	4.3	34	40.4	14.9	6.4
Posttest-Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad	23.9	45.7	21.7	8.7	0

Ítems	% de alumnos totalmente de acuerdo	% de alumnos de acuerdo	% de alumnos ni de acuerdo ni en desacuerdo	% de alumnos en desacuerdo	% de alumnos que está totalmente en desacuerdo
Pretest-Estar en clase de química es una obligación	19.1	27.7	19.1	23.4	10.6
Postest-Estar en clase de química es una obligación	8.7	21.7	23.9	21.7	23.9

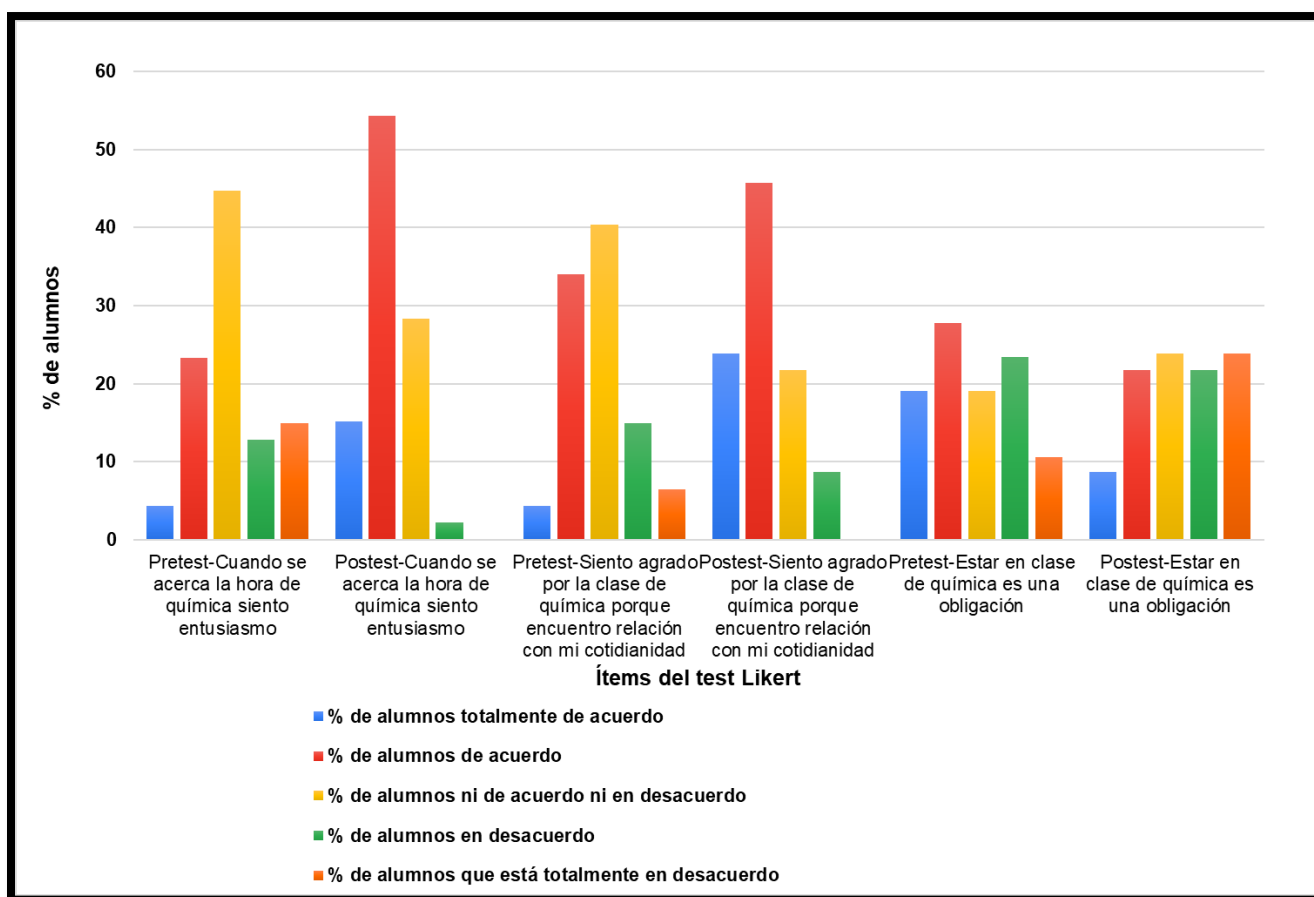


Figura 6. Gráfica comparativa de los resultados del pretest y postest Likert.

- **Análisis cualitativo**

Las respuestas obtenidas en los **instrumentos 1-6**: el misterio con las plantas de perejil, descubriendo el misterio con las plantas de perejil e identificando el misterio con las plantas de perejil, se analizaron por categorías y se formaron redes semánticas con el programa ATLAS.ti7 de acuerdo con las recomendaciones de Sampieri *et al.*, 2014.

Además, se analizaron los vídeos que los alumnos elaboraron como producto final para dar soluciones al problema. Esto se hizo con los diálogos que los alumnos verbalizaron en los vídeos. Los datos cualitativos obtenidos de los instrumentos y vídeos fueron organizados y estructurados en categorías y códigos de acuerdo con las recomendaciones de Sampieri *et al.*, 2014. A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada uno de los instrumentos.

Instrumento 1: Si fueras Don Genaro, ¿qué preguntas les harías a los químicos?

Se realizó un análisis cualitativo con los resultados que se obtuvieron de esta pregunta. Se construyó una red semántica por medio del programa ATLAS.ti7 (figura 7). De acuerdo con Sampieri *et al.*, (2014), para hacer un análisis cualitativo el investigador puede realizar una codificación cualitativa y para esto se consideran segmentos de contenido, se analizan y comparan. Si son distintos en términos de significado y concepto, cada uno induce una categoría; si son similares, induce una categoría común. En este trabajo la codificación cualitativa surgió al analizar las preguntas que los alumnos habían planteado, se asignaron códigos y se capturaron en categorías. Esto permitió usar la codificación para comenzar a revelar significados potenciales y los conceptos previos que los alumnos tenían relacionados con el problema.

La figura 7 muestra la captura de imagen de uno de los códigos que fueron asignados en el programa ATLAS.ti7. A partir de las preguntas que los alumnos elaboraron se pone un código para la palabra lluvia y se agrupan todas las preguntas que la mencionaban.

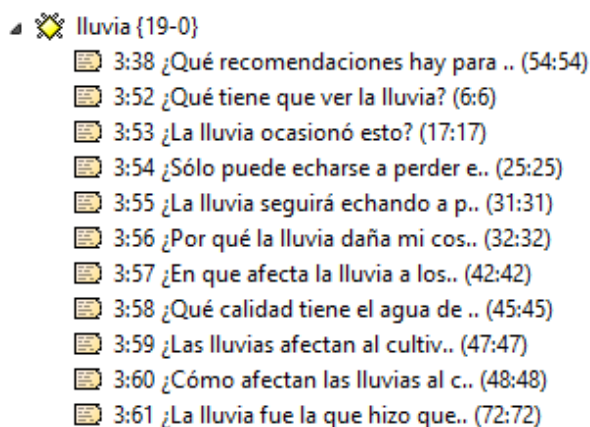


Figura 7. Captura de imagen tomada del programa ATLAS.ti7, que muestra el código para lluvia a partir de las preguntas, que los alumnos elaboraron para el instrumento 1, que contenían esta palabra.

Una categoría engloba códigos similares, por ejemplo, lluvia y agua. A partir de las categorías y los códigos se construyó una red que permitió estructurar y dar sentido a los datos (Figura 8). En la figura 8 se resaltaron las categorías en color vino, que corresponde a la pregunta que los alumnos respondieron.

En la figura 8 que muestra la red semántica para la pregunta inicial: Si fueras Don Genaro, ¿qué preguntas les harías a los químicos? Permite conocer la relación que existe entre el problema y los conocimientos previos de los alumnos.

En las preguntas que hicieron los equipos se observaron tres tendencias que han sido identificadas como categorías y las cuales están encerradas en color rojo. La primera se refiere a que los alumnos relacionaron el problema con el agua de lluvia (preguntas relacionadas con la lluvia o el agua) los alumnos plantearon preguntas como: ¿el agua de lluvia ocasionó el daño en las plantas?, ¿cuál fue la calidad del agua de lluvia?, etcétera. La segunda consiste en que los equipos se enfocaron en preguntas relacionadas únicamente con las plantas de perejil (preguntas relacionadas con las hojas, el perejil, las cosechas o cultivos), por ejemplo preguntaron: ¿qué ocasionó que las plantas tuvieran un color café?, ¿por qué las plantas no tienen un color verde?, ¿qué pasa si se consumen esas plantas putrefactas?, ¿puedo consumir esas plantas?, ¿qué debo hacer para que las próximas cosechas las plantas ya no tengan ese aspecto?, etcétera. La tercera tendencia fue relacionada con el pH (preguntas relacionadas con el pH), los alumnos hicieron preguntas como: ¿Cuál es el pH de la lluvia? ¿Tiene que ver el pH de la lluvia?, etcétera. Es importante mencionar que solo un equipo realizó una pregunta relacionada con la acidez de la lluvia, se desconoce cómo es que un equipo logró hacer esa relación de la acidez de la lluvia, pero esto refleja los conocimientos previos de los alumnos relacionados con el problema (Zambrano, 2016).

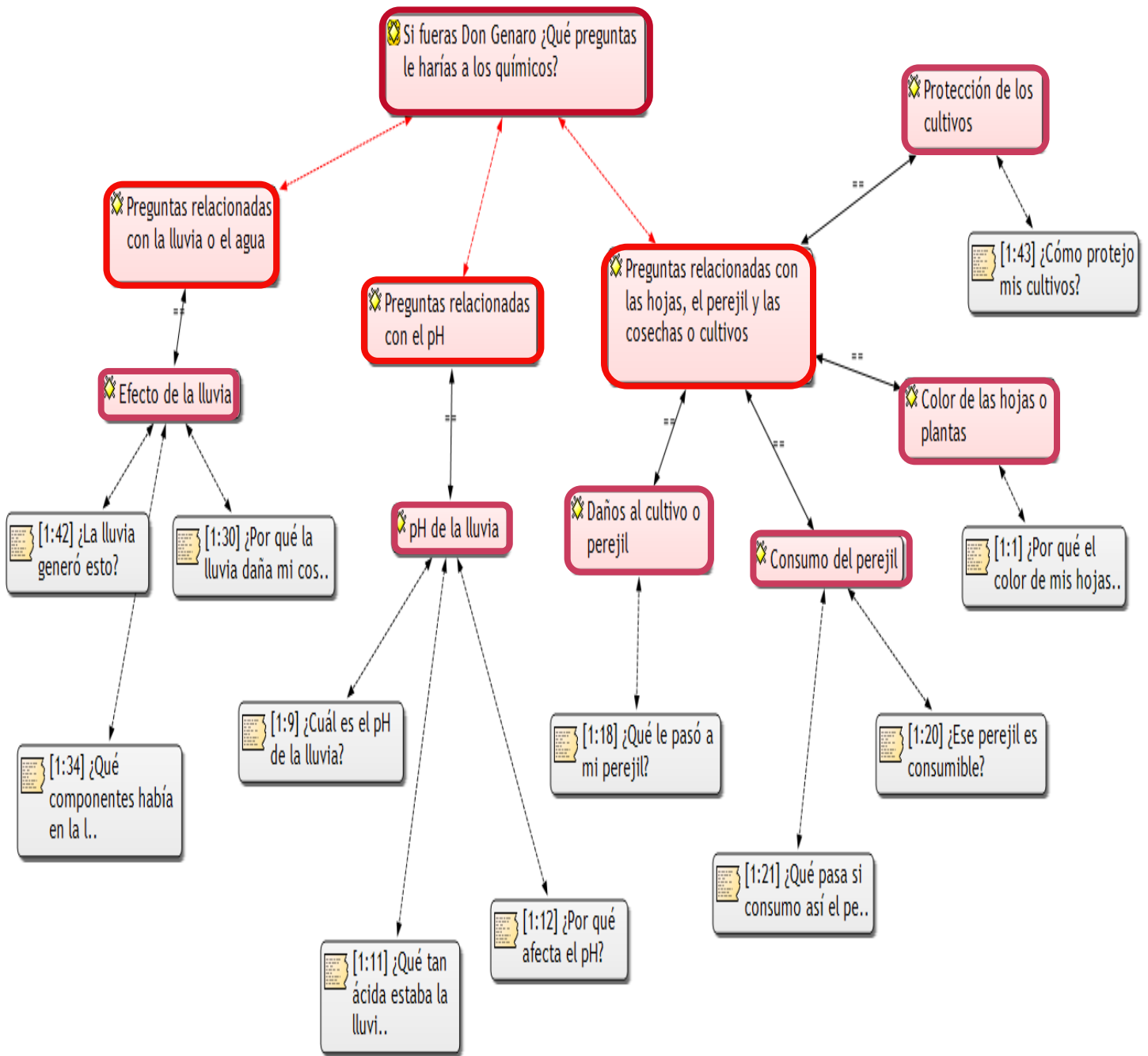


Figura 8. Red semántica del instrumento 1 “El misterio con las plantas de perejil”

La codificación cualitativa permitió conocer los conocimientos previos de los alumnos e identificar el punto de partida del aprendizaje de los estudiantes. Los alumnos manifestaron en sus preguntas los datos más sobresalientes del problema planteado en la primera sesión y éstas se organizaron en 6 códigos: efecto de la lluvia, pH de la lluvia, daños al cultivo o perejil, consumo del perejil, color de las hojas o plantas y protección de los cultivos (Figura 8). En la tabla 16 se pueden consultar, las categorías, los códigos y la frecuencia que cada código mostró.

Tabla 16. Descripción de los códigos elegidos para el análisis del instrumento “El misterio con las plantas de perejil”.

Pregunta inicial	Categorías	Códigos	Descripción	Frecuencia	
Si fueras Don Genaro, ¿qué preguntas les harías a los químicos?	Preguntas relacionadas con la lluvia o el agua	Efecto de la lluvia	Se refiere a las dudas que los alumnos expresaron en relación con el efecto que tiene la lluvia en las plantas de perejil o en el cultivo.	11	
	Preguntas relacionadas con el pH	pH de la lluvia	Se refiere a las dudas que los alumnos expresaron referentes a cuál debía ser el pH de la lluvia.	9	
	Preguntas relacionadas con las hojas, el perejil, las cosechas o cultivos	Daños a los cultivos	Daños a los cultivos	Se refiere a las dudas que los alumnos manifestaron referentes a los daños que habían sufrido el perejil o los cultivos de perejil.	3
		Consumo de perejil	Consumo de perejil	Se refiere a las dudas de los alumnos tuvieron en relación a sí el perejil podía ser consumible con esas condiciones y qué era lo que pasaría si alguien consumía el perejil así.	5
		Color de las hojas o plantas	Color de las hojas o plantas	Son las dudas que los alumnos tuvieron relacionadas con cambio en el color de las plantas de perejil.	8
		Protección a los cultivos	Protección a los cultivos	Se refiere a las dudas que tuvieron los alumnos acerca de la protección que le debían dar a los cultivos próximos con la finalidad de evitar que se sigan dañando.	5

El código con mayor frecuencia fue el efecto de la lluvia en el cual los alumnos manifestaron sus dudas acerca de cuál fue el efecto de la lluvia sobre las plantas de perejil y que la lluvia había ocasionado el daño a las plantas. El código tuvo una frecuencia de 11. El código permitió evidenciar que el problema

permitió guiar al alumno hacia el tema de la lluvia ácida. Es evidente que el problema planteado a los alumnos permitió guiarlos hacia los contenidos relacionados con la lluvia ácida, ya que el problema fue diseñado con ese propósito. A continuación, se muestran tres ejemplos de las preguntas que los alumnos plantearon:

- *¿Qué efecto tiene el agua de lluvia sobre los cultivos?*
- *¿La lluvia generó esto?*
- *¿Por qué la lluvia daña mi cosecha?*

En el código de pH de la lluvia los alumnos plantearon preguntas mostrando su curiosidad en relación con el valor del pH de la lluvia. Un equipo planteó una pregunta acerca de que la lluvia debía estar ácida para que dañara los cultivos, dicho código tuvo una frecuencia de 9. A continuación se muestran tres ejemplos de las preguntas realizadas por los alumnos:

- *¿Cuál es el pH de la lluvia?*
- *¿Qué tan ácida estaba la lluvia como para haber echado a perder la cosecha de perejil?*
- *¿Tiene que ver el pH de la lluvia?*

El código de color de las hojas o plantas obtuvo una frecuencia de 8, este código fue de los que más frecuencia tuvo. Los alumnos plantearon preguntas manifestando su curiosidad hacia el porqué del color de las hojas o plantas. A continuación, se muestran tres ejemplos de las preguntas realizadas por los alumnos:

- *¿Por qué las hojas tienen ese color?*
- *¿Por qué las hojas se tornaron de ese color?*
- *¿A qué se debe el color de las hojas?*

Los códigos con menor frecuencia fueron los daños a los cultivos, el consumo del perejil y la protección a los cultivos, mostrando frecuencias de 3, 5 y 5, respectivamente. A continuación, se muestran ejemplos de las preguntas realizadas por los alumnos referentes a dichos códigos:

- *¿Qué ocasionó el daño al cultivo?*
- *¿Hay forma de evitar que los cultivos se dañen?*
- *¿En qué afectaría a las personas que consumirían los cultivos?*
- *¿Cómo protejo mis cultivos?*
- *¿Las plantas aún se pueden consumir?*

Estos resultados permitieron conocer los conocimientos previos de los alumnos en relación con el problema, así como sus intereses y curiosidades hacia el problema. De acuerdo con Sola (2006), es importante que en la metodología de ABP se identifiquen los conocimientos previos de los alumnos, así como sus dudas hacia el problema, pues esto permitirá al docente guiar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos didácticos.

Instrumento 2: Descubriendo el misterio en las plantas de perejil

Como se mencionó anteriormente este documento consta de cuatro preguntas. En equipo los alumnos respondieron las preguntas. Se realizó un análisis cualitativo con todas las respuestas que se obtuvieron como se indica en la metodología. Esto permitió usar la codificación para guiar la investigación que los alumnos tenían que realizar y así resolvieran el problema.

En la Figura 9 se resaltaron las categorías en color azul cielo, que corresponden a las preguntas que los alumnos respondieron, y en color azul oscuro el nombre del instrumento. Cada una de las preguntas presentó distintas categorías y a continuación se hará un análisis para cada una de las preguntas de este instrumento, así como de las categorías.

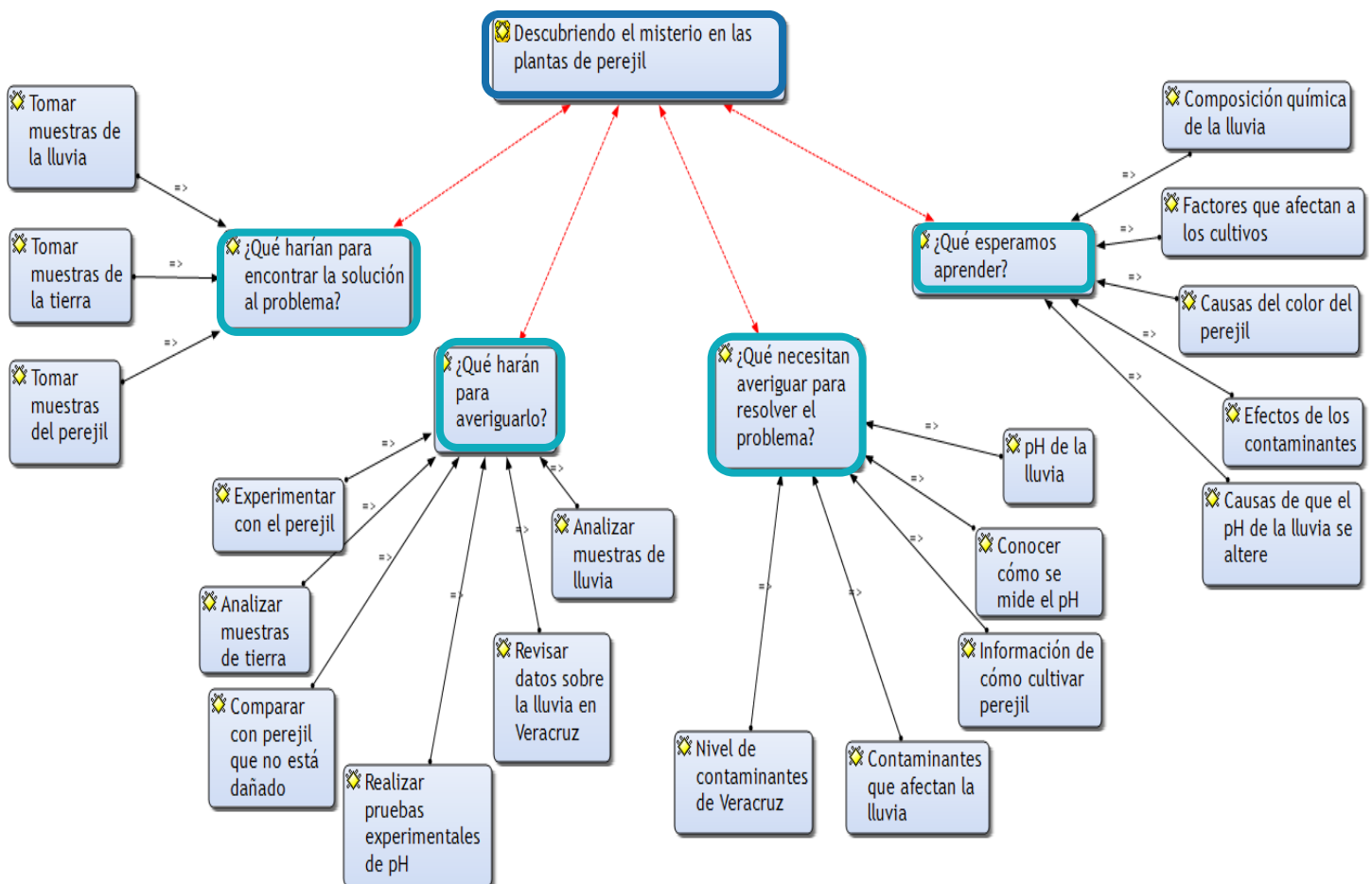


Figura 9. Red semántica para el instrumento “Descubriendo el misterio en las plantas de perejil”

¿Qué harían para encontrar la solución al problema?

La primera pregunta permitió que los alumnos determinaran las acciones necesarias para resolver el problema. La mayoría de los equipos dijo que tenían que tomar muestras de la lluvia, de las plantas de perejil y de la tierra, por ello, se asignaron como categorías de acuerdo a Sampieri *et. al.* (2014) Se consideraron importantes los resultados de esta pregunta ya que permitió que los estudiantes identificaran sus acciones y lo que tenían que hacer e investigar para resolver el problema.

La categoría de *tomar muestras de la lluvia* tuvo una frecuencia de 8, esto representa que hubo 8 equipos de 12 que consideraron necesario ir a Boca del Río, Veracruz y tomar muestras de la lluvia para resolver el problema. Es evidente que el problema planteado a los alumnos permitió guiarlos hacia los contenidos relacionados con la lluvia ácida ya que el problema fue diseñado con ese propósito.

La categoría de *tomar muestras de las plantas de perejil* tuvo una frecuencia de 9, lo que representa que hubo 9 equipos de 12 que consideraron necesario tomar muestras del perejil ya dañado. La última categoría fue la de *tomar muestras de la tierra* y tuvo una frecuencia de 6, esto representa que la mitad de los equipos consideraron necesario ir a Boca del Río, Veracruz para tomar muestras de la tierra y así resolver el problema.

Los otros equipos cuya frecuencia de respuestas fueron menores dijeron que para encontrar la solución al problema tenían que investigar en artículos lo relacionado con el perejil, identificar los nutrientes de la tierra y sembrar perejil en condiciones diferentes. Como se mencionó en el apartado de método de trabajo, al terminar cada sesión se hacía un debate docente-equipos de alumnos para llegar a una conclusión de lo aprendido en clase y de esta manera se descartaron las respuestas que tuvieron una menor frecuencia, ya que los equipos no lograron defenderlas. Tal y como lo menciona Smichdt (1983), la información es, mejor comprendida y recordada si el estudiante tiene la oportunidad de discutirla con otros, hacer preguntas, formular hipótesis, analizarla, etc.

¿Qué harán para averiguarlo?

La segunda pregunta permitió que los equipos determinaran las especificaciones necesarias para resolver el problema y en la Figura 9 se pueden observar seis categorías, que surgieron de las respuestas de los alumnos a dicha pregunta, las cuales son las siguientes:

- *Experimentar con el perejil*
- *Analizar muestras de tierra*
- *Comparar con perejil que no está dañado*

- *Realizar pruebas experimentales de pH*
- *Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz*
- *Analizar muestras de lluvia*

Estas acciones demuestran las actividades que los alumnos tomarían para averiguar el problema y fueron clave para el planteamiento de las sesiones siguientes. De acuerdo con Sola A. (2006), una vez que los estudiantes han identificado el problema, se activa la búsqueda de soluciones posibles. El análisis del problema cumple una doble función metodológica en los procesos de aprendizaje. Por una parte, introduce un momento de apertura en el que todo cabe, en el que nada queda excluido. Por otra parte, es la ocasión de traer el conocimiento previo en función del problema, el momento en el que se intenta sacar partido de todo lo que ya se sabe.

La codificación cualitativa (Figura 9) mostró que los estudiantes no sólo recordaron cosas, sino que intentaron aplicar su conocimiento al problema que tuvieron que resolver. Esto implicó que razonaran, analizaran, tomaran decisiones y quisieran manipular todo lo que se suponían saber, con la finalidad de explicar las causas y consecuencias del problema.

¿Qué necesitan averiguar para resolver el problema?

La tercera pregunta permitió relacionar las respuestas a esta pregunta con la segunda pregunta, en la tercera pregunta se encontraron cinco categorías (figura 9): nivel de contaminantes de Veracruz, contaminantes que afectan la lluvia, información de cómo cultivar perejil, conocer cómo se mide el pH y el pH de la lluvia.

Se puede observar que hay una relación directa en lo que harán los alumnos para resolver el problema y lo que tienen que averiguar. Por ejemplo, los alumnos dijeron que tienen que experimentar con el perejil por lo tanto tienen que averiguar cómo cultivar perejil. También, dijeron que tienen que realizar pruebas experimentales de pH y dijeron que tienen que averiguar cómo se mide el pH, además, deben averiguar el pH de la lluvia. Esto es fundamental e importante en ABP ya que los alumnos están descubriendo que es algo que necesitan saber para resolver el problema. Así mismo, los alumnos dijeron que deben revisar datos sobre la lluvia de Veracruz y que lo que deben averiguar es el nivel de contaminantes en Veracruz, así como los contaminantes en la lluvia. De esta manera se puede observar que los estudiantes ya cuentan con ideas con las que se pueden explicar las causas del problema y también con algunas hipótesis sobre el modo de resolverlo. Además, han manejado toda una serie de conceptos, argumentos, datos y cuestionamientos.

¿Qué esperamos aprender?

En la cuarta pregunta se identificaron las expectativas que los equipos tuvieron acerca de lo que esperaban aprender. A pesar de que en la tercera pregunta los equipos plantean que necesitan averiguar sobre nivel de contaminantes de Veracruz, contaminantes que afectan la lluvia, información de cómo cultivar perejil, conocer cómo se mide el pH y el pH de la lluvia para resolver el problema, se observó que los equipos plantearon que esperan aprender factores que afectan los cultivos a pesar de que no plantearon que necesitaban averiguar sobre esto.

La codificación cualitativa mostró que hubo cinco categorías (Figura 9) relacionadas con los conceptos que los alumnos esperan aprender, las cuales son las siguientes:

- *Composición química de la lluvia.*
- *Factores que afectan los cultivos.*
- *Causas del color del perejil.*
- *Efectos de los contaminantes.*
- *Causas de que el pH de la lluvia se altere.*

Todas, a excepción de los factores que afectan los cultivos, son categorías que están relacionadas con lo que los alumnos deben averiguar para resolver el problema. A pesar de que los alumnos esperaban aprender los factores que afectan los cultivos, al final de la metodología de ABP se obtuvieron resultados diferentes que no se relacionan con los factores que afectan los cultivos. De acuerdo con Hernández *et. al.*, (2016), el ABP invita a los alumnos a reflexionar sobre su proceso de aprendizaje y transferirlo a un contexto.

Instrumento 3: Identificando el misterio en las plantas de perejil (fuente 1)

Las preguntas del instrumento permiten que el estudiante organice sus conocimientos y actitudes de acuerdo con la información que cada equipo va determinando y para esto utilizaron y leyeron el primer artículo seleccionado, el cual tiene como título: A ciencia cierta, la lluvia ácida. El instrumento consistió en seis preguntas: ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema? ¿Por qué la gente debería conocer los hechos que han seleccionado?, ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema? ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos para resolver el problema? ¿Se puede resolver ya el problema? ¿Por qué sí o por qué no? A partir de los resultados obtenidos en cada pregunta se construyó una red semántica (Figura 10) que permitió estructurarlos en categorías y códigos. En esta figura se resaltaron las categorías en color lila, que

corresponden a las preguntas que los alumnos respondieron, y en color morado oscuro el nombre del instrumento.

En la Figura 11 se muestra la misma red semántica pero ahora se resaltaron los códigos en color rosa, que se obtuvieron de los resultados de cada categoría y, además, se muestran algunos ejemplos de las respuestas que dieron los alumnos a cada categoría. A continuación, se hará un análisis de cada categoría.

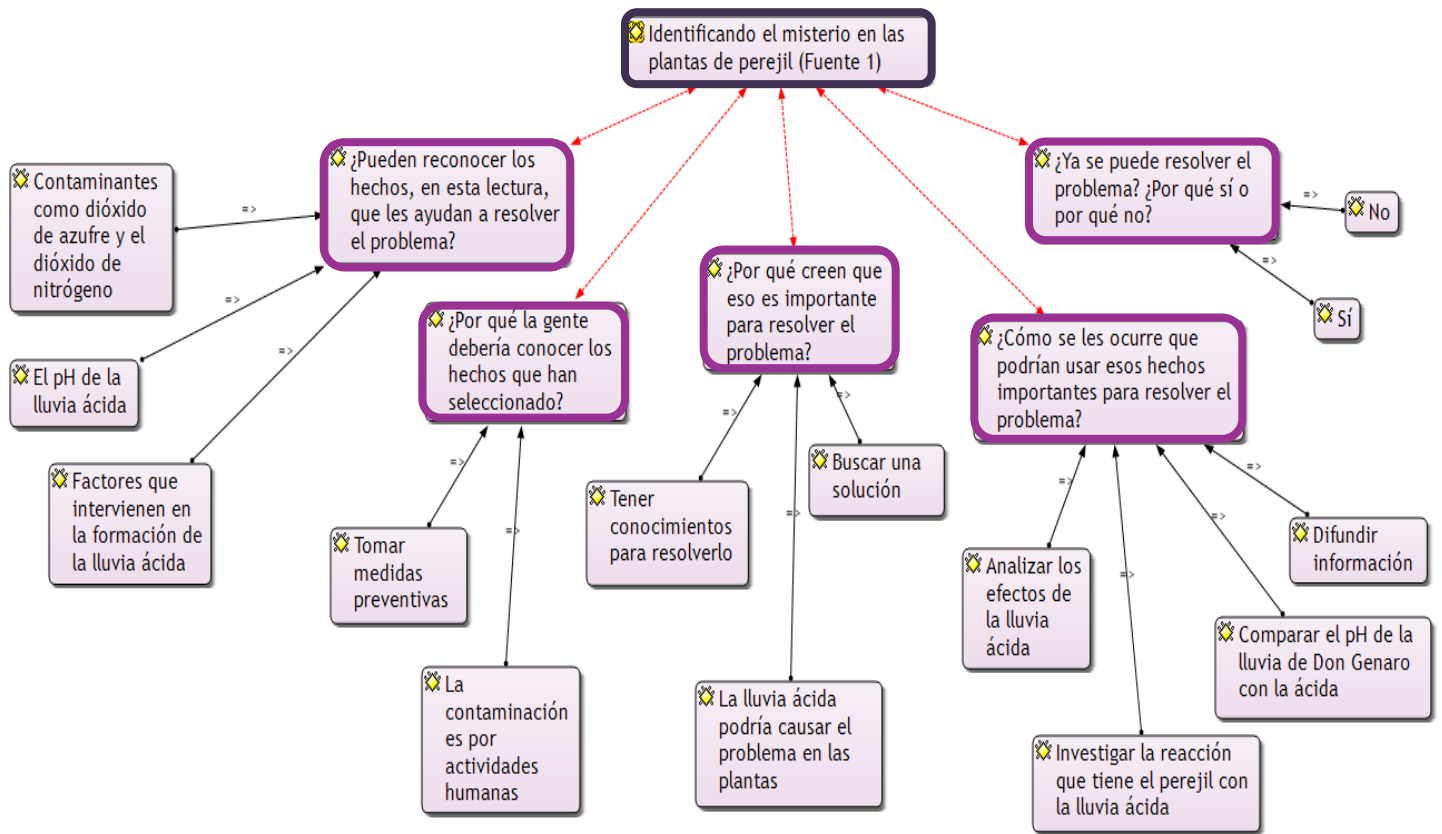


Figura 10. Red semántica para el instrumento "Identificando el misterio en las plantas de perejil"

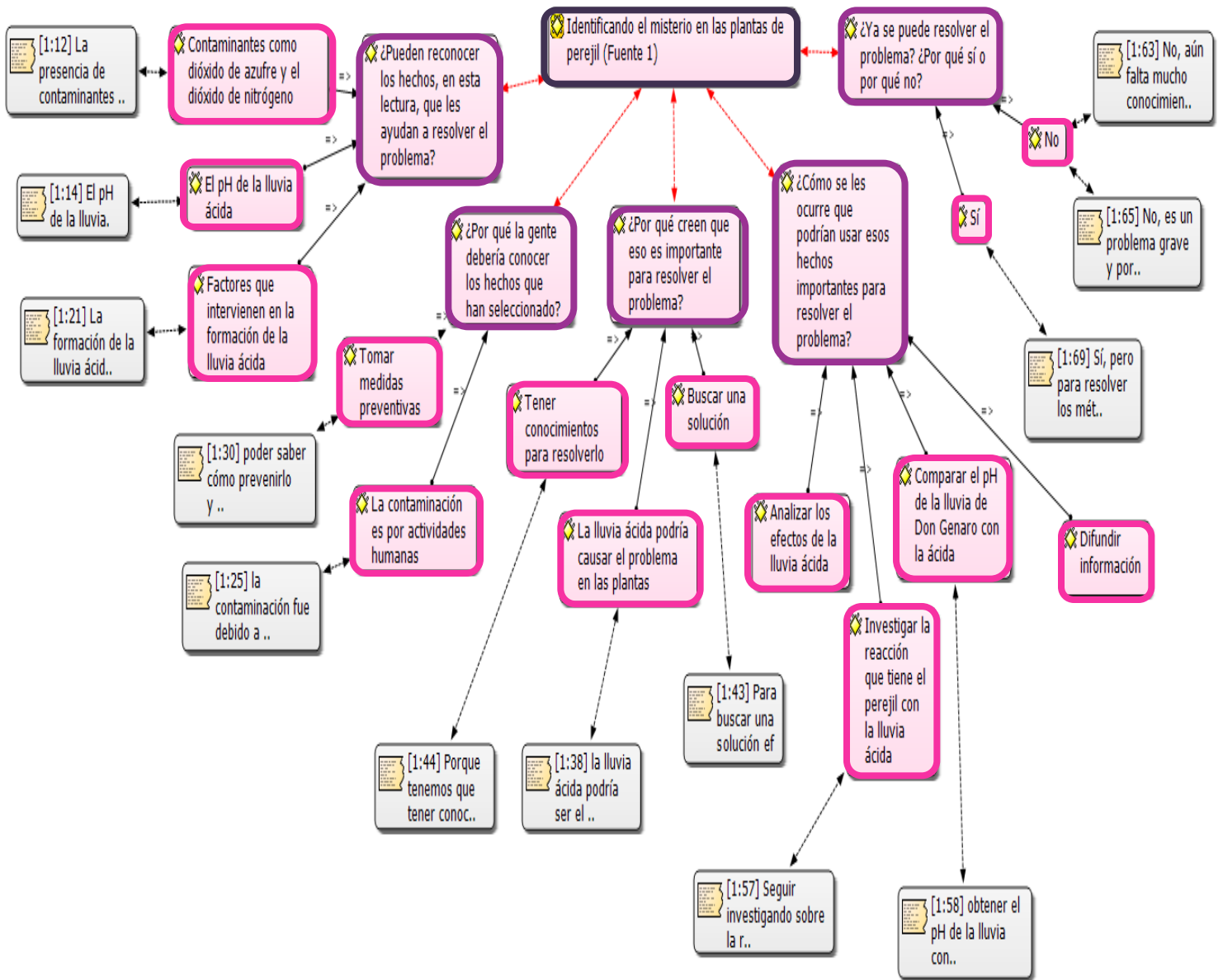


Figura 11. Red semántica para el instrumento “Identificando el misterio en las plantas de perejil”

Pregunta ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema?

La primera pregunta permitió que los estudiantes reconocieran algunos conceptos de lo que ellos consideraban era importante para resolver el problema, por lo tanto, los alumnos ejercitaron la observación. Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en tres códigos (Figura 9): *Contaminantes como el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno, El pH de la lluvia, Factores que intervienen en la formación de la lluvia ácida.*

El código *Contaminantes como el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno* tuvo una frecuencia de 7. En las respuestas de los alumnos notamos que reconocieron que la lluvia ácida se formaba por contaminantes y que los más frecuentes son el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Presencia de contaminantes.*
- *Los contaminantes provocan que la acidez de la lluvia aumente.*
- *Los contaminantes en el aire.*

El código *El pH de la lluvia* tuvo una frecuencia de 4. En las respuestas se observa que los alumnos reconocieron que la lluvia ácida tiene un pH menor a la lluvia normal, por la presencia de los contaminantes en la atmósfera. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *La lluvia ácida provoca un cambio en el pH.*
- *El pH de la lluvia ácida es de 5.6*

El código *Factores que intervienen en la formación de la lluvia ácida* tuvo una frecuencia de 7. En las respuestas de los alumnos se ve que reconocieron que hay factores que van a contribuir a la formación de la lluvia ácida. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *La lluvia ácida puede ser por fuentes naturales o actividades humanas.*
- *Las actividades humanas provocan que la acidez de la lluvia aumente.*
- *Hay diversos factores que intervienen en la formación de la lluvia ácida como la quema de combustibles fósiles.*

Pregunta ¿Por qué la gente debería de conocer los hechos que han seleccionado?

La segunda pregunta permitió que los estudiantes valoraran la importancia de haber reconocido esos hechos y por qué ellos los consideraban importantes. De acuerdo con Sola (2006), el aprendizaje significativo surge de las diferentes interpretaciones del fenómeno, las cuales aparecen cuando el alumno asume la responsabilidad de su propio proceso de aprendizaje. Esta pregunta permitió que, los alumnos defendieran los hechos seleccionados, el porqué de su elección y debatieran con los demás equipos del grupo cómo evaluar críticamente los hechos seleccionados.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en dos códigos (Figura 10): *Tomar medidas preventivas*, *La contaminación es por actividades humanas*.

El código *Tomar medidas preventivas* tuvo una frecuencia de 8. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que ellos consideraban que la gente debería conocer los hechos importantes para que las personas tomaran medidas preventivas y no salieran perjudicadas o no perjudicaran más al medio ambiente. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Poder prevenir el problema y erradicarlo.*
- *Para prevenir o disminuir el problema de lluvia ácida.*
- *Para tomar prevenciones y no tener un mal cultivo.*

El código *La contaminación es por actividades humanas* tuvo una frecuencia de 4. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que ellos consideraban que las personas tenían que reconocer esos hechos, porque eran las causantes de los problemas ambientales relacionados con la lluvia ácida. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Porque la acidez de la lluvia aumenta por actividades humanas.*
- *La contaminación fue por actividades humanas y generó lluvia ácida.*
- *Las personas deben conocer el impacto que ocasiona la quema de combustibles fósiles.*

Pregunta ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema?

La tercera pregunta permitió que los estudiantes reflexionaran acerca de la importancia de los hechos, que habían seleccionado en la primera pregunta, para resolver el problema. Esto con la finalidad de que, a semejanza de un problema de la vida real, todo puede servir como elemento para su solución. De acuerdo con Sola (2006), la frontera es más ilimitada cuanto mayor sea la capacidad de intrigar a los alumnos y atraparlos en la lógica innata del problema, así como por el interés, imaginación y compromiso logrados en los alumnos.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en tres códigos (Figura 9): *Tener conocimientos para resolverlo*, *La lluvia ácida podría causar problemas en las plantas*, *Buscar una solución*.

El código *Tener conocimientos para resolverlo* tuvo una frecuencia de 2. En este código los alumnos manifestaron que era importante tener conocimientos para resolver el problema, sin dar más detalle a su respuesta. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Porque tenemos que tener conocimientos para resolver el problema y de esta manera saber cómo actuar.*
- *Debemos tener conocimientos acerca de los contaminantes de la lluvia y los daños que ocasiona la lluvia ácida.*

El código *La lluvia ácida podría causar problemas en las plantas* tuvo una frecuencia de 8. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en vincular la lluvia ácida con las plantas y, por lo tanto, debía ser importante para resolver el problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *La lluvia ácida podría ser la causa del problema con las plantas.*
- *Para conocer cómo afecta la lluvia ácida en las plantas y así resolver el problema de Don Genaro.*
- *Porque la lluvia ácida puede afectar la vida acuática, los bosques, monumentos y también a las plantas.*

El código *Buscar una solución* tuvo una frecuencia de 2. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que debían buscar una solución para resolver el problema y por eso eran importantes los hechos que habían seleccionado. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Para buscar una solución efectiva.*
- *Saber qué causa el problema para buscar una solución.*

Pregunta ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos importantes para resolver el problema?

La cuarta pregunta permitió que los estudiantes reflexionaran acerca de cómo usar esos hechos para resolver el problema. Permitted que los alumnos pusieran orden a las ideas, al recurrir a los conocimientos que se tenían o no y que se necesitaron para resolver el problema. Además, los alumnos pudieron distinguir la información relevante que les permitiría resolver el problema. En este sentido, la selección de la información requirió que el alumno activara varias operaciones mentales involucradas en el pensamiento, enfocadas a otorgar significado a lo leído, reconocidas por Beyer (1987) como operaciones cognitivas. De acuerdo con este autor, las operaciones cognitivas básicas se echan a andar durante la comprensión de un texto al recordar o recuperar información de conocimientos previos, y al extrapolar o realizar inferencias que posibiliten la interpretación de la nueva información. Las operaciones cognitivas de alto orden son empleadas cuando el alumno tiene que distinguir la información relevante al problema de la irrelevante, para determinar la autenticidad de las fuentes y la veracidad de los hechos presentados.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en cuatro códigos (Figura 11): *Analizar los efectos de la lluvia ácida, Investigar la reacción que tiene el perejil con la lluvia ácida, Comparar el pH de la lluvia de Don Genaro con el de la ácida, Difundir información.*

El código *Analizar los efectos de la lluvia ácida* tuvo una frecuencia de 9. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que era necesario analizar los efectos de la lluvia ácida en el perejil y saber si la lluvia ácida estaba ocasionando el daño a las plantas. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Analizar los riesgos que provoca la lluvia ácida.*
- *Un análisis profundo acerca de los riesgos de la lluvia ácida.*
- *Actividades que ayuden a conocer los riesgos de la lluvia ácida.*

El código *Investigar la reacción que tiene el perejil con la lluvia ácida* tuvo una frecuencia de 1. En este código un solo equipo de alumnos reconoció que era necesario investigar la reacción que tiene el perejil con la lluvia ácida para poder resolver el problema. En específico su respuesta fue la siguiente:

- *Seguir investigando sobre la reacción que tiene el perejil con la lluvia ácida.*

El código *Comparar el pH de la lluvia de Don Genaro con el de la ácida* tuvo una frecuencia de 1. En este código un solo equipo de alumnos reconoció que era necesario comparar el pH de la lluvia de Don Genaro con el de la lluvia ácida para saber si había lluvia ácida en Boca del Río, Veracruz. En específico su respuesta fue la siguiente:

- *Obtener el pH de la lluvia con la que cultiva Don Genaro y relacionarlo con el pH que tiene la lluvia ácida conocido por el artículo.*

El código *Difundir información* tuvo una frecuencia de 1. En este código un solo equipo de alumnos reconoció que era necesario difundir información para que las personas de Boca del Río, Veracruz estuvieran conscientes del problema. En específico su respuesta fue la siguiente:

- *Difundir información para que la gente tome medidas preventivas.*

Pregunta ¿Ya se puede resolver el problema? ¿Por qué sí o por qué no?

La quinta pregunta permitió que los estudiantes reflexionaran acerca de si la información recolectada y reconocida les permitía resolver el problema o dar una solución al problema. Tal y como menciona Sola A. (2006), el alumno debe tener muy claro que el objetivo del proceso no es recopilar información relevante al problema, sino analizarla y otorgarle un significado propio. La pregunta permitió que los alumnos analizaran la información que tenían hasta el momento, seleccionaran lo relevante y decidieran si era suficiente para resolver el problema.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en dos códigos (figura 11): *No* y *Sí*. Cada equipo de alumnos manifestó porqué no se podía resolver el problema o porqué sí ya se podía dar una solución.

El código *No* tuvo una frecuencia de 11. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que no podían resolver el problema y decían diversas causas por las que ellos creían que aún no podían resolver el problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *No, hasta que se deje de usar SO₂ ya que es uno de los contaminantes principales.*
- *No, hay que tomar medidas para reducir los contaminantes.*

- *No, porque nos falta conocer más información para poder resolver el problema.*
- *No, aún falta mucho conocimiento.*

El código *Sí* tuvo una frecuencia de 1. En este código un solo equipo de alumnos mencionó que si se podía resolver el problema. En específico su respuesta fue la siguiente:

- *Sí, pero para poder resolverlo los métodos son caros.*

Al terminar la resolución de este instrumento los alumnos y el docente hicieron un debate para que en plenaria los alumnos pudieran defender y evaluar sus respuestas. A pesar de que un solo equipo dijo que ya se podía resolver el problema no logró convencer a los once equipos restantes que tenían posturas bien definidas, así que se continuó la investigación para que los alumnos pudieran dar una solución al problema.

Instrumento 4: Identificando el misterio en las plantas de perejil (fuente 2)

Como los alumnos ya habían decidido que era necesario continuar con la investigación y conocer el pH de la lluvia de Don Genaro, así como la reacción de la lluvia ácida en el perejil, el docente sugirió el artículo, que tiene como título: Mediciones de lluvia ácida en el campus Mocambo-U.V. y municipio de Boca del Río, Ver. Esto con la finalidad de que los alumnos leyeran y reconocieran los conceptos que requerían para resolver el problema y para lograr esto usaron el instrumento el cual permite que el estudiante organice sus conocimientos y actitudes de acuerdo con la información que cada equipo va determinando. El instrumento consistió en seis preguntas (las mismas que ya habían respondido con la fuente 1): ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema? ¿Por qué la gente debería conocer los hechos que han seleccionado? ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema? ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos para resolver el problema? ¿Se puede resolver ya el problema? ¿Por qué sí o por qué no?

A partir de los resultados obtenidos en cada pregunta se construyó una red semántica (Figura 12) que permitió estructurarlos en categorías y códigos. En esta figura se resaltaron las categorías en color azul cielo, que corresponden a las preguntas que los alumnos respondieron, y en color azul oscuro el nombre del instrumento.

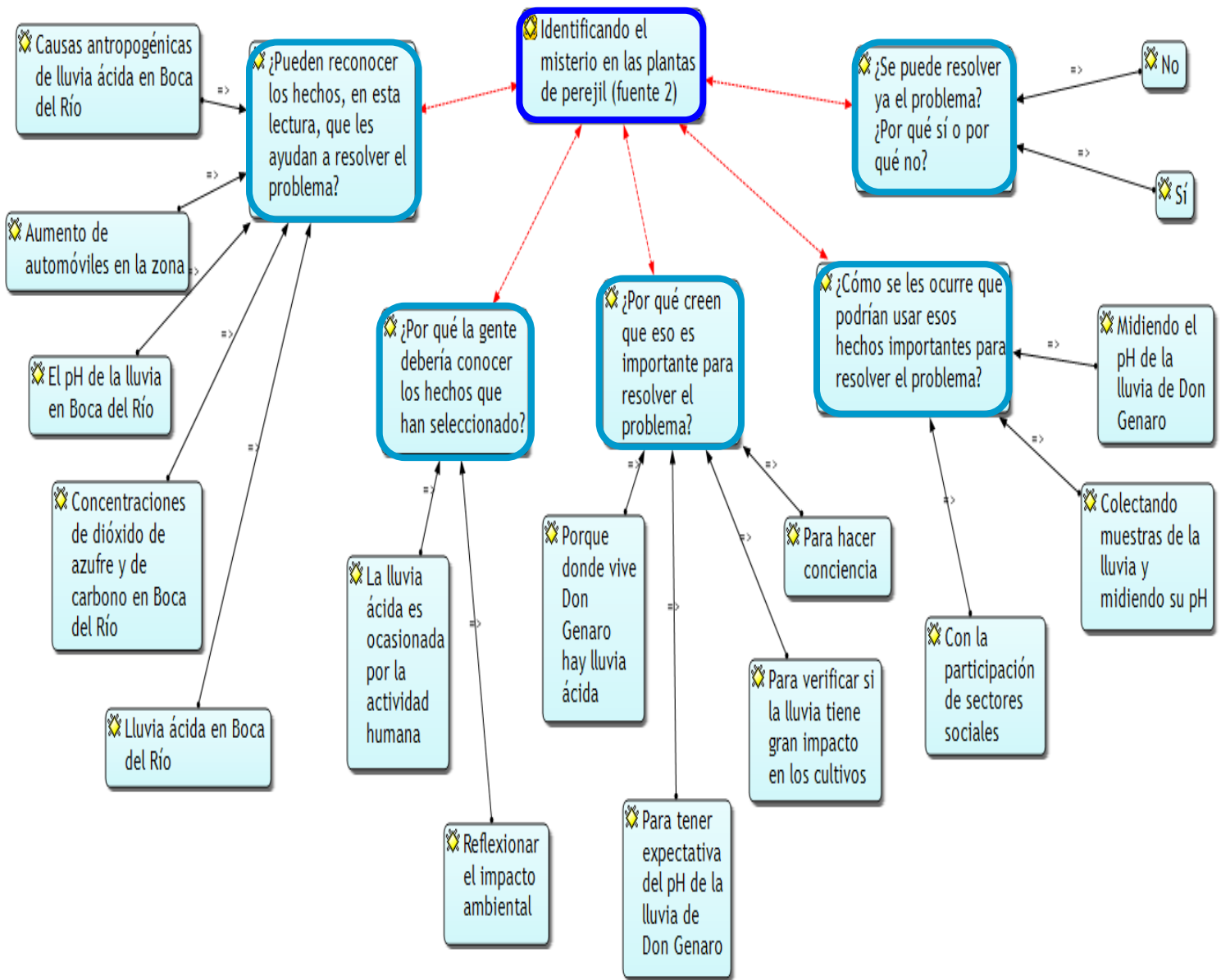


Figura 12. Red semántica para el instrumento “Identificando el misterio en las plantas de perejil”

Pregunta ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema?

Esta pregunta no tiene una respuesta definitiva con una breve oración, y ése es el punto. Su meta es estimular el pensamiento, motivar la investigación y provocar más preguntas. Como dijo Bruner (1996): “Las buenas preguntas son las que plantean dilemas, derrocan las verdades obvias o nos hacen ver las incongruencias”. En ese sentido, a partir de las respuestas que los alumnos dieron a la pregunta se puede decir que los alumnos suscitaron puntos de vista interesantes, los cuales surgen de la necesidad de enfocarse en el razonamiento que los alumnos usaron para llegar a la respuesta y

defenderla, no sólo si su respuesta es correcta o equivocada. Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en cinco códigos (figura 12): *Causas antropogénicas de lluvia ácida en Boca del Río, Aumento de automóviles en la zona, El pH de la lluvia en Boca del Río, Concentraciones de dióxido de azufre y carbono en Boca del Río, Lluvia ácida en Boca del Río.*

El código *Causas antropogénicas de lluvia ácida en Boca del Río* tuvo una frecuencia de 2. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron que había causas antropogénicas que ocasionaban lluvia ácida en Boca del Río Veracruz. Las respuestas que dieron fueron:

- *Causas antropogénicas de lluvia ácida en Veracruz.*
- *Las causas que generan lluvia ácida son antropogénicas como los automóviles.*

El código *Aumento de automóviles en la zona* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron que en Boca del Río había un aumento de automóviles. Las respuestas que dieron fueron:

- *El aumento del parque vehicular en las calles es un factor de gases contaminantes.*
- *Hay muchos estacionamientos lo que ocasiona aumento de automóviles.*

El código *El pH de la lluvia en Boca del Río* tuvo una frecuencia de 4. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron el pH de la lluvia en Veracruz como un hecho importante para resolver el problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que dieron fueron:

- *Analizaron el pH de la lluvia.*
- *El pH de la lluvia de Veracruz.*

El código *Concentraciones de dióxido de azufre y carbono en Boca del Río* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que los alumnos reconocieron que había grandes concentraciones de dióxido de azufre y carbono y esto debía ser un hecho importante para resolver el problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que dieron fueron:

- *Presencia de dióxido de azufre y carbono en Veracruz.*
- *El nivel de dióxido de azufre en Veracruz.*

El código *Lluvia ácida en Boca del Río* tuvo una frecuencia de 5. Fue el código con mayor frecuencia, ya que la intención del artículo es informar la lluvia ácida en Boca del Río, Veracruz. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron hay lluvia ácida en el lugar del problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que dieron fueron:

- *En una región de Boca del Río encontraron pH bajos en la lluvia lo que indica lluvia ácida.*
- *Se han analizado diferentes muestras de lluvia encontrándose valores de lluvia ácida.*
- *Aumento de lluvia ácida en Boca del Río.*

Pregunta ¿Por qué la gente debería de conocer los hechos que han seleccionado?

Esta pregunta provocó conexiones significativas con lo que los alumnos traían a la clase de lecciones previas y de su propia experiencia de vida. Esta pregunta permitió que, los alumnos defendieran los hechos seleccionados, el porqué de su elección y debatieran con los demás equipos del grupo cómo evaluar críticamente los hechos seleccionados.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en dos códigos (Figura 12): *La lluvia ácida es ocasionada por la actividad humana*, *Reflexionar el impacto ambiental*.

El código *La lluvia ácida es ocasionada por la actividad humana* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que ellos consideraban que la gente debería conocer los hechos importantes porque la lluvia ácida es ocasionada por la actividad humana. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Los automóviles ocasionan que haya lluvia ácida.*
- *La lluvia ácida se ocasiona por las actividades de los humanos.*

El código *Reflexionar el impacto ambiental* tuvo una frecuencia de 9. Siendo el código con mayor frecuencia. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que ellos consideraban que las personas tenían que reconocer esos hechos, para reflexionar los daños ocasionados por la actividad humana. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Porque deberíamos de empezar a crear conciencia en la sociedad.*

- *Para reflexionar el daño que ocasionan los contaminantes.*

Pregunta ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema?

La tercera pregunta permitió que los estudiantes le dieran sentido a las ideas que iban seleccionando. De acuerdo con Wiggins (2017), una pregunta será esencial si ayuda a los alumnos a investigar de manera efectiva y a darle sentido a las ideas, conocimientos y técnicas importantes pero complicadas; es un puente para hallazgos que el docente experto considera establecidos pero que los alumnos todavía no comprenden ni ven como valiosos.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en cuatro códigos (Figura 12): *Porque donde vive Don Genaro hay lluvia ácida*, *Para tener expectativa del pH de la lluvia de Don Genaro*, *Para hacer conciencia*, *Para verificar si la lluvia tiene gran impacto en los cultivos*.

El código *Porque donde vive Don Genaro hay lluvia ácida* tuvo una frecuencia de 3. En este código los alumnos manifestaron que era importante porque se habían encontrado valores de lluvia ácida en la zona donde vive Don Genaro. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Porque donde vive Don Genaro hubo presencia de lluvia ácida.*
- *Es importante porque hay valores de lluvia ácida en la zona del cultivo.*

El código *Para tener expectativa del pH de la lluvia de Don Genaro* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en vincular el pH de la lluvia reportado en el artículo con el pH de la lluvia donde se cultiva. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Tendremos una expectativa de cuánto tiene el pH de la lluvia de Don Genaro.*
- *Porque la expectativa es que hay una lluvia ácida que puede afectar a los cultivos.*

El código *Para hacer conciencia* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que las personas interesadas debían crear conciencia acerca del problema con la lluvia ácida. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Hacer conciencia sobre la situación.*

- *Porque las personas tomarán conciencia del problema y así harían algo para resolver el problema.*

El código *Para verificar si la lluvia tiene gran impacto en los cultivos* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que se tenía que verificar que la lluvia realmente influye o genera un impacto en las plantas. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Para verificar si la lluvia ocasiona el daño en las plantas.*
- *Porque debemos revisar que la lluvia tiene gran impacto en el cultivo de perejil.*

Pregunta ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos importantes para resolver el problema?

La cuarta pregunta permitió que los estudiantes conectaran lo que han aprendido a situaciones implicadas en la resolución del problema. En este sentido, Bransford Brown y Cocking (2000) mencionan que las habilidades de los estudiantes para conectar lo que han aprendido a situaciones novedosas brindan un indicador importante de aprendizaje adaptable. Los estudiantes desarrollan una comprensión flexible de cuándo, dónde, por qué y cómo usar su conocimiento para la resolución de problemas novedosos si aprenden cómo extraer los principios y temas subyacentes de sus ejercicios de aprendizaje. La evidencia de conectar sus conocimientos implica evaluar la capacidad de los estudiantes para usarlos en diversos escenarios.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en tres códigos (Figura 12): *Con la participación de sectores sociales, Colectando muestras de lluvia y midiendo su pH, Midiendo el pH de la lluvia de Don Genaro.*

El código *Con la participación de sectores sociales* tuvo una frecuencia de 2. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que era necesario que los sectores sociales participaran para que el problema se pudiera resolver. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Que participen los sectores sociales en la reducción de combustibles fósiles.*
- *El gobierno debe dar ayuda para que se resuelva el problema.*

El código *Colectando muestras de lluvia y midiendo su pH* tuvo una frecuencia de 2. En este código los alumnos reconocieron que era necesario coleccionar el agua de lluvia y medir su pH para comparar con el pH de la lluvia ácida. Las respuestas fueron las siguientes:

- *Colectar muestras de la lluvia para medir su pH.*
- *Hay que medir el pH de la lluvia en diferentes zonas de Boca del Río.*

El código *Midiendo el pH de la lluvia de Don Genaro* tuvo una frecuencia de 8. En este código los alumnos reconocieron que era necesario medir el pH de la lluvia de Don Genaro. Por ejemplo, algunas de las respuestas fueron las siguientes:

- *Medir el pH de la lluvia con la que cultiva Don Genaro para saber que tanto afecta la lluvia al perejil.*
- *Medir el pH de la lluvia de Don Genaro.*

Pregunta ¿Ya se puede resolver el problema? ¿Por qué sí o por qué no?

La quinta pregunta permitió que los estudiantes reflexionaran acerca de si la información recolectada y reconocida les permitía resolver el problema o dar una solución al problema. Tal y como menciona Sola A. (2006), el alumno debe tener muy claro que el objetivo del proceso no es recopilar información relevante al problema, sino analizarla y otorgarle un significado propio. La pregunta permitió que los alumnos analizaran la información que tenían hasta el momento tomando en cuenta la información del artículo anterior, seleccionaran lo relevante y decidieran si era suficiente para resolver el problema.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en dos códigos (Figura 12): *No* y *Sí*. Cada equipo de alumnos manifestó porque no se podía resolver el problema o porque sí ya se podía dar una solución.

El código *No* tuvo una frecuencia de 10. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que no podían resolver el problema y decían diversas causas, diferentes a las del instrumento anterior, en las cuales ellos creían que aún no podían resolver el problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *No, porque tenemos que revisar las propiedades del perejil con la lluvia.*

- *No, hay que disminuir el uso de automóviles.*
- *No, hay que conocer el pH de la lluvia de Don Genaro.*
- *No, pero ya se sabe que en la región de Don Genaro hay lluvia ácida.*

El código *Sí* tuvo una frecuencia de 2. En este código dos equipos de alumnos mencionaron que si se podía resolver el problema. En específico sus respuestas fueron las siguientes:

- *Sí, con el uso adecuado de las energías solares.*
- *Sí, sólo hay que bajar el flujo vehicular.*

Al terminar la resolución de este instrumento los alumnos y el docente hicieron un debate para que en plenaria los alumnos pudieran defender y evaluar sus respuestas. A pesar de que dos equipos dijeron que ya se podía resolver el problema no lograron convencer a los diez equipos restantes que tenían posturas bien definidas y argumentos sólidos, así como acciones que debían hacer e investigar como la reacción de la lluvia en el perejil, así que se continuó la investigación para que los alumnos pudieran dar una solución al problema.

Instrumento 5: Identificando el misterio en las plantas de perejil (fuente 3)

Como los alumnos ya habían decidido que era necesario continuar con la investigación y conocer el pH de la lluvia de Don Genaro, así como la reacción de la lluvia ácida en el perejil, el docente sugirió el artículo, que tiene como título: Ácidos y bases: la química en la cocina, de J. L. Córdova. Esto con la finalidad de que los alumnos leyeran y reconocieran los conceptos relacionados con los ácidos y bases, cómo medir el pH y cómo se clasifican los ácidos. Como los alumnos dijeron que era necesario medir el pH de la lluvia de Don Genaro, el docente les sugirió el artículo para que lograran identificar estos hechos y que los relacionaran con el problema y para esto usaron el instrumento ya descrito anteriormente, el cual permite que el estudiante organice sus conocimientos y actitudes de acuerdo con la información que cada equipo va determinando. El instrumento consistió en seis preguntas (las mismas que ya habían respondido con la fuente 1): ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema? ¿Por qué la gente debería conocer los hechos que han seleccionado?, ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema? ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos para resolver el problema? ¿Se puede resolver ya el problema? ¿Por qué sí o por qué no?

A partir de los resultados obtenidos en cada pregunta se construyó una red semántica (Figura 13) que permitió estructurarlos en categorías y códigos. En esta figura se resaltaron las categorías en color rojo, que corresponden a las preguntas que los alumnos respondieron, y en color vino el nombre del instrumento.

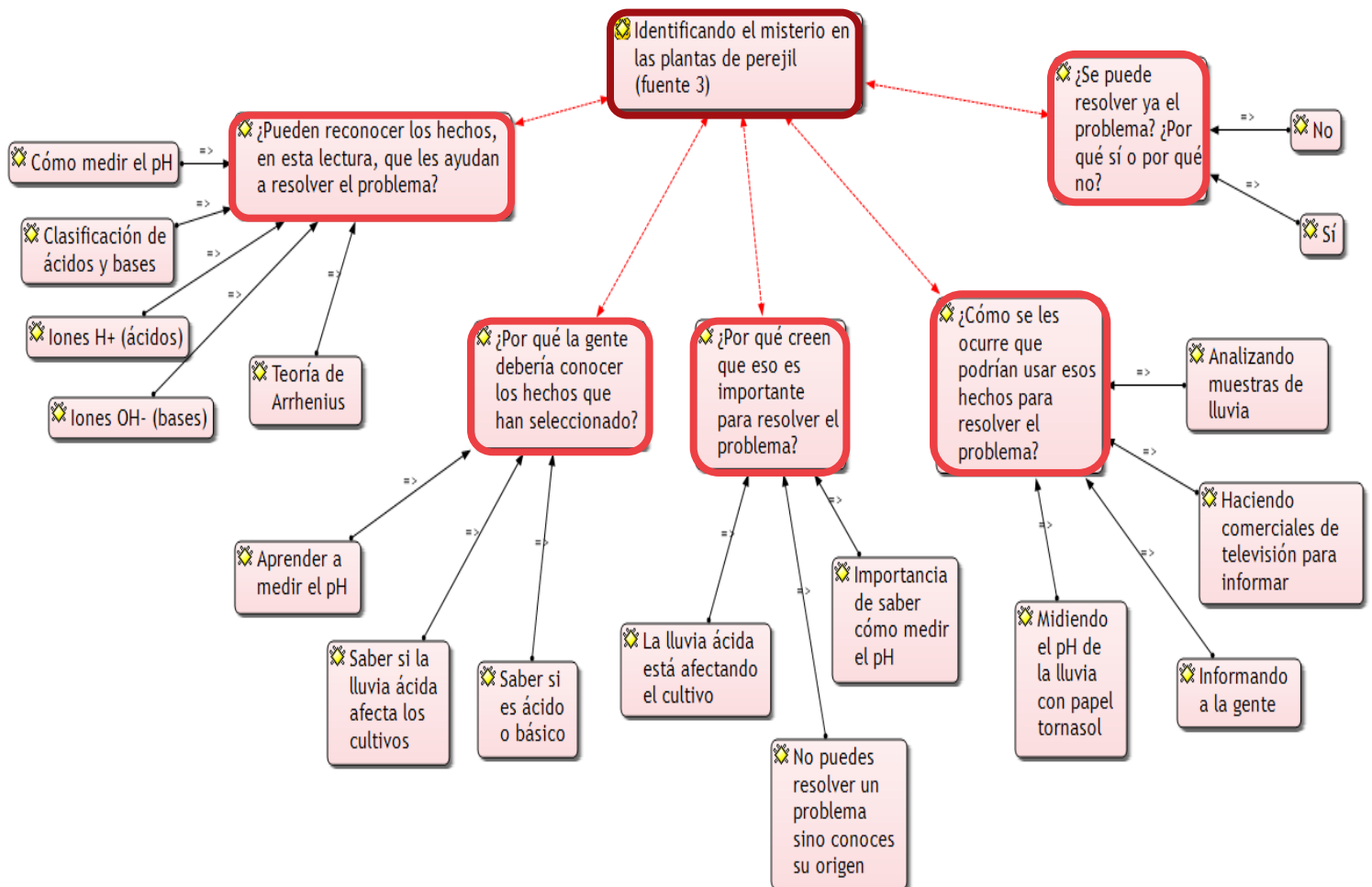


Figura 13. Red semántica para el instrumento 5: “Identificando el misterio en las plantas de perejil”

Pregunta ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema?

A partir de las respuestas que los alumnos dieron a la pregunta, se puede decir que los alumnos manifestaron puntos de vista interesantes, los cuales surgen de la necesidad de enfocarse en el razonamiento que los alumnos usaron para llegar a la respuesta y defenderla, sin tener que dar una respuesta correcta o equivocada. Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en cinco códigos (figura 13): *Cómo medir el pH*, *Clasificación de ácidos y bases*, *Iones H^+ (ácidos)*, *Iones OH^- (bases)*, *Teoría de Arrhenius*.

El código *Cómo medir el pH* tuvo una frecuencia de 6. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron y aprendieron cómo medir el pH y escribieron que esto era un hecho importante para resolver el problema.

El código *Clasificación de ácidos y bases* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron cómo se clasificaban los ácidos de acuerdo con el disolvente en el que se encontraran. Las respuestas que dieron fueron:

- *La clasificación de ácidos y bases depende del disolvente utilizado.*
- *Cómo se clasifican los ácidos y bases.*

El código *Iones H^+ (ácidos)* tuvo una frecuencia de 4. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron al ion H^+ como un hecho importante para resolver el problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que dieron fueron:

- *Los ácidos son sustancias que en disolución acuosa producen iones H^+ .*
- *Los ácidos se caracterizan por ceder iones H^+ .*

El código *Iones OH^- (bases)* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que reconocieron al ion OH^- y esto debía ser un hecho importante para resolver el problema. Por ejemplo, la respuesta que dieron fue la siguiente:

- *Las bases producen iones OH^- .*

El código *Teoría de Arrhenius* tuvo una frecuencia de 2. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que mencionaron la teoría de Arrhenius. Por ejemplo, las respuestas que dieron fueron:

- *La teoría de Arrhenius para saber si un ácido produce H^+ .*
- *La teoría de Arrhenius.*

Pregunta ¿Por qué la gente debería de conocer los hechos que han seleccionado?

Esta pregunta provocó conexiones significativas con lo que los alumnos traían a la clase de lecciones previas, de los hechos de las otras lecturas y de su propia experiencia de vida, posiblemente de su curso de química en secundaria.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en tres códigos (figura 13): *Aprender a medir el pH*, *Saber si la lluvia ácida afecta los cultivos*, *Saber si es ácido o básico*.

El código *Aprender a medir el pH* tuvo una frecuencia de 2. En este código las respuestas de dos equipos de alumnos consistieron en que ellos consideraban que la gente debería aprender a medir el pH. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Para aprender a medir el pH de las sustancias.*
- *Porque es importante saber medir el pH.*

El código *Saber si la lluvia ácida afecta los cultivos* tuvo una frecuencia de 6. Siendo el código con mayor frecuencia. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que ellos consideraban que las personas tenían que saber si la lluvia ácida afecta a los cultivos. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *La lluvia ácida puede afectar el entorno de las plantas.*
- *Para saber cómo la lluvia ácida afecta a los cultivos.*
- *La lluvia con ácidos deteriora las plantas y los cultivos.*

Pregunta ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema?

La tercera pregunta permitió que los estudiantes le dieran sentido a las ideas que iban seleccionando y además, reconocieran que era necesario tener conocimientos para resolver el problema. En este sentido, la búsqueda y selección de la información requirió que el alumno activara varias operaciones mentales involucradas en el pensamiento, unas enfocadas a otorgar significado a lo leído y otras a monitorear el propio proceso de aprendizaje, que es de acuerdo con Beyer (1987), las operaciones metacognitivas.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en tres códigos (figura 13): *La lluvia ácida está afectando el cultivo*, *No puedes resolver un problema sino conoces su origen*, *Importancia de saber cómo medir el pH*.

El código *La lluvia ácida está afectando el cultivo* tuvo una frecuencia de 9. En este código los alumnos manifestaron que era importante porque afirmaban que la lluvia ácida está afectando el cultivo y que habían encontrado valores de lluvia ácida en la zona donde vive Don Genaro. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Es importante ya que tiene que ver la lluvia en la pérdida del cultivo.*
- *Porque la lluvia ácida está afectando los cultivos de Don Genaro.*

El código *No puedes resolver un problema sino conoces su origen* tuvo una frecuencia de 1. En este código un solo equipo manifestó que era importante reconocer conceptos para resolver el problema. De acuerdo con Sola A. (2006), en la medida en que está metodología didáctica desplaza el centro de gravedad de la enseñanza al aprendizaje, el alumno se convierte en actor, en el protagonista del proceso de aprendizaje. La construcción del conocimiento exige que cada alumno se comprometa con el mismo y se responsabilice e implique en crear su propio saber. La respuesta que el equipo dio fue:

- *No puedes resolver un problema sino conoces sus causas u origen.*

El código *Importancia de saber cómo medir el pH* tuvo una frecuencia de 2. En este código dos equipos de alumnos dijeron que era importante saber cómo medir el pH y que todas las personas debían saber cómo medir el pH de las sustancias. Las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Conociendo los métodos de medición de pH podemos identificar los productos que son muy ácidos.*
- *Hay que saber cómo medir el pH de las sustancias.*

Pregunta ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos importantes para resolver el problema?

La cuarta pregunta permitió que los estudiantes transfirieran lo que han aprendido a situaciones implicadas en la resolución del problema. Se observó una tendencia en que los alumnos debían medir el pH de la lluvia o analizar muestras de lluvia.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en cuatro códigos (figura 13): *Midiendo el pH de la lluvia con papel tornasol, Informando a la gente, Haciendo comerciales de televisión para informar, Analizando muestras de lluvia.*

El código *Midiendo el pH de la lluvia con papel tornasol* tuvo una frecuencia de 6. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que era necesario medir el pH de la lluvia con papel tornasol, los alumnos eligieron papel tornasol porque en la lectura se ejemplifica que para medir el pH se usa papel tornasol, esto es una evidencia de que los alumnos reconocieron ese hecho y lo vincularon para que el problema se pudiera resolver. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *Medir el pH de la lluvia con papel tornasol.*
- *Midiendo el pH con papel tornasol podremos saber si hubo lluvia ácida donde cultiva Don Genaro.*

El código *Informando a la gente* tuvo una frecuencia de 2. En este código los alumnos reconocieron que era necesario informar a la gente acerca del problema para que éste se resolviera. Las respuestas fueron las siguientes:

- *Informando a la gente sobre este problema y hacer conciencia.*
- *Hacer una campaña donde se difunda información sobre el problema y la gente genere conciencia.*

El código *Haciendo comerciales de televisión para informar* tuvo una frecuencia de 1. En este código un solo equipo de alumnos reconoció que los hechos seleccionados les ayudarían para hacer un comercial de televisión y pudieran informar a las personas. La respuesta fue la siguiente:

- *Haciendo comerciales de televisión explicando estos métodos.*

El código *Analizando muestras de lluvia* tuvo una frecuencia de 3. En este código los alumnos reconocieron que tenían que analizar las muestras de lluvia. Es importante como los alumnos hacen énfasis en que para poder resolver el problema deben analizar, esta tendencia se observa en las respuestas a los cuatro instrumentos aplicados hasta este momento. Por ejemplo, algunas de las respuestas fueron las siguientes:

- *Analizando muestras de lluvia buscaremos una solución.*
- *Al analizar la lluvia si vemos que es ácida se deben proteger las plantas.*

Pregunta ¿Ya se puede resolver el problema? ¿Por qué sí o por qué no?

La quinta pregunta permitió que los estudiantes reflexionaran acerca de si la información recolectada y reconocida les permitía resolver el problema o dar una solución al problema.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en dos códigos (Figura 13): *No* y *Sí*. Cada equipo de alumnos manifestó porque no se podía resolver el problema o porque sí ya se podía dar una solución.

El código *No* tuvo una frecuencia de 9. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en que no podían resolver el problema y decían diversas causas, diferentes a las de los instrumentos anteriores, en las cuales ellos creían que aún no podían resolver el problema. Por ejemplo, algunas de las respuestas que los alumnos dieron fueron:

- *No, hay que llevar la problemática al laboratorio y así dar una respuesta científica.*
- *No, no hemos realizado las pruebas correspondientes.*
- *No, aún falta saber cómo afecta la lluvia en el perejil.*
- *No, hay que experimentar.*

El código *Sí* tuvo una frecuencia de 3. En este código tres equipos de alumnos mencionaron que si se podía resolver el problema. En específico sus respuestas fueron las siguientes:

- *Sí, pero se necesita de un equipo especializado en el tema.*
- *Sí, ya que la lluvia ácida está dañando las plantas.*
- *Sí, haría falta una manera de hacer llegar esta información a la población.*

Al terminar la resolución de este instrumento los alumnos y el docente hicieron un debate para que en plenaria los alumnos pudieran defender y evaluar sus respuestas. A pesar de que tres equipos dijeron que ya se podía resolver el problema no lograron convencer a los nueve equipos restantes que defendieron sus ideas de analizar el pH de la lluvia de Don Genaro o los equipos que decían que aún faltaba conocer la reacción del perejil con la lluvia, así que se continuó la investigación y se llevó a cabo la experimentación ya que los equipos argumentaban era necesario para que pudieran dar una solución al problema.

Es importante considerar que hay cambios evidentes en las respuestas de los alumnos al inicio del instrumento 1 respecto al instrumento 3. Los cambios se atribuyen a que los alumnos compartieron y discutieron la información en equipos lo que permitió que cambiaran sus conocimientos previos. De acuerdo con Hunget *al.* (2008) el aprendizaje en grupos y trabajo colaborativo son factores importantes en el ABP para obtener mejores resultados en el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados del presente trabajo concuerdan con los estudios realizados por Barrios (2014), Zúnun (2014) y Fuentes (2016). Los estudios demostraron que en la primera fase del ABP los alumnos muestran cambios en comparación a sus conocimientos previos. Se infiere que se debe a que los alumnos en la pregunta ¿Qué quiero aprender? Muestran involucramiento con el problema, lo que a su vez generó motivación.

Instrumento 6: Identificando el misterio en las plantas de perejil

Las preguntas del instrumento permiten que el estudiante organice y reconozca fórmulas químicas, valores de pH que ha ido aprendiendo y observando por medio de la lectura de los artículos. Esto se tomó en cuenta porque de acuerdo con Nakamatsu J. (2012) la química estudia el mundo real y crea modelos para representarlo y así poder explicar sus características y propiedades. El objetivo del instrumento fue acercar al alumno al nivel simbólico, el cual se considera como aquel en el que se definen símbolos para representar los modelos. La finalidad fue mantener la conexión entre el mundo real y cotidiano, y el conocimiento teórico. El instrumento consistió en siete preguntas: ¿Qué sustancias han identificado en las lecturas? ¿Qué reacción de las que estuvieron revisando en las lecturas

probarían en el laboratorio? ¿Por qué podemos consumir vinagre en las ensaladas y no podemos consumir ácido sulfúrico? ¿Cómo representan en una ecuación química que el ácido sulfúrico es ácido basándose en el modelo de Arrhenius? ¿Cómo representan el ácido acético, presente en el vinagre, basándose en el modelo de Arrhenius? ¿Cuál es el pH del vinagre? ¿Qué relación tiene el pH del vinagre con el pH de la lluvia donde cultiva el perejil Don Genaro? A partir de los resultados obtenidos en cada pregunta se construyeron dos redes semánticas (Figura 14 y Figura 15), por la extensión de cada una, lo que permitió estructurar los resultados en categorías y códigos. En estas figuras se resaltaron las categorías en color rosa y el nombre del instrumento en color rojo oscuro.

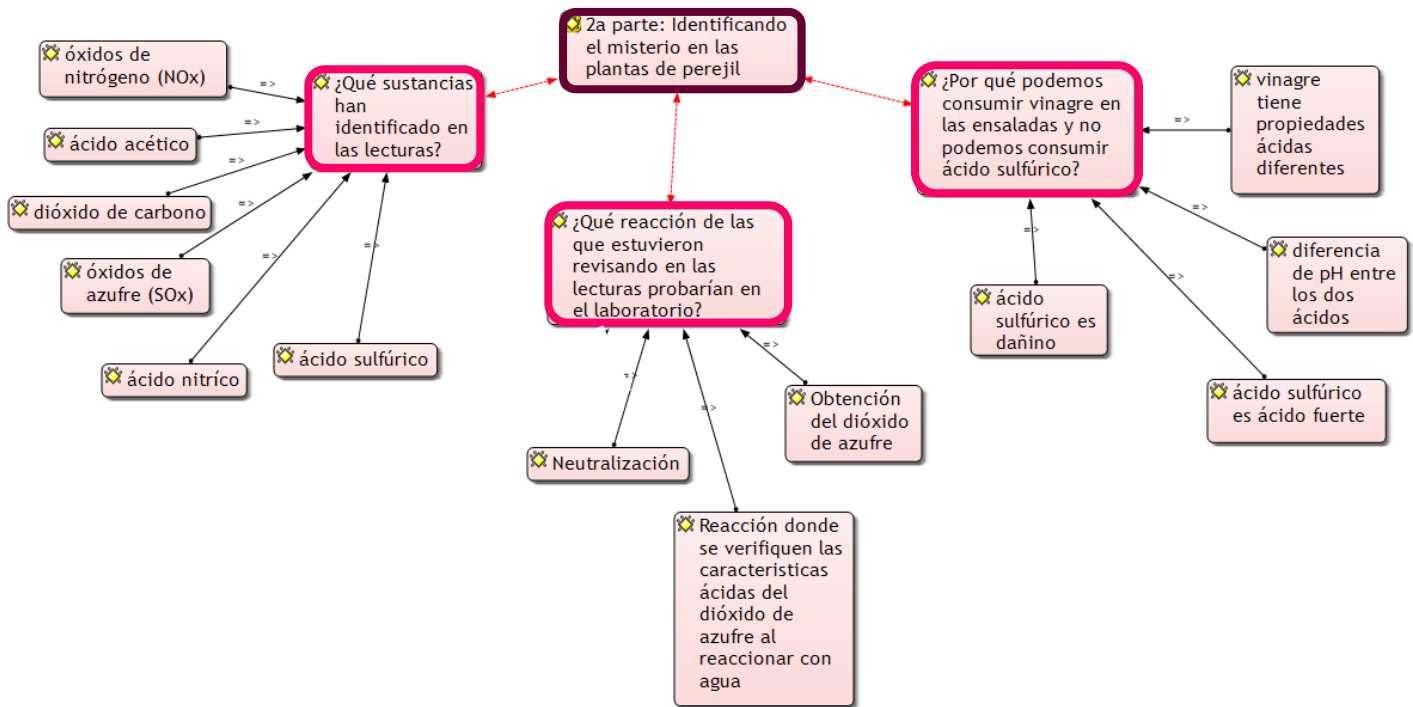


Figura 14. Primera red semántica para el instrumento 6: "Identificando el misterio en las plantas de perejil"

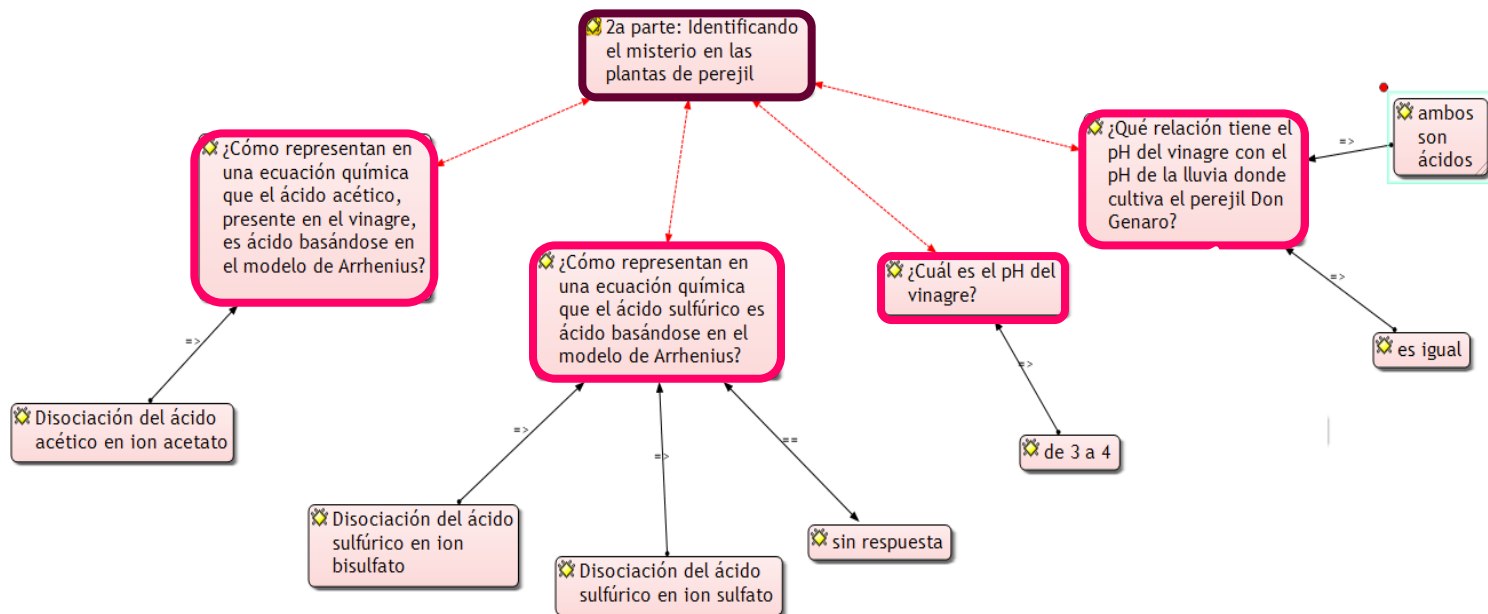


Figura 15. Segunda red semántica para el instrumento 6: Identificando el misterio en las plantas de perejil”

Pregunta ¿Qué sustancias han identificado en las lecturas?

A partir de las respuestas que los alumnos dieron a la pregunta se puede decir que los alumnos manifestaron puntos de vista interesantes, los cuales surgen de la necesidad de enfocarse en las sustancias que han relacionado con la resolución del problema. Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en seis códigos (figura 14): *óxidos de nitrógeno* (NO_x), *ácido acético*, *ácido sulfúrico*, *ácido nítrico*, *dióxido de carbono*, *óxidos de azufre* (SO_x).

El código *óxidos de nitrógeno* tuvo una frecuencia de 9. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en escribir la fórmula del dióxido de nitrógeno y del trióxido de nitrógeno, como la pregunta consistió en que los alumnos tenían que identificar todas las fórmulas de las lecturas y dichos óxidos se mencionan en la fuente 1 y fuente 2 como unos de los óxidos responsables de la formación de la lluvia ácida.

El código *ácido acético* tuvo una frecuencia de 1. En este código un solo equipo reconoció y escribió la fórmula del ácido acético. La fórmula aparece en la fuente 3, con la intención de explicar las características ácidas del vinagre.

El código *ácido sulfúrico* tuvo una frecuencia de 8. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en escribir la fórmula del ácido sulfúrico (H_2SO_4). Esta fórmula la reconocieron de la fuente 1 y fuente 2 ya que se menciona al ácido sulfúrico como responsable del aumento de la acidez en el agua de lluvia.

El código *ácido nítrico* tuvo una frecuencia de 8. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en escribir la fórmula HNO_3 , la cual estaba presente en las fuentes 1 y 2.

El código *dióxido de carbono* tuvo una frecuencia de 10. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en escribir la fórmula del dióxido de carbono, la cual estaba presente en las fuentes 1 y 2, como responsable de que la lluvia “normal” tenga un pH ácido.

El código *óxidos de azufre* tuvo una frecuencia de 12. En este código todos los equipos reconocieron y escribieron las fórmulas de los óxidos de azufre, como dióxido de azufre y trióxido de azufre esto es interesante ya que en la siguiente pregunta se concuerda con estas respuestas. Los alumnos expresaron sus ideas, reconocieron las fórmulas implicadas en la lluvia ácida y fueron capaces de integrarlas en el laboratorio, para que probaran las características ácidas del dióxido de azufre al reaccionar con el agua, dando en todo momento oportunidades para la discusión de las actividades.

Pregunta ¿Qué reacción de las que estuvieron revisando en las lecturas probarían en el laboratorio?

Esta pregunta permitió que los alumnos dirigieran su proceso de investigación con una de las actividades experimentales que llevarían a cabo. De acuerdo con Sola A. (2006), se efectúan actividades metacognitivas durante todo el trabajo en las actividades de ABP, en la medida en que el alumno se hace consciente del rol que juega en el proceso de construcción de su conocimiento y al planear su propio pensamiento, es por ello que la pregunta permitió que los alumnos fueran conscientes de la reacción que tenían que llevar a cabo y así mismo plantear por qué dicha reacción les ayudaría a resolver el problema.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en tres códigos (figura 14): *Reacción donde se verifiquen las características ácidas del dióxido de azufre al reaccionar con agua*, *Obtención del dióxido de azufre* y *Neutralización*.

El código *Reacción donde se verifiquen las características ácidas del dióxido de azufre al reaccionar con agua* tuvo una frecuencia de 5. Siendo el código con mayor frecuencia. En este código las respuestas de los equipos de alumnos consistieron en que ellos consideraban necesario el llevar a cabo esta reacción. Su respuesta surge de la información obtenida de la fuente 1, en la cual se explica el procedimiento que deben seguir para hacer el experimento.

El código *Obtención del dióxido de azufre* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en decir que la reacción que ellos llevarían a cabo sería la obtención del dióxido de azufre e incluso escribieron la ecuación química. Esto se debe a que en la fuente 1 se menciona dicha reacción e incluso se presenta la ecuación, lo que sugiere que los alumnos pudieron vincular la importancia de dicha reacción para resolver el problema. Además, este código está relacionado con el código anterior.

El código *Neutralización* tuvo una frecuencia de 4. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en decir que la reacción que ellos llevarían a cabo sería de neutralización. Esto se debe a que en la fuente 3 se mencionan las reacciones de neutralización entre un ácido y una base. Aunque su respuesta fue aceptada, en plenaria los alumnos no pudieron defender cómo dicha reacción les ayudaría a resolver el problema.

Pregunta ¿Por qué podemos consumir vinagre en las ensaladas y no podemos consumir ácido sulfúrico?

La tercera pregunta permitió que los estudiantes pudieran reconocer la diferencia en pH del ácido sulfúrico y del vinagre, por medio de las lecturas y por sus propias investigaciones, esto con la finalidad de comprender por qué usarían vinagre para simular el pH de la lluvia de Boca del Río. Además, permitió que los alumnos le dieran sentido a las ideas que iban seleccionando y a las fórmulas químicas que habían reconocido en las lecturas. De acuerdo con Johnson (1975), establecer conexiones es una parte fundamental del aprendizaje de cualquier material nuevo.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en cuatro códigos (figura 14): *ácido sulfúrico es dañino, ácido sulfúrico es ácido fuerte, vinagre tiene propiedades ácidas diferentes, diferencia de pH en los dos ácidos.*

El código *ácido sulfúrico es dañino* tuvo una frecuencia de 2. En este código los alumnos manifestaron que, a diferencia del vinagre, el ácido sulfúrico es dañino y por eso no se puede consumir.

El código *ácido sulfúrico es ácido fuerte* tuvo una frecuencia de 4. En este código los equipos manifestaron que a diferencia del vinagre el ácido sulfúrico es un ácido fuerte y por eso no se debe consumir.

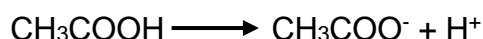
El código *vinagre tiene propiedades ácidas diferentes* tuvo una frecuencia de 2. En este código dos equipos de alumnos dijeron que el vinagre se puede consumir por las propiedades ácidas distintas a las del ácido sulfúrico.

El código *diferencia de pH en los dos ácidos* tuvo una frecuencia de 4. En este código los equipos de alumnos dijeron que la diferencia de pH en las dos sustancias hacía que tuvieran características diferentes. Estas respuestas permitieron que los alumnos reconocieran la importancia de usar vinagre en vez de ácido sulfúrico para simular la lluvia ácida en Boca del Río.

Pregunta ¿Cómo representan el ácido acético, presente en el vinagre, basándose en el modelo de Arrhenius?

La cuarta pregunta permitió que los estudiantes transfirieran lo que habían visualizado del modelo de Arrhenius, a partir de la lectura de la fuente 3, y pudieran, con la tutoría del docente, reconocer al ion H^+ como el responsable de la acidez del vinagre. En este sentido, Bransford Brown y Cocking (2000) mencionan que las habilidades de los estudiantes para transferir lo que han aprendido a situaciones novedosas brindan un indicador importante de aprendizaje. Los estudiantes desarrollan una comprensión flexible de cuándo, dónde, por qué y cómo usar su conocimiento para la resolución de problemas novedosos si aprenden cómo extraer los principios y temas subyacentes de sus ejercicios de aprendizaje.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en un código (Figura 15), el código fue nombrado *disociación del ácido acético en ion acetato* consistió en que los alumnos escribieron la siguiente ecuación:



El código *Disociación del ácido acético en ion acetato* tuvo una frecuencia de 12. En este código todos los equipos de alumnos lograron escribir la ecuación de disociación debido a que ésta aparece en la fuente 3, por lo tanto, los alumnos lograron reconocer la ecuación de disociación, dando oportunidad a fomentar la indagación, la autonomía y a habilidades cognitivas como interpretación, análisis y autorregulación.

Pregunta ¿Cómo representan en una ecuación química que el ácido sulfúrico es ácido, basándose en el modelo de Arrhenius?

La quinta pregunta permitió que los estudiantes transfirieran lo que habían visualizado del modelo de Arrhenius, a partir de la lectura de la fuente 3, y pudieran, con la tutoría del docente, reconocer al ion H^+ como el responsable de la acidez de la lluvia ácida, tomando en cuenta la formación de ácido sulfúrico a partir del dióxido de azufre.

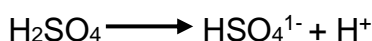
Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en tres códigos (Figura 15): *Disociación del ácido sulfúrico en ion sulfato*, *Disociación del ácido sulfúrico en ion bisulfato*, *Sin respuesta*.

El código *Disociación del ácido sulfúrico en ion sulfato* tuvo una frecuencia de 4. En este código los equipos de alumnos lograron escribir la siguiente ecuación de disociación:



El objetivo de esta pregunta fue que los alumnos lograran por sí solos escribir la ecuación, sin ayuda del docente para que así se diera oportunidad a fomentar la indagación, la autonomía y a habilidades cognitivas como interpretación, análisis y autorregulación.

El código *Disociación del ácido sulfúrico en ion bisulfato* tuvo una frecuencia de 3. En este código los equipos de alumnos lograron escribir la siguiente ecuación de disociación:



Estas respuestas fueron analizadas en plenaria para que los equipos de alumnos pudieran analizar sus respuestas y reconocer la importancia del ion H^+ , bajo la tutoría del docente.

El código *Sin respuesta* tuvo una frecuencia de 5. En este código los equipos de alumnos no lograron responder la pregunta. Esto sugiere que para abordar el contenido con el modelo de Arrhenius se necesitan más ejercicios de aplicación, pero ya no se dispuso del tiempo para realizarlos.

Pregunta ¿Cuál es el pH del vinagre?

La sexta pregunta permitió que los estudiantes reflexionaran acerca del pH del vinagre una vez que ya habían reconocido la ecuación de disociación del ácido acético. Como ya se mencionó anteriormente, el alumno debe tener muy claro que el objetivo del proceso no es recopilar información relevante al problema, sino analizarla y otorgarle un significado propio.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en un código (Figura 15): *de 3 a 4*.

El código *de 3 a 4* tuvo una frecuencia de 12. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en escribir ese intervalo de pH para el vinagre. De igual forma, en esta pregunta se pretendió que el docente fuera una guía para que así se diera oportunidad a fomentar en los alumnos la indagación, la autonomía y a habilidades cognitivas como interpretación, análisis y autorregulación.

Pregunta ¿Qué relación tiene el pH del vinagre con el pH de la lluvia donde cultiva el perejil Don Genaro?

La séptima pregunta permitió que los estudiantes reflexionaran acerca de la relación del pH del vinagre y del pH de la lluvia de Boca del Río, una vez que ya habían reconocido los dos valores de pH respectivamente. Esto se realizó con la finalidad de que los alumnos pudieran sugerir simular el pH de la lluvia de Boca del Río con vinagre en vez de sugerir el ácido sulfúrico o algún otro ácido, pues el objetivo de la tesis fue que los alumnos reconocieran el pH de la lluvia ácida y pudieran simularla para regar las plantas de perejil. Como ya se mencionó anteriormente, el alumno debe tener muy claro que el objetivo del proceso no es solo recopilar información relevante al problema, sino analizarla y otorgarle un significado propio.

Los resultados obtenidos de esta pregunta fueron identificados en dos códigos (figura 15): *Igual y Ambos son ácidos*.

El código *Igual* tuvo una frecuencia de 9. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en escribir y en reconocer que tanto la lluvia de Boca del Río como el vinagre tienen un pH igual. En esta parte se fomentó la observación y la deducción en los alumnos para que ellos pudieran darse cuenta en la similitud del valor del pH y así pudieran sugerir y trabajar con el vinagre para regar las plantas para que con esto pudieran analizar las plantas de perejil y observar el efecto de la acidez en las plantas de perejil.

El código *Ambos son ácidos* tuvo una frecuencia de 3. En este código las respuestas de los alumnos consistieron en decir que la relación en el pH que ellos encontraban en el vinagre y en la lluvia era que ambos eran ácidos, esto permitió que el docente construyera con los alumnos en plenaria la importancia de simular la lluvia con el vinagre pues los alumnos observaban que ambas sustancias eran ácidas, reconociendo así los valores de pH en la escala, cumpliéndose el objetivo de la tesis.

Al terminar la resolución de este instrumento los alumnos y el docente hicieron un debate para que en plenaria los alumnos pudieran defender y evaluar sus respuestas. En los instrumentos anteriores los alumnos decían que era necesario analizar el pH de la lluvia de Don Genaro y también que aún faltaba conocer la reacción del perejil con la lluvia. Con la resolución de este instrumento los alumnos pudieron reconocer las sustancias implicadas en la lluvia ácida, reconocer la reacción que llevarían a cabo en el laboratorio, identificar el pH de la lluvia de Don Genaro y reconocer las diferencias en el valor del pH del ácido sulfúrico y del vinagre, además, reconocieron la igualdad en los valores de pH del vinagre y de la lluvia, lo que permitió continuar la investigación. En la plenaria se decidió que la reacción que llevarían a cabo los estudiantes sería la reacción donde se verifiquen las características ácidas del dióxido de azufre al reaccionar con agua, dicha reacción se llevó a cabo en la siguiente sesión. Además, se decidió que era necesario experimentar con las plantas de perejil, ya que los alumnos tenían esta propuesta desde las primeras sesiones. Una vez que los alumnos habían reconocido la similitud del pH de la lluvia y del vinagre se decidió en plenaria que lo podían utilizar, porque es una disolución ácida que tienen en sus casas. En la siguiente sesión se otorgó el material necesario para que los alumnos pudieran experimentar con las plantas de perejil ya que los equipos argumentaban era necesario para que pudieran dar una solución al problema.

A continuación, se describe el trabajo que los alumnos realizaron con las plantas de perejil.

- **Análisis del trabajo realizado por los alumnos con las plantas de perejil**

A cada equipo se le otorgaron dos plantas de perejil para que simularan lo que ocurría con la lluvia ácida. Como se mencionó en el Análisis cualitativo las respuestas de los alumnos consistieron en decir que la relación en el pH que ellos encontraban en el vinagre y en la lluvia era que ambos eran ácidos, esto permitió que yo construyera con los alumnos en plenaria la importancia de simular la lluvia con el vinagre, pues los alumnos observaban que ambas sustancias eran ácidas, reconociendo así los valores de pH en la escala.

En la tabla 17 se recopiló la información aportada por cada equipo de alumnos. Cada equipo decidió qué cantidad de vinagre y agua le agregarían a las plantas, también, decidieron cuándo la regarían y cómo recolectarían sus hallazgos. La única condición que yo les puse es que esto lo harían durante tres semanas y al terminar el lapso entregarían un documento con la información de sus hallazgos. También, es importante evidenciar que es aquí donde se aplicó el paso 6 del ABP donde los alumnos obtienen la información adicional y realizan su investigación. Esto porque ya se ha establecido la meta que es conocer qué le ocurre a la planta de perejil en presencia de una disolución ácida. Por ello, los estudiantes buscan, obtienen y estudian la información que les falta para poder dar solución al problema.

Se considera que en este paso 6 del ABP, los alumnos tuvieron la oportunidad creciente de participar activamente en la solución práctica del problema, además de experimentar con mayor libertad o autonomía la realización del experimento. Ya que, de acuerdo con lo citado por Valverde, Jiménez, & Viza (2006), Priestley definió una escala de siete niveles de apertura donde el estudiante tiene la oportunidad creciente de participar activamente en la solución práctica de los problemas, además de experimentar con mayor libertad o autonomía la realización de los experimentos. Por esta razón, se considera que los alumnos del curso de Química III de la ENP N°6 estuvieron en los últimos niveles de apertura, ya que el alumno se convierte en el protagonista de su aprendizaje, siendo miembro activo en el desarrollo del experimento y promoviendo los fundamentos conceptuales en el diseño y planificación de éste, para afianzar y facilitar una mejor comprensión del fenómeno.

Tabla 17. Información del trabajo que los alumnos de la ENP N°6 realizaron con las plantas de perejil.

Equipo	Cantidad de agua agregada a la planta por semana (mL)	Cantidad de vinagre agregado a la planta por semana (mL)	Evidencia presentada	Descripción realizada
1	420	420	Fotografías de las dos plantas. Cada planta presenta una etiqueta.	De las hojas de las plantas y del color verde o café de las hojas.
2	700	780	Fotografías de las dos plantas.	Del crecimiento de la planta, de la intensidad del color, de las hojas marchitas.
3	300	60	Fotografías de las dos plantas.	Del crecimiento de la planta y del color verde o café de las hojas.
4	180	180	Fotografías de las dos plantas.	Del color verde o café de las hojas.
5	840	840	Fotografías de la planta que fue regada con agua.	Del crecimiento de las plantas y del desarrollo de nuevas plantas. Del color amarillo en la planta regada con vinagre.
6	1260	1200	Fotografías de la planta que fue regada con agua.	Del color de las hojas y del olor en la planta que fue regada con vinagre.
7	60	60	Fotografías de las dos plantas.	Del color de las hojas y del crecimiento de la planta.
8	1260	1260	Fotografías de las dos plantas.	Del crecimiento de la planta, del color de las hojas. Del deterioro de la planta y su aspecto.
9	60	60	Fotografías de la planta que fue regada con vinagre.	Del deterioro de las raíces de la planta y del color de las hojas.
10	1260	1200	Fotografías de la planta que fue regada con agua.	Del aspecto de la planta y del color de las hojas.
11	60	60	Sin evidencia.	Del crecimiento de la planta y del color de las hojas.
12	100	100	Sin evidencia.	Del deterioro de la planta, su aspecto y el color de las hojas.

En las Figuras 16-19 se muestran las evidencias (fotografías), de algunos equipos de alumnos, del trabajo realizado con las plantas de perejil.

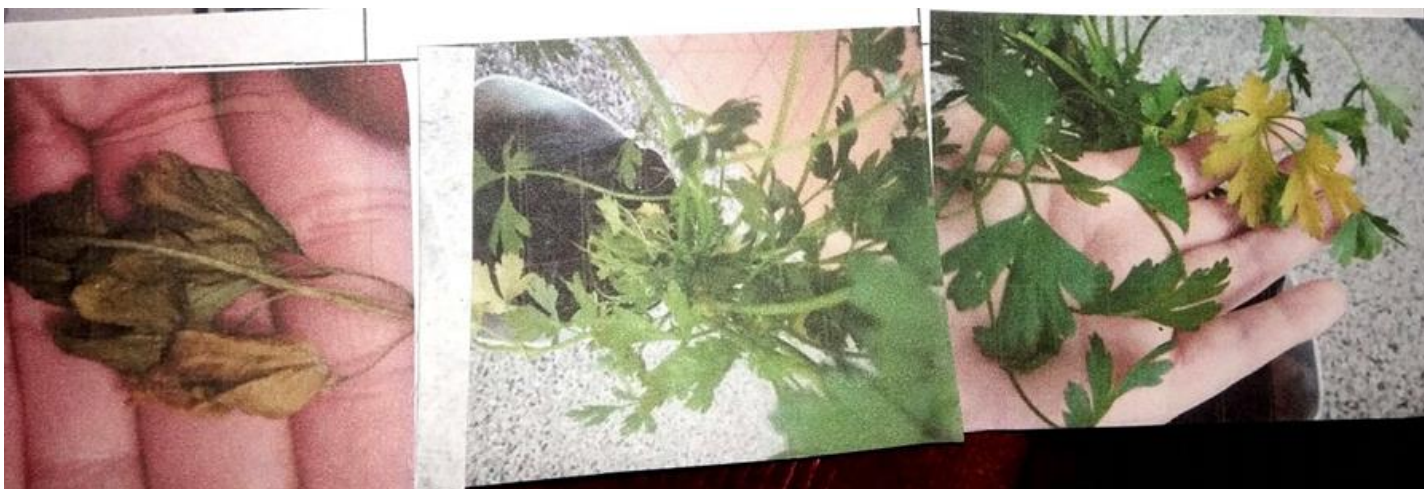


Figura 16. Fotografías proporcionadas por un equipo de alumnos de la planta de perejil que fue regada con vinagre.



Figura 17. Fotografías proporcionadas por un equipo de alumnos de la planta de perejil regada con agua de la llave.

Nombre del equipo: Gemas del Infinito







Semana	Cantidad total de vinagre adicional (mL)	Altura de la planta (cm)	Descripción de las características observables de las hojas de la planta de perejil	Fotografía de la planta de perejil	Fotografía de la hoja de perejil
1	60 mL	22 cm	Debilitación de las raíces, hojas muy arrugadas mejor dicho pérdida de forma, cambio de color tanto en raíces y hojas		
2	60 mL	7 cm	Raíces todavía más débiles, pérdida de color aún más notoria.		
3	60 mL	5 cm	Prácticamente muerta, raíces sumamente debilitadas y hojas deformadas, secas y color muy amarillento.		

Figura 18. Evidencia proporcionada por un equipo de alumnos de la planta regada con vinagre.

Nombre del equipo: Patitosafos


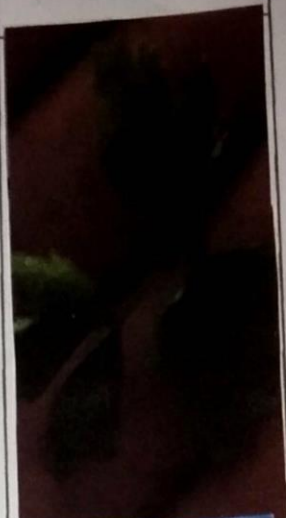




Semana	Cantidad total de vinagre adicionado (mL)	Altura de la planta (cm)	Descripción de las características observables de las hojas de la planta de perejil	Fotografía de la planta de perejil	Fotografía de la hoja de perejil
1	180 ml	19 cm	La mayoría de sus hojas conservan un tono verde, aunque las puntas empiezan a marchitarse y tornarse amarillentas.		
2	180 ml	17 cm (estirándola), 5 cm (sin estirar)	La mayoría de las hojas se han amarillado, desde las puntas hacia el centro; los tallos se ha debilitado en demasía.		
3	180 ml	16 cm (estirando), 4 cm (sin estirar)	Ninguna hoja muestra el color verde brillante inicial, todas son muy pálidas, marchitas y amarillentas, los tallos no se pueden sostener.		



Figura 19. Evidencia proporcionada por un equipo de alumnos de las plantas de perejil regadas con vinagre.

- **Análisis de los vídeos narrativos elaborados por los alumnos**

Cada equipo de alumnos elaboró un vídeo para informar sus hallazgos y dar soluciones. Cada equipo eligió un espacio abierto de la ENP, utilizaron una narrativa y un guion para filmarse con sus celulares o videocámaras y lo presentaron a todos los compañeros del grupo. El vídeo debía durar de 5-10 minutos. De esta forma se evalúan procesos de lectoescritura, expresión de la oralidad en los alumnos, su disposición para trabajar en equipo y, por ende, la generación de los conocimientos mediante el desarrollo de habilidades comunicativas y el trabajo colaborativo. En el vídeo los alumnos deben mencionar el problema, dónde se originó, quién se ve afectado y el rol que ellos aceptarán para resolver el problema. Deben mostrar imágenes del trabajo experimental que realizaron con las plantas de perejil, así cómo explicar los resultados observables que obtuvieron al realizar este trabajo. Imágenes relacionadas con la escala pH, con la lluvia ácida y con los oxiácidos, etc. Deben proponer una solución para que la lluvia ácida no afecte las cosechas. En total se revisaron 12 vídeos, cada equipo tuvo la libertad de seleccionar la información que utilizarían para elaborar sus vídeos, el diseño y las herramientas digitales que utilizarían. En las Tablas 18 y 19 se muestran las capturas de imágenes de los vídeos que los equipos elaboraron.

Es aquí donde se implementó el paso 7 de la metodología del ABP, donde la información aportada por los distintos miembros del equipo se discute, se contrasta y, finalmente, se extraen las conclusiones pertinentes para el problema. El equipo establece acuerdos acerca de cuál es la información que usarán para sustentar la postura del equipo.

Tabla 18. Algunas imágenes de los vídeos elaborados por los alumnos como producto final del ABP.

Equipo	Imagen	Equipo	Imagen
1		4	

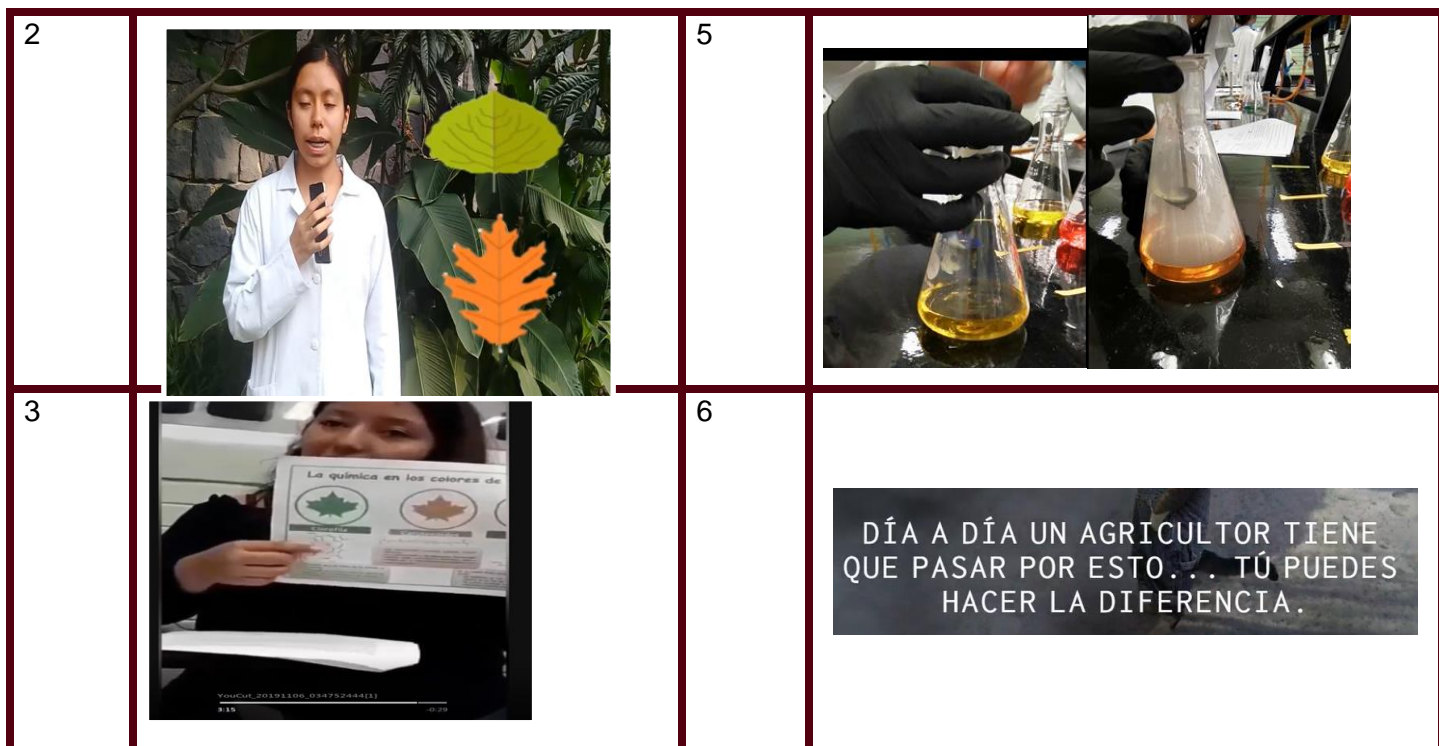
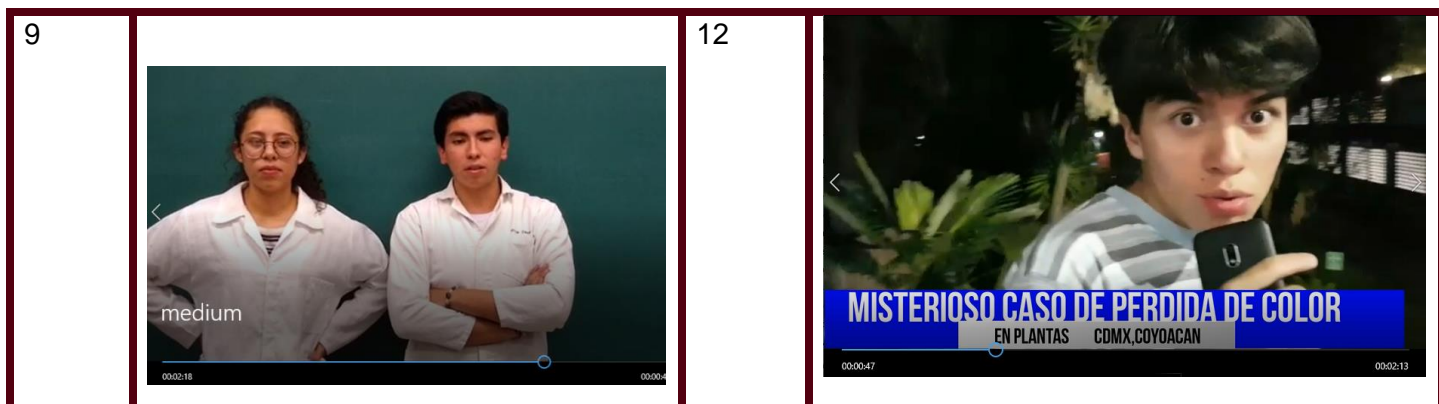


Tabla 19. Algunas imágenes de los vídeos elaborados por los alumnos como producto final del ABP.

Equipo	Imagen	Equipo	Imagen
7		10	
8		11	



Como se puede observar en las imágenes de la tabla 18 y 19, los alumnos se mostraron muy interesados en la elaboración del vídeo y emocionados en informar sus hallazgos. Es importante mencionar que, algunos equipos decidieron usar bata, para darle formalidad a sus hallazgos, otros actuaron como reporteros que entrevistaban a los científicos, usaron imágenes para explicar la escala pH o mostraron fotografías del experimento de cómo se forma la lluvia ácida y crearon fondos creativos. Como señalan Bisquerra y Pérez (2007), los conocimientos los construyen mejor los alumnos cuando se involucran en las competencias emocionales y actitudinales durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Cada narración de los vídeos fue analizada y se formó una red semántica (Figura 20) con el programa ATLAS.ti7, lo que permitió estructurar los resultados en categorías y códigos. En esta figura se resalta la categoría en color rojo y las palabras clave (códigos) que los alumnos usaron en sus vídeos en naranja.

Los resultados obtenidos fueron identificados en cinco códigos (figura 20):

- *conceptos de acidez y basicidad,*
- *conceptos, fórmulas y reacciones químicas implicadas en la lluvia ácida,*
- *relación de la lluvia ácida y las plantas de perejil,*
- *experimento de cómo se forma la lluvia ácida,*
- *propuestas de soluciones al problema.*

El código *conceptos de acidez y basicidad* se refiere a los conceptos ácido-base que los alumnos mencionaron en sus vídeos. Estos conceptos son: *escala pH* que tuvo una frecuencia de 11, *pH del vinagre* tuvo una frecuencia de 11, *iones hidrógeno* tuvo una frecuencia de 7.

El código *conceptos, fórmulas y reacciones químicas implicadas en la lluvia ácida* se refiere a los conceptos implicados en la lluvia ácida que los alumnos mencionaron en sus vídeos. Estos conceptos son: *ácidos involucrados en la lluvia ácida* que tuvo una frecuencia de 10, *contaminantes* tuvo una frecuencia de 10, *origen de los contaminantes* tuvo una frecuencia de 11 y *lluvia ácida* tuvo una frecuencia de 12.

El código *relación de la lluvia ácida y las plantas de perejil* se refiere a los conceptos que los alumnos mencionaron en sus vídeos en relación con la lluvia ácida y al trabajo experimental que realizaron con las plantas de perejil. Estos conceptos son: *lluvia ácida en las plantas* que tuvo una frecuencia de 11, *simular el pH de la lluvia ácida* tuvo una frecuencia de 8, *fotosíntesis* tuvo una frecuencia de 6 y *clorofila* tuvo una frecuencia de 6.

El código *experimento de cómo se forma la lluvia ácida* se refiere a los conceptos que los alumnos que mencionaron en sus vídeos el experimento realizado en el laboratorio para verificar las características ácidas de la lluvia ácida. Este código sólo tiene un concepto: *reacción química* que tuvo una frecuencia de 5.

El código *propuestas de soluciones al problema* se refiere a los alumnos que propusieron soluciones al problema que se les había presentado. Este código únicamente tuvo una idea que fue dar *soluciones para el agricultor* y tuvo una frecuencia de 12. Es decir, todos los equipos de alumnos describieron en sus vídeos soluciones enfocadas a dar soluciones para que el agricultor proteja sus cultivos de la lluvia ácida.

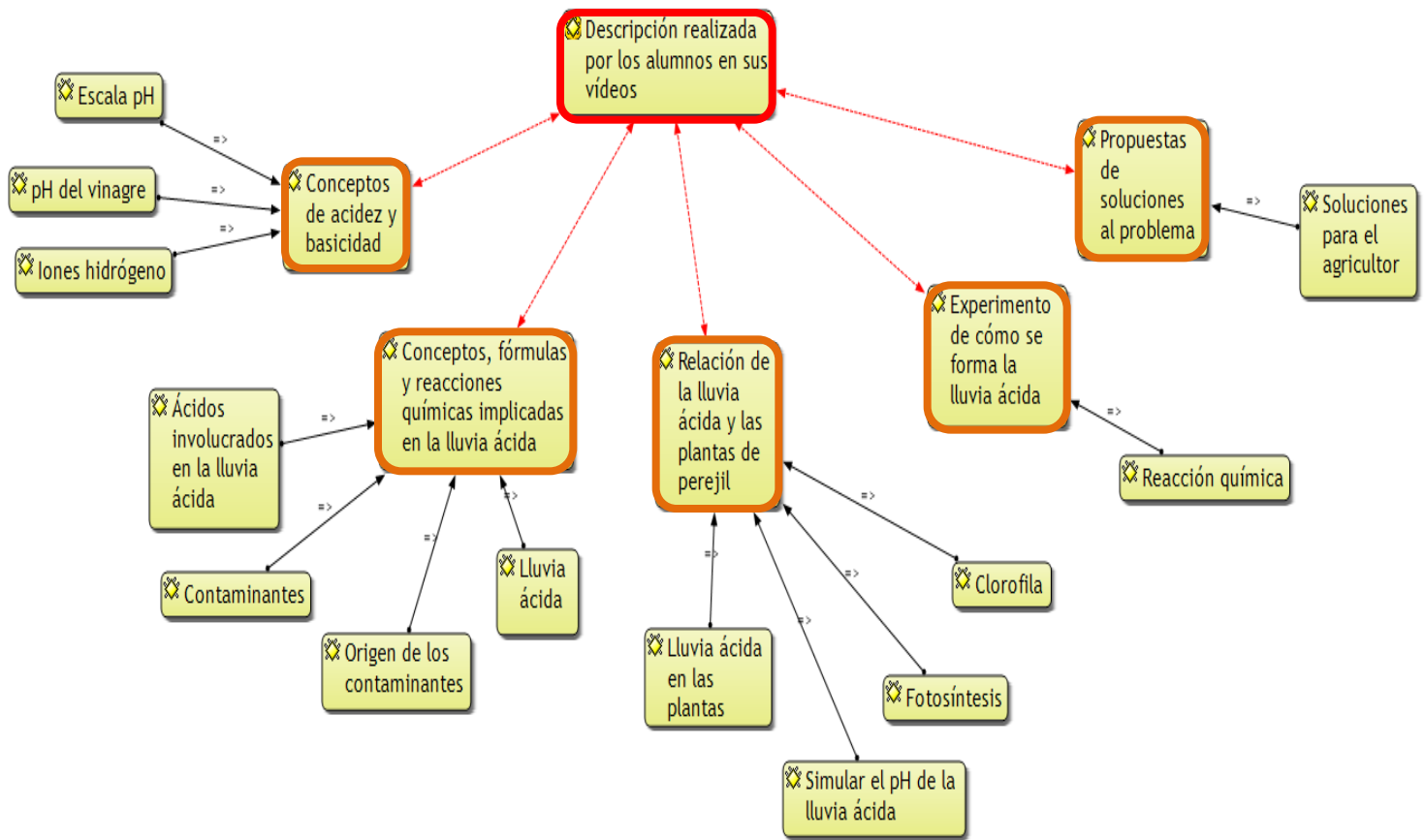


Figura 20. Red semántica para los vídeos elaborados por los alumnos

- **Análisis de los logros en los equipos de alumnos**

A partir de las redes semánticas fue posible organizar e identificar los logros en los objetivos de aprendizaje que los alumnos alcanzaron durante la aplicación de la metodología de ABP. En la Tabla 20 se muestran las evidencias de logros que cada equipo de alumnos alcanzó con esta propuesta para cada uno de los pasos de ABP. Como se mencionó, las evidencias han sido organizadas a partir del análisis cualitativo.

Tabla 20. Evidencias recolectadas de los equipos de alumnos de la ENP N°6 para cada paso del ABP.

Equipo	Evidencia en el paso 1	Evidencia en el paso 2	Evidencia en el paso 3	Evidencia en el paso 4	Evidencia en el paso 5	Evidencia en el paso 6	Evidencia en el paso 7
1	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con :</p> <ul style="list-style-type: none"> • conocer los efectos de la lluvia de agosto. • el color de las plantas de perejil. • la fertilidad de la tierra. • conocer el pH de la lluvia. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimentar con el perejil. • Analizar muestras de tierra. • Comparar con perejil que no está dañado. • Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz. • Causas de que el pH de la lluvia se altere. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, investigar datos sobre la lluvia en Veracruz y las causas de que el pH de la lluvia se altere.</p>	<p>El equipo identificó que no podían resolver el problema porque hacia falta conocer las propiedades del perejil y no habían realizado las pruebas correspondientes .</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción en donde se verificaban las características ácidas del SO₂ al reaccionar con agua.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción de las hojas de las plantas y del color verde o café de las hojas. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lluvia ácida • Imitamos las condiciones en las que sus plantas de perejil viven • Usamos una sustancia similar a la de la lluvia ácida: vinagre • Simular el pH de la lluvia ácida • Contaminantes como dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno • Usamos vinagre porque tiene un pH de 3.4 • Vimos la evolución de la planta • Moléculas de clorofila • Emisores contaminantes • Causas de que haya contaminantes • Se evite sembrar en temporadas de abundante lluvia • Vimos la reacción del azufre con el oxígeno y el cambio de pH.

Equipo	Evidencia en el paso 1	Evidencia en el paso 2	Evidencia en el paso 3	Evidencia en el paso 4	Evidencia en el paso 5	Evidencia en el paso 6	Evidencia en el paso 7
2	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con:</p> <ul style="list-style-type: none"> el consumo del perejil en las condiciones del problema. el color de las plantas de perejil. conocer si la contaminación afecta. conocer el pH de la lluvia. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimentar con el perejil. Analizar muestras de tierra. Comparar con perejil que no está dañado. Realizar pruebas experimentales de pH. Investigar la genética de las semillas. Investigar datos de la contaminación en Veracruz. 	<p>El equipo decidió que tenían que investigar la genética de las semillas y datos de la contaminación en Veracruz, además de analizar muestras de tierra. Al igual que experimentar con el perejil.</p>	<p>Este equipo mencionó que si podían resolver el problema con la información que tenían hasta el momento, pero el proceso sería caro.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de neutralización.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del crecimiento de la planta, de la intensidad del color, de las hojas marchitas. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> Lluvia ácida Escala pH Clasificación de los ácidos Contaminantes como dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno. Causas que producen los contaminantes Ácido sulfúrico y ácido nítrico Descripción del experimento con las plantas Clorofila pH del vinagre Evitar el uso excesivo del automóvil, del consumo de energía y de fertilizantes nitrogenados
3	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con:</p> <ul style="list-style-type: none"> el efecto de la lluvia sobre los cultivos. conocer la acidez de la lluvia. conocer qué le ocurrió al perejil. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tomar dos muestras de perejil una en buen estado y la otra en un estado de putrefacción para analizar y ver qué es lo que cambia. Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, investigar datos sobre la lluvia en Veracruz..</p>	<p>El equipo mencionó que no se podía resolver el problema porque las personas no estaban informadas de la problemática.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción en donde se verificaban las características ácidas del SO_2 al reaccionar con agua.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del crecimiento de la planta y del color verde o café de las hojas. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> Lluvia ácida Contaminantes Escala pH Óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre pH del vinagre fotosíntesis de las plantas

Equipo	Evidencia en el paso 1	Evidencia en el paso 2	Evidencia en el paso 3	Evidencia en el paso 4	Evidencia en el paso 5	Evidencia en el paso 6	Evidencia en el paso 7
4	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer</p> <ul style="list-style-type: none"> qué le ocurrió al perejil. qué tiene que ver la lluvia. cómo afectaría consumir el perejil así. qué se haría para que el perejil ya no salga así. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sembrar perejil en terrenos diferentes. Medir el pH de la lluvia. Observando el perejil. Investigar las propiedades del perejil. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que sembrar perejil en terrenos diferentes, investigar datos sobre la lluvia en Veracruz y las causas de que el pH de la lluvia se altere, además de medir el pH de la lluvia e investigar las propiedades del perejil.</p>	<p>El equipo dijo que aún no podían resolver el problema porque aún faltaba saber cómo la lluvia afecta al perejil.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de neutralización.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del color verde o café de las hojas. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> lluvia ácida contaminantes origen de los contaminantes óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre ácido nítrico y ácido sulfúrico fórmula del ácido sulfúrico protones o iones hidrógeno efectos de la lluvia ácida en las plantas y bosques
5	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> si la lluvia está siendo afectada por la contaminación. si una plaga afecta las plantas. porqué las hojas tenían ese color. qué efecto tuvo la lluvia en el perejil. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar muestras de lluvia. Composición química de la lluvia. Investigar los factores que afectan los cultivos. Investigar las causas del cambio de color del perejil. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que analizar muestras de lluvia, investigar datos sobre la lluvia, además, investigar los factores que afectan los cultivos.</p>	<p>El equipo mencionó que aún no podían resolver el problema porque tenían que saber si la acidez afecta el cultivo.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción en donde se verificaban las características ácidas del SO_2 al reaccionar con agua.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del crecimiento de las plantas y el desarrollo de nuevas plantas.</p> <p>Del color amarillo en la planta regada con vinagre. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> lluvia ácida contaminantes origen de los contaminantes reacciones químicas clorofila recomendaciones como reducir el uso de automóviles usar la luz eléctrica necesaria para nuestras actividades

Equipo	Evidencia en el paso 1	Evidencia en el paso 2	Evidencia en el paso 3	Evidencia en el paso 4	Evidencia en el paso 5	Evidencia en el paso 6	Evidencia en el paso 7
6	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer</p> <ul style="list-style-type: none"> si la lluvia ocasionó el problema. qué relación tiene el pH de la lluvia. si el tipo de tierra tiene algo que ver. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimentar con el perejil. Analizar muestras de tierra. Comparar con perejil que no está dañado. Realizar pruebas experimentales de pH. Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz. Analizar muestras de lluvia. Investigar la composición química de la lluvia. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, analizar muestras de tierra, investigar datos sobre la lluvia en Veracruz y las causas de que el pH de la lluvia se altere.</p>	<p>El equipo mencionó que aún no podían resolver el problema ya que falta mucho conocimiento sobre las situaciones.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de obtención de dióxido de azufre.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del color de las hojas y del olor en la planta que fue regada con vinagre. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> clorofila reacción química contaminación lluvia ácida usar menos vehículos regando una planta con vinagre
7	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer</p> <ul style="list-style-type: none"> lo que ocurrió con el perejil. a qué se debe el color de las hojas. si el perejil es consumible. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Observando el perejil. Investigar las propiedades del perejil. Investigar los tipos de plagas. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, investigar las propiedades del perejil e investigar los tipos de plagas..</p>	<p>El equipo decidió que aún no podían resolver el problema porque es un problema grave y por las propiedades químicas de la lluvia ácida el problema no puede ser erradicado inmediatamente.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción en donde se verificaban las características ácidas del SO₂ al reaccionar con agua.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del color de las hojas y del crecimiento de la planta. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> lluvia ácida dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno escala pH ácido sulfúrico y ácido nítrico ácidos que no permiten el desarrollo de la planta.

Equipo	Evidencia en el paso 1	Evidencia en el paso 2	Evidencia en el paso 3	Evidencia en el paso 4	Evidencia en el paso 5	Evidencia en el paso 6	Evidencia en el paso 7
8	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con:</p> <ul style="list-style-type: none"> proteger los cultivos. conocer cómo evitar que el cultivo se dañe. lo que hay que hacer para que el cultivo no se dañe. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimentar con el perejil. Analizar muestras de tierra. Comparar con perejil que no está dañado. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, analizar muestras de tierra y comparar con perejil que no está dañado.</p>	<p>El equipo decidió que aún no podían resolver el problema porque sólo llevaban una pequeña parte de la investigación y faltaba saber cómo la lluvia afecta al perejil.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de neutralización.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del crecimiento de la planta, del color de las hojas.</p> <p>Del deterioro de la planta y su aspecto. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> lluvia ácida escala pH indicadores ácido-base dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno ácido sulfúrico y ácido sulfuroso origen de los contaminantes consecuencias de la lluvia ácida fotosíntesis efectos de la lluvia ácida en las plantas utilizar fuentes de energía diferentes a los combustibles fósiles concientizar a las personas acerca de este tema
9	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer</p> <ul style="list-style-type: none"> el pH de la lluvia. cómo afecta la lluvia a los cultivos. cómo solucionar el problema. lo que se puede hacer con los cultivos podridos. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimentar con el perejil Analizar muestras de tierra Comparar con perejil que no está dañado Realizar pruebas experimentales de pH Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz Analizar muestras de lluvia. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, analizar muestras de tierra, medir el pH e investigar datos sobre la lluvia en Veracruz y las causas de que el pH de la lluvia se altere.</p>	<p>El equipo decidió que aún no podían resolver el problema porque les faltaba conocer más información para poder concretar una solución.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de obtención de dióxido de azufre.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del deterioro de las raíces de la planta y del color de las hojas. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> lluvia ácida dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno escala pH ácido sulfúrico y ácido nítrico ácidos que no permiten el desarrollo de la planta. usar menos vehículos regando una planta con vinagre

Equipo	Evidencia en el paso 1	Evidencia en el paso 2	Evidencia en el paso 3	Evidencia en el paso 4	Evidencia en el paso 5	Evidencia en el paso 6	Evidencia en el paso 7
10	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer:</p> <ul style="list-style-type: none"> cuál fue la causa que originó que el perejil estuviera putrefacto. Si el perejil se puede consumir. Cómo afectan las lluvias al perejil. Si la tierra está afectando al perejil. Cuál es el pH de la lluvia. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimentar con el perejil Analizar muestras de tierra Comparar con perejil que no está dañado Realizar pruebas experimentales de pH Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz Analizar muestras de lluvia. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, analizar muestras de tierra, medir el pH e investigar datos sobre la lluvia en Veracruz y las causas de que el pH de la lluvia se altere.</p>	<p>El equipo decidió que si podían resolver el problema pero para resolver los métodos son un poco caros.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de neutralización.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del aspecto de la planta y del color de las hojas. Además, presentó fotografías de las plantas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> lluvia ácida dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno escala pH ácido sulfúrico y ácido nítrico ácidos que no permiten el desarrollo de la planta.
11	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer</p> <ul style="list-style-type: none"> Si el problema viene de la tierra. Por qué el perejil no está verde. El pH que se necesita para cultivar perejil. Si el color del perejil puede variar con la lluvia. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimentar con el perejil Analizar muestras de tierra Comparar con perejil que no está dañado Realizar pruebas experimentales de pH Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz Analizar muestras de lluvia. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, analizar muestras de tierra, medir el pH e investigar datos sobre la lluvia en Veracruz y las causas de que el pH de la lluvia se altere.</p>	<p>El equipo decidió que aún no podían resolver el problema porque la manera más directa sería eliminar el azufre pero es caro y complicado.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción en donde se verificaban las características ácidas del SO_2 al reaccionar con agua.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del crecimiento de la planta y del color de las hojas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> lluvia ácida dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno escala pH ácido sulfúrico y ácido nítrico ácidos que no permiten el desarrollo de la planta.

Equipo	Evidencia en el paso 1	Evidencia en el paso 2	Evidencia en el paso 3	Evidencia en el paso 4	Evidencia en el paso 5	Evidencia en el paso 6	Evidencia en el paso 7
12	<p>Los alumnos elaboraron una pregunta relacionada con conocer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si la lluvia ocasionó que las plantas se dañaran. • Porqué las plantas tienen ese color. • El pH adecuado para el cultivo. 	<p>El equipo definió las acciones que harían para encontrar solución al problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimentar con el perejil • Analizar muestras de tierra • Comparar con perejil que no está dañado • Realizar pruebas experimentales de pH • Revisar datos sobre la lluvia en Veracruz • Analizar muestras de lluvia. 	<p>El equipo argumentó y decidió que tenían que experimentar con el perejil, analizar muestras de tierra, medir el pH e investigar datos sobre la lluvia en Veracruz y las causas de que el pH de la lluvia se altere.</p>	<p>El equipo decidió que aún no podían resolver el problema pero ya se sabía que en la región de Don Genaro hay lluvia ácida.</p>	<p>El equipo decidió que necesitaban probar en el laboratorio una reacción de obtención de dióxido de azufre.</p>	<p>El equipo realizó el experimento con las plantas de perejil y la descripción del deterioro de la planta, su aspecto y el color de las hojas.</p>	<p>El equipo utilizó las siguientes palabras para establecer conexiones y dar una conclusión en el vídeo que presentó:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lluvia ácida • dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno • escala pH • ácido sulfúrico y ácido nítrico • ácidos que no permiten el desarrollo de la planta. • usar menos vehículos • regando una planta con vinagre

¿Cómo se identificaron los aprendizajes que lograron los equipos de alumnos?

Para poder clasificar e identificar qué logros alcanzó cada equipo se decidió elaborar una rúbrica como ya se mencionó en el método de trabajo (Tabla 8) especificando tres niveles de logro: nivel avanzado, nivel intermedio y nivel novato. En la Tabla 21 se muestran los niveles que se han identificado de acuerdo con los conocimientos y habilidades que se reconocieron en el grupo de química de la ENP N° 6, durante el proceso de la aplicación de la metodología por ABP. Se ha asignado rojo para nivel avanzado, amarillo para intermedio, y verde para novato.

En la Tabla 21 se muestra la categoría por color que se asignó para cada equipo de acuerdo con la clasificación de la Tabla 8. Esto permite observar el nivel de logro que cada equipo alcanzó y demostró para cada paso del ABP. El color del rectángulo muestra el nivel correspondiente de acuerdo con las respuestas y el análisis cualitativo que se realizó de dichas respuestas. Esto permite observar un patrón de colores para identificar a simple vista el nivel de logro que alcanzaron los equipos para cada paso de la metodología del ABP. Verde para nivel avanzado, amarillo para intermedio, y rojo para novato.

Tabla 21. Nivel de logro que alcanzaron los equipos en cada paso del ABP.

Equipo	Nivel en el paso 1	Nivel en el paso 2	Nivel en el paso 3	Nivel en el paso 4	Nivel en el paso 5	Nivel en el paso 6	Nivel en el paso 7
1	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
2	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
3	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
4	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green
5	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green
6	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
7	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Green
8	Yellow	Green	Red	Green	Yellow	Green	Green
9	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
10	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green
11	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
12	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

¿Qué conceptos de ácido-base, oxiácidos, y pH, así como el uso de la escala de pH construyen los estudiantes?

Para poder tener más información acerca de los conceptos que habían construido los alumnos se decidió aplicar un examen final con 7 preguntas, el cual fue diseñado para esta propuesta de Tesis. En la Tabla 22 se muestra la finalidad de dicho instrumento, el cual consistió en 7 preguntas, para cada pregunta se especificó el nivel deseado, los conceptos y habilidades que necesitaron los estudiantes para alcanzar dicho nivel, así como los pasos del ABP donde se identifican los niveles deseados.

Tabla 22. Descripción del instrumento final aplicado para conocer qué conceptos de ácido-base, oxiácidos, y pH, así como el uso de la escala de pH que construyen los estudiantes.

Número de pregunta	Nivel deseado para los estudiantes:	¿Qué conceptos necesitaron los estudiantes para alcanzar el nivel avanzado?	¿Qué habilidades necesitaron los estudiantes para alcanzar el nivel avanzado?	¿En qué pasos del ABP se identifican los niveles avanzados?
	Que el alumno:			
1a	<ul style="list-style-type: none"> Reconozca el intervalo del valor numérico del pH de la lluvia ácida. 	Conocer y aplicar el valor numérico del pH de la lluvia ácida.	Escribir y usar el valor numérico del pH de la lluvia para elaborar una conclusión.	3-7
1b	<ul style="list-style-type: none"> Reconozca las fórmulas de los oxiácidos implicados en la formación de la lluvia ácida. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocer las fórmulas de los óxidos de azufre y nitrógeno implicados en la formación de la lluvia ácida. 	Escribir correctamente las fórmulas para reconocerlas.	3-5
2	<ul style="list-style-type: none"> Identifica el valor numérico del pH de un ácido y una base a partir de reconocer las diferencias en la coloración del indicador. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocer la escala pH. Conocer el uso de los indicadores. 	<p>Diferenciar de la escala pH los valores numéricos de las sustancias ácidas y de las básicas.</p> <p>Usar un indicador para identificar un ácido de una base por la observación del cambio de coloración.</p>	5
3	<ul style="list-style-type: none"> Reconozca la región con la lluvia ácida que tiene mayor concentración de iones H^+, a partir de distinguir valores de pH. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocer la relación del pH con la concentración de iones H^+. Conocer la ecuación que permite calcular el pH a partir de la concentración de iones H^+. 	Escribir la ecuación que permite calcular el pH a partir de la concentración de iones H^+ .	5

Número de pregunta	Nivel deseado para los estudiantes:	¿Qué conceptos necesitaron los estudiantes para alcanzar el nivel avanzado?	¿Qué habilidades necesitaron los estudiantes para alcanzar el nivel avanzado?	¿En qué pasos del ABP se identifican los niveles avanzados?
	Que el alumno:			
4	<ul style="list-style-type: none"> Reconozca la disolución más ácida a partir de diferenciar y comparar los valores numéricos de pH. 	Conocer la escala pH.	Escribir y diferenciar los valores numéricos de sustancias ácidas y básicas.	5
5	<ul style="list-style-type: none"> Identifique que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse a partir de diferenciar valores de pH. 	Conocer la escala pH.	Diferenciar de la escala pH los valores numéricos de las sustancias ácidas y de las básicas.	5
6	<ul style="list-style-type: none"> Identifique el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocer los postulados de Arrhenius. Conocer el ion hidrógeno en las disoluciones acuosas como el responsable de la acidez de una sustancia. 	<ul style="list-style-type: none"> Escriba correctamente la ecuación de disociación del ácido acético. Escriba correctamente la ecuación de disociación del ácido sulfúrico. 	4
7	<ul style="list-style-type: none"> Reconozca de una ecuación de disociación a los iones que se producen, reconoce al ion hidróxido y lo nombra correctamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocer los postulados de Arrhenius. Conocer el ion hidróxido en las disoluciones acuosas como el responsable de la basicidad de una sustancia. 	Escriba correctamente la ecuación de disociación del hidróxido de sodio.	4

A partir de la información de la Tabla 22 se construyó una rúbrica (Tabla 23) para poder organizar los niveles de conceptos que los estudiantes de la ENP N°6 habían alcanzado con esta propuesta de ABP. Esta rúbrica fue diseñada para poder elaborar el examen final y es distinta a la presentada anteriormente. Posteriormente se contabilizaron las respuestas que los alumnos dieron en el instrumento y se obtuvieron las frecuencias por cada alumno en el equipo. Como cada equipo estuvo formado por cuatro alumnos, se tomaron en cuenta las frecuencias para cada pregunta y se asignó un nivel de acuerdo con el número de alumnos que alcanzaron el nivel descrito para cada pregunta del instrumento.

Para este trabajo de Tesis se considera un nivel avanzado para los equipos en los que los cuatro alumnos del equipo alcanzaron el nivel deseado para cada pregunta (tabla 23). Un nivel intermedio para los equipos en los que únicamente tres o dos alumnos alcanzaron el nivel deseado para cada pregunta (tabla 23). Un nivel novato para los equipos en los que únicamente un alumno o ninguno alcanzaron el nivel deseado para cada pregunta. En la tabla 24 se muestra el nivel de logro que alcanzaron los equipos de la ENP N° 6 para cada pregunta del ABP. Verde para nivel avanzado, amarillo para intermedio, y rojo para novato.

Tabla 23. Rúbrica de conocimientos y habilidades por nivel que se identificaron en los alumnos en el instrumento final.

N° de pregunta	Nivel avanzado	Nivel intermedio	Nivel novato
1 ^a	Los cuatro integrantes del equipo reconocieron el valor numérico del pH de la lluvia ácida.	Tres o dos alumnos del equipo reconocieron el valor numérico del pH de la lluvia ácida.	Uno o ningún alumno reconocieron el valor numérico del pH de la lluvia ácida.
1b	Los cuatro integrantes del equipo reconocieron las fórmulas de los oxiácidos implicados en la formación de la lluvia ácida.	Tres o dos alumnos del equipo reconocieron las fórmulas de los oxiácidos implicados en la formación de la lluvia ácida.	Uno o ningún alumno reconocieron las fórmulas de los oxiácidos implicados en la formación de la lluvia ácida.
2	Los cuatro integrantes del equipo identificaron el pH de un ácido y una base a partir de reconocer las diferencias en la coloración del indicador.	Tres o dos alumnos del equipo identificaron el pH de un ácido y una base a partir de reconocer las diferencias en la coloración del indicador.	Uno o ningún alumno identificaron el pH de un ácido y una base a partir de reconocer las diferencias en la coloración del indicador.
3	Los cuatro integrantes del equipo eligieron la alcaldía con la lluvia ácida que tiene mayor concentración de iones H ⁺ , a partir de distinguir valores de pH.	Tres o dos alumnos del equipo eligieron la alcaldía con la lluvia ácida que tiene mayor concentración de iones H ⁺ , a partir de distinguir valores de pH.	Uno o ningún alumno eligieron la alcaldía con la lluvia ácida que tiene mayor concentración de iones H ⁺ , a partir de distinguir valores de pH.

N° de pregunta	Nivel avanzado	Nivel intermedio	Nivel novato
4	Los cuatro integrantes del equipo reconocieron la disolución más ácida a partir de diferenciar y comparar los valores numéricos de pH.	Tres o dos alumnos del equipo reconocieron la disolución más ácida a partir de diferenciar y comparar los valores numéricos de pH.	Uno o ningún alumno reconocieron la disolución más ácida a partir de diferenciar y comparar los valores numéricos de pH.
5	Los cuatro integrantes del equipo identificaron que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse a partir de diferenciar valores de pH.	Tres o dos alumnos del equipo identificaron que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse a partir de diferenciar valores de pH.	Uno o ningún alumno identificaron que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse a partir de diferenciar valores de pH.
6	Los cuatro integrantes del equipo identificaron el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico.	Tres o dos alumnos del equipo identificaron el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico.	Uno o ningún alumno identificaron el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico.
7	Los cuatro integrantes del equipo reconocieron de una ecuación de disociación a los iones que se producen, reconoce al ion hidróxido y lo nombraron correctamente.	Tres o dos alumnos del equipo reconocieron de una ecuación de disociación a los iones que se producen, reconoce al ion hidróxido y lo nombraron correctamente.	Uno o ningún alumno reconocieron de una ecuación de disociación a los iones que se producen, reconoce al ion hidróxido y lo nombraron correctamente.

Tabla 24. Nivel de logro que alcanzaron los equipos de la ENP N°6 en cada pregunta del examen final del ABP.

Equipo	Nivel en la pregunta 1a	Nivel en la pregunta 1b	Nivel en la pregunta 2	Nivel en la pregunta 3	Nivel en la pregunta 4	Nivel en la pregunta 5	Nivel en la pregunta 6	Nivel en la pregunta 7
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

A partir de la información de la Tabla 24 se puede decir lo siguiente:

Para este trabajo de tesis se considera que las actividades propuestas fueron adecuadas cuando el 80% de los equipos alcanzaron un nivel avanzado en cada una de las preguntas. Si menos del 75% de los equipos alcanzaron un nivel avanzado en cada una de las preguntas, entonces se necesita identificar qué actividades se pueden mejorar en cada uno de los pasos del ABP.

- * La pregunta 1a demuestra que el 66.6% de los equipos logró un nivel avanzado en la metodología de ABP propuesta en esta tesis. Esta pregunta fue desarrollada durante los pasos 3-7 del ABP, durante esta metodología los alumnos tenían que ir reconociendo la necesidad de conocer el valor del pH de la lluvia ácida, así como indagar acerca de dicho valor, posteriormente, en el paso 7 los equipos usaron dicho valor para elaborar una conclusión al agricultor. Sin embargo, el 33.4% de los equipos no logró un nivel avanzado, se quedaron en un nivel intermedio. Lo que nos deja ver que hacen falta más actividades en los pasos 3-7 de la metodología del ABP para que una mayor cantidad de alumnos reconozca el valor numérico del pH de la lluvia ácida y puedan diferenciarlo de otros valores.
- * En la pregunta 1b se logró que el 83.3 % de los equipos alcanzara un nivel avanzado y sólo el 16.7% de los equipos alcanzó un nivel intermedio. Esto quiere decir que la mayoría de los equipos reconoce las fórmulas de los óxidos de azufre y nitrógeno implicados en la formación de la lluvia ácida. Esta pregunta fue desarrollada en los pasos 3-5 del ABP, donde los equipos tuvieron que reconocer que tenían que analizar el pH de la lluvia e investigar las causas de que el pH de la lluvia se altere; datos de la contaminación en Veracruz; así como las fórmulas químicas de los contaminantes implicados en la formación de la lluvia ácida.
- * En la pregunta 2 se logró que el 83.3 % de los equipos alcanzara un nivel avanzado y sólo el 16.7% de los equipos alcanzó un nivel intermedio. Es decir, el 83.3% de los equipos identifica el pH de un ácido y una base a partir de reconocer las diferencias en la coloración del indicador. Esta pregunta fue desarrollada en el paso 5 del ABP, donde los equipos propusieron verificar las características ácidas del dióxido de azufre al reaccionar con agua usando indicador universal para diferenciar a la sustancia ácida, por medio del cambio en la coloración.
- * La pregunta 3 demuestra que el 33.3 % de los equipos alcanzó un nivel avanzado y el 66.7% de los equipos alcanzó un nivel intermedio. Estos resultados demuestran que los equipos no lograron elegir la Alcaldía de la Ciudad de México con la lluvia ácida que tiene mayor

concentración de iones H^+ , a partir de distinguir valores de pH. Esto se debe a que los equipos no reconocieron la relación del pH con la concentración de iones H^+ a partir de conocer la ecuación que permite calcular el pH a partir de la concentración de iones H^+ . Esto puede deberse a la carencia de una comprensión básica de los logaritmos y otras herramientas matemáticas, tales como dimensionar la magnitud y el sentido físico de números como 10^{-7} (Watters y Watters, 2006; Furió *et al.*, 2007). Burton (2007) menciona que la definición de pH de 1909 de Sørensen, en la cual el pH se define en términos de las concentraciones molares como $pH = -\log [H^+]$, es la más utilizada en los salones de clase, sin embargo, los alumnos no reconocen el significado de esta.

"No sé realmente que es log, sólo sé dónde está la tecla sobre mi calculadora", refleja la reconocida incompreensión de los estudiantes de bachillerato con respecto a las funciones exponenciales y logarítmicas, y su incapacidad para efectuar un simple cálculo de logaritmos sin una calculadora. Dependen de su calculadora para generar números que no tienen un significado real para ellos, con ideas desconectadas a otros conceptos relevantes, relatando los hechos de memoria. Manifiestan un conocimiento fragmentario y superficial de los conceptos involucrados en el tema, reduciéndolos con frecuencia a la búsqueda y aplicación de una fórmula, lo cual se añade a la carencia de una comprensión básica de los logaritmos y otras herramientas matemáticas, tales como dimensionar la magnitud y el sentido físico de números como 10^{-7} (Watters y Watters, 2006).

- * La pregunta 4 demuestra un buen nivel de logro para los equipos bajo esta metodología de ABP, esto debido a que el 100 % de los equipos logró alcanzar el nivel avanzado. Esta pregunta fue desarrollada en el paso 5 del ABP, lo que se pretendía era que los equipos reconocieran el pH de la lluvia de Don Genaro, el cual corresponde a el valor numérico del pH de la lluvia ácida.
- * La pregunta 5 demuestra que el 75 % de los equipos logró alcanzar un nivel avanzado bajo esta metodología de ABP. Esta pregunta fue desarrollada en el paso 5 del ABP, donde se pretendía que los equipos reconocieran las causas de la coloración en la planta del perejil con la lluvia, el valor numérico del pH de la lluvia y saber si la acidez afecta el cultivo de perejil. Como se puede observar en la Tabla 22, el 25 % de los equipos se quedó en un nivel intermedio debido a que algunos integrantes del equipo no alcanzaron el nivel deseado.

- * Las preguntas que resaltan por su color rojo en todos los equipos fueron la 6 y 7. Estas preguntas demuestran que el 100% de los equipos alcanzaron un nivel novato porque no lograron identificar el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico, ni reconocieron de una ecuación de disociación a los iones que se producen, ni al ion hidróxido. En la metodología del ABP estas preguntas se desarrollaron en el paso 4, lo cual deja ver que se debió enfatizar a la identificación de dichos iones para así lograr un nivel avanzado en los equipos.

Las conclusiones, a partir del análisis cualitativo, de las respuestas que dieron los estudiantes, en los instrumentos que indagaban acerca de los conceptos de ácido, base, oxiácidos, pH, y uso de la escala de pH, son las siguientes:

- * Por medio de una rúbrica, diseñada para este trabajo a partir de los objetivos de aprendizaje planteados para cada paso del ABP (Tabla 8), se categorizaron tres niveles de logro.
- * Las redes semánticas construidas con ATLAS.ti7, permitieron ubicar las respuestas de los estudiantes en el nivel de logro correspondiente para relacionar y reconocer el problema con el valor numérico del pH, lluvia ácida, fórmulas de óxidos de azufre y nitrógeno, y cambio de coloración de las plantas de perejil cuando son regadas con una sustancia ácida.
- * Se consideró un nivel avanzado para aquellos equipos que pudieron reconocer y relacionar el problema con los conceptos de pH, lluvia ácida, óxidos de la lluvia ácida, cambio de coloración de las plantas de perejil cuando son regadas con una sustancia ácida. Además, reconocieron que tenían que analizar: el pH de muestras de la lluvia, muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado. También, para los que lograron conectar la información obtenida de la experimentación de simular la lluvia ácida con vinagre y regar así a las plantas de perejil, con los conceptos ya mencionados, igualmente un nivel avanzado se define para los alumnos que utilizaron el concepto de pH en sus videos para dar una solución a los agricultores.
- * Se consideró que un nivel intermedio se define para los equipos que no reconocen que requieren saber más información o experimentar para resolver el problema.
- * Se consideró un nivel novato para los equipos que no reconocieron que desconocían datos para solucionar el problema y afirmaban que ya se podía solucionar el problema con la información que habían indagado hasta el paso 4 del ABP. Además, los equipos no reconocieron que tenían

que analizar: el pH de la lluvia, muestras de perejil que no estuviera dañado y muestras de perejil dañado y muestras de lluvia.

A partir del análisis de las respuestas, de los equipos, en el instrumento final (examen final de opción múltiple) de la propuesta didáctica y de cuantificar las respuestas se concluye que:

- * El 66.6% de los equipos logró reconocer la necesidad de conocer el valor del pH de la lluvia ácida, así como indagar acerca de dicho valor, posteriormente, en el paso 7 del ABP los equipos usaron dicho valor para elaborar y comunicar una conclusión al agricultor.
- * El 83.3 % de los equipos reconoce las fórmulas de los óxidos de azufre y nitrógeno implicados en la formación de la lluvia ácida. Esta pregunta fue desarrollada en los pasos 3-5 del ABP, donde los equipos tuvieron que reconocer que tenían que analizar el pH de la lluvia e investigar las causas de que el pH de la lluvia se altere; datos de la contaminación en Veracruz; así como las fórmulas químicas de los contaminantes implicados en la formación de la lluvia ácida.
- * El 83.3 % de los equipos identificó el pH de un ácido y una base a partir de reconocer las diferencias en la coloración del indicador. Esta pregunta fue desarrollada en el paso 5 del ABP, donde los equipos propusieron verificar las características ácidas del dióxido de azufre al reaccionar con agua usando indicador universal para diferenciar a la sustancia ácida, por medio del cambio en la coloración.
- * El 75 % de los equipos logró identificar que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse, a partir de determinar y diferenciar valores de pH de las hortalizas. Esta pregunta fue desarrollada en el paso 5 del ABP, donde se pretendía que los equipos reconocieran las causas de la coloración en la planta del perejil con la lluvia, el valor numérico del pH de la lluvia y saber si la acidez afecta el cultivo de perejil.
- * También se concluye que en la propuesta falta desarrollar el que el alumno identifique el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico; para que puedan reconocer en la ecuación de disociación a los iones, tanto al protón como al ion hidróxido. En la metodología del ABP estas preguntas se desarrollaron en el paso 4, lo cual deja ver que se debió enfatizar en la identificación de dichos iones.

CONCLUSIONES

Fue posible diseñar un problema sobre lluvia ácida para que los estudiantes pudieran proponer soluciones, y fue posible implementar la metodología de los siete pasos del ABP en el problema de lluvia ácida.

Para responder si a partir de la implementación de la didáctica de ABP, usando el contexto de lluvia ácida ¿es posible desarrollar una actitud positiva hacia la Química en los estudiantes de un curso de Química de la ENP, se puede decir que los resultados que arroja la prueba Likert de actitudes apuntan a que el ABP es una propuesta metodológica que puede ayudar a promover actitudes positivas hacia la química en los estudiantes. En particular, la afirmación de la prueba Likert: “siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad”, tuvo un aumento evidente en respuestas afirmativas, pasando del 4.3 al 23.9 % del total de estudiantes. También, “cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo”, que pasó del 4.3 de ítems positivos a 15.2 %. Y “estar en clase de química es una obligación” que pasó del 19.1 % de ítems negativos al 8.7 %. De esta forma, se observa que hubo más estudiantes que encontraron relación de la clase de química con son su vida cotidiana, aumentó la cantidad de estudiantes que sintieron emoción por entrar a clase y disminuyeron los que la sentían como una obligación.

Para responder ¿Qué conceptos de ácido-base, oxiácidos, y pH, así como el uso de la escala de pH, construyen los estudiantes después de haber participado en la resolución del problema propuesto? Se diseñaron dos rúbricas, que categorizaron tres niveles de conocimientos y habilidades: nivel avanzado, nivel intermedio y nivel novato. Las redes semánticas construidas con ATLAS.ti7, permitieron ubicar las respuestas de los estudiantes en el nivel de logro correspondiente.

En conclusión:

- * El 66.6% de los equipos logró reconocer la necesidad de conocer el valor del pH de la lluvia ácida, así como indagar acerca de dicho valor, posteriormente, los equipos usaron dicho valor para elaborar y comunicar una conclusión al agricultor.
- * El 83.3 % de los equipos reconoce las fórmulas de los óxidos de azufre y nitrógeno implicados en la formación de la lluvia ácida.
- * El 83.3 % de los equipos identificó el pH de un ácido y una base a partir de reconocer las diferencias en la coloración del indicador

- * El 75 % de los equipos logró identificar que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse, a partir de determinar y diferenciar valores de pH de las hortalizas.

También se concluye que en la propuesta falta desarrollar que el alumno identifique al ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico, para que puedan reconocer en la ecuación de disociación a los iones, tanto al protón como al ion hidróxido.

PROPUESTAS

A partir de los resultados obtenidos y del análisis del instrumento final (Anexo) se proponen acciones en los pasos del ABP, donde el porcentaje de equipos que alcanzaron el nivel avanzado, deseado, fue menor al 80 %.

Las propuestas que se ponen aquí están basadas en las alternativas propuestas por diferentes autores. Por ejemplo, Caamaño (2004) menciona que una de las dificultades conceptuales de la química es la existencia de tres niveles de descripción de la materia: macroscópico (observacional), microscópico (atómico molecular) y representacional (símbolos, fórmulas, ecuaciones). Por ello, es importante establecer diferencias entre el mundo microscópico, el mundo macroscópico y la relación que se generan mediante sus interacciones. Otra de las alternativas que se ha considerado es la propuesta de Alvarado C. (2012) ya que menciona una alternativa para contrarrestar la dificultad al diferente significado de los términos ácido y base. Por ello, es importante mostrar a los alumnos que el comportamiento de un ácido o de una base es relativo a la clase de sustancia, a la forma en que reacciona con otra y al modelo seleccionado para explicarlo, que en esta propuesta se usó el de Arrhenius.

Además, es importante propiciar estrategias para que los estudiantes distingan entre modelos y realidad, al considerar que los modelos son representaciones parciales de ideas, objetos, eventos o procesos elaborados para un propósito específico y que son particularmente útiles cuando queremos explicar la naturaleza macroscópica en términos de la constitución submicroscópica de la materia (Coll *et al*, 2005).

La Tabla 25 muestra el nivel deseado para los estudiantes, los pasos del ABP en los que debe ser desarrollado el nivel deseado, el porcentaje de alumnos que alcanzó el nivel deseado y una propuesta, basada en los resultados que se obtuvieron, de cómo se puede incorporar en la metodología del ABP.

Tabla 25. Propuestas para incorporar en la metodología de ABP de acuerdo con el aprendizaje esperado en los estudiantes.

Pasos del ABP	Aprendizaje esperado en los estudiantes:	% de equipos que alcanzaron el aprendizaje esperado	¿Cómo lo incorporo en la metodología del ABP?
3-7	<p>Que el alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reconozca el valor numérico del pH de la lluvia ácida. 	66.6%	<p>Mi actividad podría ser enriquecida si los alumnos comparan los valores numéricos del pH del vinagre cuando lo hacen reaccionar con una disolución de hidróxido de sodio. A partir de diferenciar el valor numérico del pH del vinagre y del hidróxido de sodio, se propone que los alumnos vayan monitoreando el pH, con papel indicador, cada que se agrega cierta cantidad de la disolución de hidróxido de sodio; los alumnos registran los cambios en la coloración del papel indicador. A partir de esta información que los alumnos elaboren mapas conceptuales relacionados con la actividad de laboratorio. Así los alumnos observan directamente en el laboratorio y pueden ver claramente los cambios en los valores numéricos del pH.</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> Reconozca la región con la lluvia ácida que tiene mayor concentración de iones H^+, a partir de distinguir valores de pH. 	33.3 %	<p>Si se toma en cuenta el planteamiento anterior en este paso del ABP, se puede plantear una situación problema en la que se propicie un conflicto cognitivo que lleve a inferir al alumno qué fenómeno surgiría en la situación planteada. Por ejemplo: “Si</p>

Pasos del ABP	Aprendizaje esperado en los estudiantes:	% de equipos que alcanzaron el aprendizaje esperado	¿Cómo lo incorporo en la metodología del ABP?
	Que el alumno:		
			se agregan 15 mL de una disolución de hidróxido de sodio, ¿qué sucederá con el valor numérico del pH del vinagre? Además, se puede llevar a cabo una experiencia de laboratorio que muestre lo que ocurre con el pH del vinagre al agregar la cantidad de la disolución de hidróxido de sodio.
5	<ul style="list-style-type: none"> Identifique, a partir de diferenciar valores de pH, que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse. 	75 %	<p>Información en la literatura, poner un listado con ejemplos del pH óptimo para hacer crecer las hortalizas. ¿cuál es el valor del pH? ¿cuál es el valor recomendado?</p> <p>Ejercicio de reconocer valores de pH.</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> Identifique el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico. Reconozca de una ecuación de disociación a los iones que se producen, reconoce al ion hidróxido y lo nombra correctamente. 	0%	<p>A partir de la propuesta anterior se propone que los alumnos lleven a cabo una representación simbólica, que escriban la ecuación química que ocurre entre el ácido acético y el hidróxido de sodio.</p> <p>Los alumnos pueden llevar a cabo dicha actividad con material didáctico para que observen simbólicamente la presencia de iones H^+ y OH^-. Que identifiquen que cuando se unen dichos iones forman agua.</p>

A partir de los resultados y del análisis se hacen distintas propuestas de acuerdo con la metodología del ABP:

- * En los pasos 3-7 del ABP se requiere que los alumnos reconozcan el intervalo del valor numérico del pH de la lluvia ácida. Para que los alumnos alcancen el nivel deseado, se propone que durante estos pasos del ABP, los alumnos comparen los valores numéricos del pH del vinagre cuando lo hacen reaccionar con una disolución de hidróxido de sodio. A partir de diferenciar el valor numérico del pH del vinagre y del hidróxido de sodio, se propone que los alumnos vayan monitoreando el pH, con papel indicador, cada vez que se agrega cierta cantidad de la disolución de hidróxido de sodio; los alumnos registran los cambios en la coloración del papel indicador. A partir de esta información que los alumnos elaboren mapas conceptuales relacionados con la actividad de laboratorio. Así los alumnos observan directamente en el laboratorio y pueden ver claramente los cambios en los valores numéricos del pH.
- * Otro de los niveles deseados es que los alumnos reconozcan la región geográfica con la lluvia ácida que tiene mayor concentración de iones H^+ , a partir de distinguir valores de pH. Por lo que se propone plantear una situación problema en la que se propicie un conflicto cognitivo que lleve a inferir al alumno qué fenómeno surgiría en la situación planteada. Por ejemplo: “Si se agregan 15 mL de una disolución de hidróxido de sodio, ¿qué sucederá con el valor numérico del pH del vinagre? Además, se puede llevar a cabo una experiencia de laboratorio que muestre lo que ocurre con el pH del vinagre al agregar la cantidad de la disolución de hidróxido de sodio.
- * Un nivel deseado para esta propuesta es que los alumnos identifiquen que las hortalizas requieren un pH ácido para cultivarse a partir de diferenciar valores de pH. Para lo cual se propone, que, a partir de la información de la literatura, se le muestre a los alumnos, con una lista, ejemplos del pH óptimo para hacer crecer las hortalizas y plantear una situación problema en la que se propicie un conflicto cognitivo que lleve a inferir al alumno qué fenómeno surgiría en la situación planteada. Por ejemplo: “Si se riega con una disolución de hidróxido de sodio con un pH de 10 una planta de tomate, ¿qué sucederá con la hortaliza? ¿cuál es el valor recomendado para regar tomate?
- * Otro de los aprendizajes esperados es que los alumnos identifiquen el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido carbónico. Aquí se propone cambiar el aprendizaje esperado y que los alumnos identifiquen el ion hidrógeno, a partir de escribir la ecuación de disociación del ácido acético y que identifiquen el ion hidróxido, a partir de escribir la ecuación de disociación del hidróxido de sodio. Además, se propone que con material didáctico como letras de foami o de algún otro material puedan representar dichos iones.

ANEXOS

Test actitudes hacia la química

Edad:

Elige con una X la respuesta que consideres

Test sobre mí interés hacia la química



Totalmente
de acuerdo



De acuerdo
en parte








Ni de acuerdo
Ni en desacuerdo



Desacuerdo
en parte



Total
desacuerdo

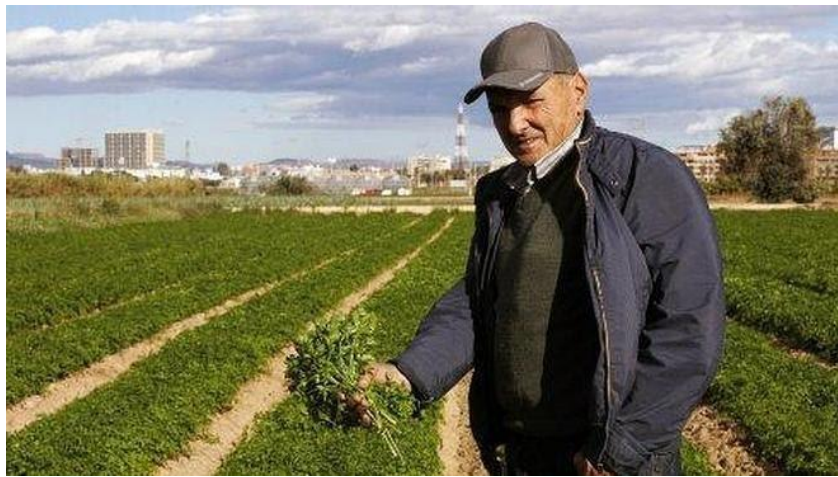
Aspectos	 Totalmente de acuerdo	 De acuerdo en parte	 Ni de acuerdo Ni en desacuerdo	 Desacuerdo en parte	 Total desacuerdo
1. Cuando se acerca la hora de química siento entusiasmo					
2. No sé para qué sirve la clase de química					
3. Siento agrado por la clase de química porque encuentro relación con mi cotidianidad					
4. Me desagrada consultar los temas relacionados con química					

5. Estar en clase de química es una obligación					
6. Dedico más tiempo a estudiar química que otras materias					
7. Me intereso por profundizar los temas vistos en química					
8. Para mí los conceptos y las teorías de química no tiene sentido					
9. La clase de química no es más que un compendio de fórmulas					
10. De la clase de química lo que más me gusta es ir al laboratorio					
11. Me suelo distraer y aburrir en la clase de química					
12. Para mí la química es más que una asignatura memorística					

El misterio con las plantas de perejil

Don Genaro López es un agricultor originario de Boca del Río, Veracruz. Él se dedica a la siembra de perejil en esa región, pero sus cosechas de perejil tuvieron un problema ahora que empezó la temporada de lluvias en agosto, ¡se echó a perder y no pudo venderla! Lo poquito que obtuvo, tuvo un aspecto putrefacto, o sea, las hojas de las plantas en vez de tener un color verde tenían un color que iba entre pardo y café.

Don Genaro muestra sus cultivos de perejil



Don Genaro tiene una hija, ella estudia veterinaria en la Universidad Veracruzana (UV) y preocupada por el problema de su papá consultó a un profesor de su clase; él le aconsejó que consultara a unos Químicos de la UNAM porque leyó un artículo en donde se contaba que habían estado midiendo la cantidad de lluvia y su pH, también le contó que en este trabajo los Químicos habían colaborado con el laboratorio de Ingeniería de la UV.

Entonces, Don Genaro decidió consultar a las personas del laboratorio para ver si le podían ayudar con su problema. Las personas que le atendieron casi todos eran Químicos; si fueras Don Genaro, ¿qué preguntas les harías?

Ustedes que son los alumnos del grupo 523 fueron elegidos para que puedan responderle a Don Genaro.

Con evidencias científicas y procedimientos experimentales podrán darle una respuesta a Don Genaro. **¡Ustedes serán los detectives investigadores!**

Instrumento 2: Descubriendo el misterio en las plantas de perejil



Química III
ENP N°6

Profesora que elaboró: **Fanny Oros Sánchez**

"Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo"

Benjamin Franklin

Integrantes del equipo:

Nombre del equipo:

Fecha:

Descubriendo el misterio en las plantas de perejil

1. ¿Qué harían para encontrar la solución al problema?
2. ¿Qué necesitan averiguar para resolver el problema? Enlisten los temas
3. ¿Cómo haremos para averiguarlo?
4. ¿Qué esperamos aprender?

Instrumento 3, 4 y 5: Descubriendo el misterio en las plantas de perejil



Química III
ENP N° 6

Profesora que elaboró: Fanny Oros Sánchez

“Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo”

Benjamin Franklin

Integrantes del equipo:

Nombre del equipo:

Fecha:

Fuente: Bello Silvia; Castillejos Adela; Irazoque Glinda et al. (...). A ciencia cierta... La lluvia ácida. ADN editores.

1. ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema?
2. ¿Por qué la gente debería conocer los hechos que han seleccionado?
3. ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema?
4. ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos importantes para resolver el problema?
5. ¿Se puede resolver ya el problema? ¿por qué sí o por qué no?

Fuente: Ariza Águila L. E. (2018). Mediciones de lluvia ácida en el campus Mocambo- U.V. y municipio de Boca del Río, Ver. Instituto de Ingeniería, UV.

1. ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema?
2. ¿Por qué la gente debería conocer los hechos que han seleccionado?
3. ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema?
4. ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos importantes para resolver el problema?
5. ¿Se puede resolver ya el problema? ¿por qué sí o por qué no?

Fuente: Córdoba, F. J.L. (1990). Ácidos y bases: la química en la cocina. Revista Ciencias UNAM. vol. 1, N. 18, pp. 17-21.

1. ¿Pueden reconocer los hechos, en esta lectura, que les ayudan a resolver el problema?
2. ¿Por qué la gente debería conocer los hechos que han seleccionado?
3. ¿Por qué creen que eso es importante para resolver el problema?
4. ¿Cómo se les ocurre que podrían usar esos hechos importantes para resolver el problema?
5. ¿Se puede resolver ya el problema? ¿por qué sí o por qué no?

Instrumento 6: Identificando el misterio en las plantas de perejil



Química III

ENP N°6

Profesora que elaboró: Fanny Oros Sánchez

"Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo"

Benjamin Franklin

Integrantes del equipo:

Nombre del equipo:

Fecha:

1. ¿Qué sustancias han identificado en las lecturas? Escriban las fórmulas químicas.
2. ¿Qué reacción de las que estuvieron revisando en las lecturas probarían en el laboratorio?
3. ¿Por qué podemos consumir vinagre en las ensaladas y no podemos consumir ácido sulfúrico?
4. ¿Cómo representan en una ecuación química que el ácido sulfúrico es ácido basándose en el modelo de Arrhenius?
5. ¿Cómo representas el ácido acético, presente en el vinagre, basándose en el modelo de Arrhenius?
6. ¿Cuál es el pH del vinagre?
7. ¿Qué relación tiene el pH del vinagre con el pH de la lluvia donde cultiva el perejil Don Genaro?

Instrumento final de opción múltiple



Química III

ENP N°6

Profesora que elaboró: Fanny Oros Sánchez

"Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo"

Benjamin Franklin

Instrucciones: lee cuidadosamente cada una de las preguntas y encierra en un óvalo con una pluma de color diferente a negro la respuesta que tú consideres.

1) Los científicos hablan de un problema relacionado con la lluvia ácida si el pH de la lluvia está por debajo de:

- a) pH= 5.6
- b) pH= 5.0
- c) pH= 4.6
- d) pH= 2.6

Esto debido a que:

- a. las actividades humanas son las únicas que provocan que la acidez de las precipitaciones aumente peligrosamente, esto es, su pH disminuye.
- b. el agua disuelve dióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera que genera ácido en disolución.
- c. la acidez depende de la región y no de los óxidos de azufre (SO_2, SO_3) y los óxidos de nitrógeno (NO, NO_2).
- d. la presencia de contaminantes en el aire como los óxidos de azufre (SO_2, SO_3) y los óxidos de nitrógeno (NO, NO_2) provocan que la acidez aumente.

2) El indicador rojo de metilo cambia de color de acuerdo con las propiedades ácidas o básicas de la disolución. La siguiente tabla muestra el comportamiento del rojo de metilo.

Color de la disolución	Intervalo de pH
rojo	0-4.4
amarillo	5-6.2

La siguiente tabla muestra los resultados de una práctica de laboratorio en donde se utilizó rojo de metilo como indicador para clasificar algunas sustancias de uso cotidiano.

Sustancias	Color de la disolución
Jugo de limón	rojo
Detergente	amarillo
Refresco	rojo
Mr Musculo destapacaños	amarillo

De acuerdo con la información anterior, los productos que pueden tener un pH básico son:

- a. jugo de limón y detergente
- b. detergente y refresco
- c. Mr musculo destapacaños y refresco
- d. Mr musculo destapacaños y detergente

3) La siguiente tabla muestra el valor del pH de la lluvia tomado en diferentes lugares de la Ciudad de México hace 20 años:

A partir del valor del pH de una disolución, se puede determinar la concentración de iones H^+ a partir de la siguiente ecuación:

$$H^+ = 10^{-pH}$$

Delegación	Gustavo A. Madero	Cuajimalpa	Xochimilco	Azcapotzalco
pH	6.6	3.5	5.0	2.9

De acuerdo con la tabla anterior, es correcto afirmar que el agua de lluvia que presentó la mayor concentración de iones H^+ es en la delegación:

- a. Gustavo A. Madero
- b. Cuajimalpa
- c. Xochimilco
- d. Azcapotzalco

4) Un estudiante mide el pH de cinco disoluciones y los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Disolución	pH
X	1.5
Y	2.4
W	5.5
Z	6.6
U	6.5

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede afirmar que:

- a) La acidez de W es mayor que X
- b) La disolución más ácida es U
- c) La acidez de X es menor que Z
- d) La disolución más ácida es X

5) Se considera que un suelo es cultivable si su pH oscila entre el 4.8 y 8.0. El pH del suelo depende de diversos factores; uno de ellos es la lluvia con la que son regados los suelos.

La alfalfa, la espinaca y la coliflor se deben cultivar en zonas donde la lluvia que riegue estos cultivos oscile entre 5.6. En cambio, cultivos como el trigo, maíz y tomate se deben cultivar en suelos ácidos. Por lo tanto, es posible afirmar que un pH:

- a. 8.0 es ideal para cultivar tomates
- b. 5.2 es recomendable para cultivar coliflor
- c. cercano a 7.0 son ideales para cultivar maíz
- d. 7.5 se recomienda para cultivar maíz, trigo y tomate

Instrucciones: a continuación, se muestran preguntas de respuesta libre donde tu descripción es muy importante y el uso de las palabras adecuadas es lo que se evaluará

5) A continuación se presenta la ecuación de disociación del hidróxido de potasio en agua:



Explica con tus propias palabras qué ocurre de acuerdo con el modelo de Arrhenius:

6) Durante la respiración celular se genera dióxido de carbono (CO₂) que se libera al torrente sanguíneo, donde puede reaccionar con agua para formar ácido carbónico (H₂CO₃) y contribuir al equilibrio ácido-base en nuestro cuerpo. El ácido carbónico se ioniza formando iones bicarbonato e hidrógeno, actuando como ácido de acuerdo con la teoría de Arrhenius. Escribe la ecuación de disociación del ácido carbónico de acuerdo con el modelo de Arrhenius:

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Alvarado, C. (2009). Concepciones alternativas detectadas en alumnos mexicanos de bachillerato sobre Acidez y Basicidad. Informe técnico CCADET/ESIE/08.
- Alvarado-Zamorano, C., Garritz, A., Guerra-Santos, G., Sosa, A. M. y de Teresa, C. (2011). Enseñanza y aprendizaje de ácidos y bases en contexto: acidificación de los océanos. *Educación Química Edu-Q*, 9, 4-12.
- Alvarado, C. (2012). *Secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre acidez y basicidad, a partir del conocimiento didáctico del contenido de profesores de bachillerato con experiencia docente*. Tesis de doctorado en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.
- Arredondo, M., Uribe M. y Wuest, T. (1974). Notas para un modelo de docencia. *Perfiles Educativos*, 3,3-27.
- Barrows H.S. (1996), Problem-Based learning in medicine and beyond: A brief overview. In Wilkenson L., Gijsselaers W.H. (eds) *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*, San Francisco: Jossey-Bass Publishers,3-12
- Bárcenas, S., Calatayud, M. L. y Furió, C. (1997). Dificultades en el aprendizaje y en la enseñanza de las reacciones ácido-base. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 167-168.
- Bardanca, M., Nieto, M. y Rodríguez, M. C. (1993). Evolución de los conceptos ácido-base a lo largo de la enseñanza media. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 125-129.
- Barral, A., Corominas, J., Gil, A. e Izquierdo, M. (1981). Jugando con indicadores. *Cuadernos de Pedagogía*, 81(10), p. 72.

- Barell, J. (2007). El aprendizaje basado en problemas: un enfoque investigativo. (4ª). *Buenos Aires: Manantial*.
- Becerra, R. D. (2014). Estrategia de aprendizaje basado en problemas para aprender circuitos eléctricos. *Innovación educativa*, 14(64), 73-99.
- Bello Silvia; Castillejos Adela; Irazoque Glinda et al. (2008). A ciencia cierta... La lluvia ácida. ADN editores.
- Bisquerra, R. y Pérez, N. (2007). Las competencias emocionales. *Educación XXI*, 10, pp. 61-82
- Borrachero, A. B. (2015). Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3)199-200.
- Borsese, A. (1992). Fuerza de los ácidos y de las bases y criterios de cálculo del pH. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), pp. 86-88.
- Burton R. (2007). Defining and teaching pH. *Journal of Chemical Education*, 84(7), 1129.
- Caamaño, A. (2011). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, (207), 17-21.
- Caamaño, Aureli (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12, 1, 8-20.
- Casado, M. (1998). Metacognición y motivación en el aula. *Revista de Psicodidáctica* (6). 99-107.
- Catebiel, Verónica. "Enseñanza de la química con un enfoque CTS: su vinculación con el cambio actitudinal de los estudiantes". *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología: TEΔ*. Vol. Extra, 2003. p 181-183.
- Chamizo, JA. (1995). Mapas conceptuales como una herramienta de investigación y evaluación en química, *Educ. quím.*, 6, 118.
- Chamizo, JA. (1997). Evaluación de los aprendizajes en química. Tercera parte: POE, autoevaluación, evaluación en grupo y diagramas de Venn, *Educ. quím.*, 8, 141.

- Cheung, D. (2009). Students' attitudes toward chemistry lessons. *Research in Science Education*, 39(1), 75-91.
- Chiu, M. H. (2007). A national survey of students' conceptions of chemistry in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 421-452.
- Castro Guío, M^a D. y García Ruiz, A. (2005). Investigación-acción en la enseñanza de problemas ambientales en secundaria: La lluvia ácida. *Enseñanza de las Ciencias*, n^o extra, VII Congreso.
- Cokelez, A. (2009). A comparative study of french and turkish students' ideas on acid-base reactions. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 102- 106.
- Córdoba, F. J.L.(1990). Ácidos y bases: la química en la cocina. *Revista Ciencias UNAM*. vol. 1, N. 18, pp. 17-21.
- Correa Z., María Elena y Castro Rubilar, Fancy y Lira Ramos, Hugo (2002). Hacia una conceptualización de la metacognición y sus ámbitos de desarrollo. *Horizontes Educativos*, (7), 58-63.
- Cros, D., Maurin, M., Amouroux, R., Chastrette, M., Leber, J. y Fayol, M. (1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the notions of acid and bases. *European Journal of Science Education*, 8(3), 305-313.
- Dávila Acedo, M.A.; Borrachero Cortés, A.B.; Brígido Mero, M.; Costillo Borrego, E. (2014). Las emociones y sus causas en el aprendizaje de la física y la química. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(4), 287-294.
- De Bueger, C. y Mabilie, A. (1989). The evolution in the meanings given by Belgian secondary school pupils to biological and chemical terms. *International Journal of Science Education*, 11(3), 347-362.
- De Manuel, E. (1997). Aprendizaje de los conceptos de ácido y de base en los niveles educativos primario y secundario, en Jiménez, R. y Wamba, A.M. *Avances en didácticas*

de las ciencias experimentales. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, pp. 207-214.

- De Manuel, E., Jiménez, M.R. y Salinas, F. (1998). Revisión bibliográfica sobre conceptos de los alumnos relacionados con los procesos ácido-base. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 11, pp. 61-72.
- De Manuel, E., Jiménez, M.R. y Salinas, F. (1999). Conceptos relacionados con los ácidos y las bases al nivel macroscópico: evolución histórica e ideas de los alumnos, en Martínez Losada, C. y García Barros, S. *La didáctica de las ciencias. Tendencias actuales*. La Coruña: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Coruña, pp. 359-368.
- Demircioglu, G., Ayas, A. y Demircioglu, H. (2005). Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(1), 36-51.
- Díaz Barriga, Frida y Gerardo Hernández (2002), *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*, México, Mc Graw-Hill.
- Duch, B. (1999). *Problems: A key factor in PBL*. Newark; DE: Center for Teaching Effectiveness of the University of Delaware. Disponible en línea: <http://www.Udel.edu/pbl/cte/spr99-phys.html>.
- Drechsler, M. y Van Driel, J. (2009). Teachers' perceptions of the teaching of acids and bases in Swedish upper secondary schools. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 86-96.
- Driver, R., Newton, P., y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms, *Science Education*, 84, 287-312.
- Escuela Nacional Preparatoria (s/f). Plan de Estudios. Química III. Disponible en http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto-2017/1501_quimica_3.pdf
- Flores, A. & Gómez, A. (2009). Aprender matemática, haciendo matemática: la evaluación en el aula. *Educación matemática*, 21(2), 117-142.

- Furió, C., Calatayud, M. L. y Bárcenas, S. (2000). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza de las reacciones ácido-base y dificultades de aprendizaje. *Revista Tecne, Episteme y Didaxis*, N° 7. Universidad Pedagógica Nacional. Santa Fe de Bogotá. Digitalizada por Red Académica.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria ¿alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 365-376.
- Galagovsky, L. R. (2007). Enseñar Química v/s Aprender Química: Una Ecuación que no está Balanceada. *Revista Química Viva*. ISSN:1666-7948 (6), 1-13
- Gómez, Bernardo. (2009). Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y educadores*, ISSN 0123-1294, N°. 8, 2005, pags. 9-20.
- Guerra, Guianeya; Alvarado, Clara; Zenteno-Mendoza, Blanca Estela & Garriz, Andoni. (2008). La dimensión ciencia-tecnología-sociedad del tema de ácidos y bases en un aula del bachillerato. *Educación química*, 19(4), 277-288.
- Hand, B. y Treagust, D. (1989). Student understandings of acids and bases: A two year study. *Research in Science Education*, 19, 133-144.
- Hawkes, S. (1994). Teaching the truth about pH. *Journal of Chemical Education*, 71(9), 747-749.
- Hernández, I., Suárez, J. & Navarro, M. (2016). Evaluación de las características del ABP en el programa de ingeniería de sistemas bajo la modalidad de educación a distancia. *Revista de Investigación Educativa*, 1(23), 167-189.
- Izquierdo, M. (2004). Un enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6), 115-136.
- Jiménez-Liso, M. R., De Manuel, E., González, F. y Salinas, F. (2000). La utilización del concepto de pH en la publicidad y su relación con las ideas que manejan los alumnos: aplicaciones en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 451-461.

- KindV.(2004). Más allá de las Apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. Capítulo 8. Ideas de los estudiantes sobre ácidos, bases y neutralización. México: Editorial Santillana, 89-95.
- Lee, J. & Weber, D. (1982). Effects of Sulfuric Acid Rain on Major Cation and Sulfate Concentrations of Water Percolating Through Two Model Hardwood Forests. *JournalofEnvironmentalQuality*Vol 11, No 1, p 57-64.
- Emilio López-Barajas Zayas (coord.). (2009). El paradigma de la educación continua. Reto del siglo XXI. Madrid: NarceaEdiciones / UNED, 179 págs.ISBN: 978-84-362-5916-2.
- Matus, Olga, Sylvia Palacios, Alejandro Soto yEduardo Fasce (2005), “Utilización delaprendizaje basado en problemas en la enseñanzade informática básica”, Revista Médica deChile, vol. 21.
- Martin, M.; Gómez, M.; y Gutiérrez M. (2000). La física y la química en secundaria.Madrid: Narcea S. A.
- Molina M.; Carriazo, J. y Farías, D. (2011). Actitudes hacia la química de estudiantes de diferentes carreras universitarias en Colombia. *QuímicaNova*, 34(9), 1672-1677.
- Mora, W. y Parga, D. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24. Pp. 56 – 81.
- Moust, Jost, Bouhuijs, Peter y Schmidt. (2007), “El Aprendizaje Basado en Problemas: guía del estudiante”, Ediciones de la Universidad de Castilla La mancha, Madrid, Capitulo, pag.18 – 22.
- Nakamatsu J. (2012). *Reflexiones sobre la enseñanza de la Química*. En Blanco y Negro, 3(2), 38-46.
- Nakhleh, M. B. y Krajcik, J. S. (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students’ understanding of acid, base, and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1077-1096.

- Núñez, J., González, J., García, M., González, S., Roces, M., Álvarez, L. & González, M.C. (1998). Estrategias de aprendizaje, autoconcepto y rendimiento académico. *Psicothema*, 10 (1), 97-109.
- Orozco Berrenetxea, C.; Pérez Serrano, A.; González Delgado, Ma.; Rodríguez Vidal, F y Alfayate Blanco, J. Contaminación ambiental. Una visión desde la química (2004). Ed. Thomson, Paraninfo, S.A., 349.
- Orts, M. et al. (2012c). La implementación y transferibilidad del ABP. *Aula de innovación educativa*, 216, pp. 24-28.
- Pantoja Castro, Julio César y Covarrubias Papahiu, Patricia (2013). La enseñanza de la biología en el bachillerato a partir del aprendizaje
- Paris, M. (1989). Esquemas conceptuales basado en problemas (ABP). *Perfiles Educativos*, XXXV (139), 93-109. en torno a los ácidos y las bases. Implicaciones de la instrucción en el proceso evolutivo de estos conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra (III Congreso), tomo 2, pp. 290-293.
- Poot-Delgado, Carlos Antonio (2013). Retos del aprendizaje basado en problemas. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 18 (2), 307-314.
- Pozo, J.I., Sanz, A., Gómez Crespo, M.A. y Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, pp. 83-94.
- Pozo, J.I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, adónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, pp. 18-26.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M. y Sanz, A. (1990). Bases psicopedagógicas para la elaboración de un currículo en ciencias: química. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Psicología.

- Sanmartí, N. y Tarin, R. (1999). Valores y actitudes: ¿se puede aprender ciencias sin ellos? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 6(22), 55-65.
- Santos, José & Cardona, Sindy. (2015). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): el "problema" como parte de la solución.
- Sola, C., M. Porres, R. Gentil, L. Epstein, G. Lapuente, S. Limón, F. Sierra, J. Neri, M. McCoy, J.R. Álvarez, I. Delgado y F. Illescas (eds.) (2006). Aprendizaje basado en problemas. De la teoría a la práctica. México: Trillas.
- Sonsoles Fernández (2011). La autoevaluación como estrategia de aprendizaje. *Revista de Didáctica Ele*, 13, 1885-2211.
- Stumm, W, Laura S, y Jerald L. S, (1987). *Aquatic Chemistry of Acid Deposition. Environmental Science & Technology*, Vol. 22.
- Ramos Mejía, Aurora (2020). ¿Cómo se puede usar el celular como pretexto para enseñar la Tabla Periódica? *Educación Química*. Vol 31(1), 49-61.
- Reyes, María S. y Porro, S. (2016). Actitudes hacia la química de los estudiantes de biología: una reflexión sobre su evolución desde química general e inorgánica a química biológica. *Aula Universitaria*, 18, 171-176.
- Rizzotto, M.; Leiva, M.; Bottai, H.; Fica, R. y Drogo, C. (2012). Significatividad de los Contenidos de Química General e Inorgánica (QGI) Para Alumnos de 4º Año de Farmacia de la Universidad Nacional de Rosario. Una Primera Aproximación. *Educación en la Química*, XV REQ, 97-101.
- Ross, B. y Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: a study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 13(1), pp 11-23.
- Ruiz Carrillo, Edgardo y Estrevel Rivera, Luis Benjamín (2010). Vigotsky: la escuela y la subjetividad. *Pensamiento Psicológico*, 8 (15), 135-145.

- Ruíz Loyola B., Segura D., García González G., Ramírez Montes de Oca P., García R. T. (1997). Una experiencia sencilla para un fenómeno complejo. *Educación química*. 8(3), 168-170.
- Schwartz, S. E. (1989). "AcidDeposition: Unraveling a Regional Phenomenon". *Science*243: 753–761.
- Smith, W.H. (1991). *Chemical &EngineeringNews*,, 30-43
- Tobón, S., Pimienta, J., & García Fraile, J. (2010). *Secuencias didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson.
- Toplis, R. (1998). Ideas about acids and alkalis. *SchoolScienceReview*, 80(291), 67- 70.
- Torp L.; Sage S. (1998). *Problems as possibilities. Problem-Based Learning for K-12 Education*. AssociationforSupervision and CurriculumDevelopment (ASCD).
- Valverde, Gregorio Jiménez; Jiménez, Rosa Llobera; Viza, Anna Llitjós. La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. En: *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 2006, vol. 24, no 1, p. 59-70.
- Vázquez Alonso, A y Manassero Mas, M.A.(2009). La relevancia de la educación científica:actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanzadelas Ciencias*, 27(1), 33-48.
- Vázquez, Ángel y Manassero, M^a Antonia (2012). Secuencias de enseñanza-aprendizaje CTS contextualizadas en química del proyecto EANCYT. *Educación Química EduQ*, 11, 32-39.
- Vázquez-González, Carlos (2004). Reflexiones y ejemplos de situaciones didácticas para una adecuada contextualización de los contenidos científicos en el proceso de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (3), 214-223.
- Villalobos, D. Áviña, P. &Olivales, O. (2016). Aprendizaje basado en problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21 (69), 557-581.

- Watters, D. y Watters, J. (2006) Student understanding of pH. "I don't know what the log actually is, I only know where the button is on my calculator". *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 34(4), 278-284.
- Whimbey, A. y Lochhead, J. (1993). *Comprender y resolver problemas*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- Wood, Diana. (2003). *Abc Of Learning And Teaching In Medicine: Problem Based Learning*. *British Medical Journal - BMJ*. 326. 328-330.
- Zambrano, C. (2016). Autoeficacia, prácticas de aprendizaje autorregulado y docencia para fomentar el aprendizaje autorregulado en un curso de ingeniería de software. *Formación Universitaria*, 9 (13), 51-60.