

## *Investigación en didáctica de la Química*

### **REPRESENTACIONES MENTALES DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS REFERIDAS A FENÓMENOS DE ÓXIDO-REDUCCIÓN**

Sandra Vazquez<sup>1</sup>, Ximena Erice<sup>2</sup>, Nora Nappa<sup>1</sup>

*1- Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Departamento de Física y de Química, Argentina.*

*2- Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.*

E-mail: [sandravazquez88@gmail.com](mailto:sandravazquez88@gmail.com)

Recibido: 19/06/2025. Aceptado: 07/01/2026.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/a4i6aqx1>

**Resumen.** El estudio tuvo como objetivo indagar las representaciones mentales de estudiantes del profesorado en Química sobre fenómenos que involucran transferencia de electrones, considerando las dimensiones de Johnson-Laird. Se realizó una investigación cualitativa, de paradigma interpretativo y diseño no experimental descriptivo, mediante un estudio de caso con nueve estudiantes de segundo año de la Universidad Nacional de San Juan. Se utilizaron un cuestionario validado por expertos y una entrevista no estructurada, complementados con observaciones experimentales. Los resultados muestran que los estudiantes elaboran representaciones proposicionales, imágenes y modelos mentales que resultan funcionales para la explicación de fenómenos de óxido-reducción, con algunas dificultades para establecer inferencias, relacionar teoría y práctica. Además, evidencian escasa apropiación del lenguaje gráfico y persistencia de concepciones alternativas. Se concluye que es necesario implementar estrategias didácticas que favorezcan aprendizajes significativos y la generación de modelos mentales más cercanos al conocimiento científico.

**Palabras clave:** representaciones mentales, óxido-reducción, aprendizaje significativo, estudiantes universitarios.

#### **Mental Representations of University Students Regarding Oxide Reduction Phenomena**

**Abstract.** The study aimed to investigate the mental representations of pre-service Chemistry teachers regarding phenomena involving electron transfer, considering the dimensions proposed by Johnson-Laird. A qualitative study was conducted within an interpretive paradigm and a descriptive, non-experimental design, through a case study involving nine second-year students from the National University of San Juan. Data were collected through a questionnaire validated by experts and an unstructured interview, complemented by experimental observations. The results show that students develop propositional representations, images, and mental models that are functional for explaining redox phenomena, although they experience some difficulties in making inferences and relating theory to practice. Moreover, they display limited command of graphical language and the persistence of alternative conceptions. It is concluded that it is necessary to implement didactic strategies that promote meaningful learning and the construction of mental models more closely aligned with scientific knowledge.

**Keywords:** mental representations, oxide reduction, meaningful learning, university students.



## Representações mentais de estudantes universitários relacionadas a fenômenos de oxirredução

**Resumo.** O estudo teve como objetivo investigar as representações mentais de estudantes do curso de formação de professores em Química sobre fenômenos que envolvem transferência de elétrons, considerando as dimensões de Johnson-Laird. Foi realizada uma pesquisa qualitativa, de paradigma interpretativo e desenho não experimental descritivo, por meio de um estudo de caso com nove estudantes do segundo ano da Universidade Nacional de San Juan. Utilizaram-se um questionário validado por especialistas e uma entrevista não estruturada, complementados por observações experimentais. Os resultados mostram que os estudantes elaboram representações proposicionais, imagens e modelos mentais que se revelam funcionais para a explicação de fenômenos de oxirredução, com algumas dificuldades para estabelecer inferências e relacionar teoria e prática. Além disso, evidenciam baixa apropriação da linguagem gráfica e persistência de concepções alternativas. Conclui-se que é necessário implementar estratégias didáticas que favoreçam aprendizagens significativas e a geração de modelos mentais mais próximos do conhecimento científico.

**Palavras-chave:** representações mentais, oxirredução, aprendizagem significativa, estudantes universitários.

## INTRODUCCIÓN

El fenómeno de óxido-reducción es un concepto importante en la química, permite comprender la caracterización de especies químicas, la determinación precisa de concentraciones, la identificación de compuestos, el estudio de equilibrios y la operación de técnicas analíticas avanzadas. Este fenómeno que implica transferencias de electrones requiere por parte de los estudiantes, el dominio de lenguaje técnico, de conceptos básicos y abstractos, además de requerir su capacidad para relacionar el mundo macroscópico percibido con el mundo submicroscópico.

Es notable que aún después de que los estudiantes han cursado materias básicas de nivel universitario, al retomar el tema de óxido-reducción en los años subsiguientes, siguen subsistiendo conceptos erróneos, lo que demuestra que no hubo un aprendizaje significativo. Chonillo-Sislema et al. (2024) menciona que la enseñanza de la Química, siempre ha enfrentado dificultades tanto desde el plano pedagógico como en el didáctico debido a la escasa aplicación de metodologías que permitan a los estudiantes desarrollar, de forma estructurada, coherente y confiable, representaciones mentales que favorezcan la comprensión y apropiación de los conceptos fundamentales de esta ciencia.

Durante décadas, diversas investigaciones han centrado su atención en la comprensión de los procesos cognitivos vinculados con el aprendizaje de las Ciencias, adquiriendo especial relevancia los marcos teóricos próximos al subparadigma computacional, entre ellos la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Otero, 1999).

Identificar los obstáculos epistemológicos, didácticos y conocer las representaciones mentales puede ser el camino para construir un conocimiento científico y lograr de esta manera un aprendizaje con significado, con comprensión, con capacidad de explicar, con capacidad de transferencia (Moreira, 2000).

El objetivo del presente trabajo es indagar las representaciones mentales en estudiantes de nivel universitario, del profesorado de Química, sobre

fenómenos que involucren transferencia de electrones, esto va a permitir conocer los esquemas internos que los alumnos generan sobre un determinado fenómeno. También qué tan cercanos se encuentran los mismos del conocimiento científico, otorgando de esta manera herramientas al docente para que busque diversas metodologías que logren modificar esas representaciones erróneas, en sus estudiantes. De esta manera se logrará generar modelos mentales más cercanos al conocimiento científico y contribuir a la formación de futuros docentes.

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Comprender una teoría científica implica que el alumno pone en juego su capacidad para formar modelos que incluyan las relaciones fundamentales de la teoría a través de las cuales puedan explicar y predecir diferentes fenómenos de acuerdo a las concepciones científicamente aceptadas (Greca y Moreira, 1996).

Otero (1999), retomando los planteamientos de Johnson-Laird (1996), sostiene que el sistema cognitivo humano es capaz de realizar razonamientos lógicos sin recurrir necesariamente a reglas formales de la lógica. Asimismo, plantea que las personas no perciben el mundo de manera directa, sino que construyen representaciones internas de él. En este sentido, la percepción se concibe como la elaboración de un modelo del mundo, lo que imposibilita una comparación directa entre dicha representación y la realidad. Desde el enfoque de la ciencia cognitiva, comprender un fenómeno implica la construcción de un “modelo de trabajo” con poder explicativo y predictivo suficiente para permitir al sujeto entender un determinado fenómeno. En consecuencia, la comprensión de un concepto o fenómeno supone la existencia de una “representación mental” que actúa como modelo de dicha entidad.

Ocanto Silva (2009) menciona que una imagen mental puede definirse como una representación interna originada a partir de la percepción o del recuerdo de una experiencia, ya sea esta real o imaginada. Se trata de una construcción sensorial y perceptiva elaborada por el cerebro, que se manifiesta en la mente y se distingue por la multiplicidad de sus formas de expresión y significados.

Las representaciones mentales juegan un papel fundamental en los procesos de cognición, dado que estas son intermediarias entre el sujeto y su entorno. La construcción del conocimiento sucede a través de la elaboración de diferentes representaciones internas que van formando parte de un modelo mental, el cual permite predecir y explicar el entorno que rodea al sujeto, en forma análoga y estructural al mundo que simbolizan (Rodríguez Palmero y Moreira, 2003).

La definición conceptual que presenta Johnson-Laird (1983) para el estudio de las representaciones mentales implica tres dimensiones, que existen en diferentes formas para codificar la información, estas son:

- Representaciones proposicionales: Son representaciones de significados, verbalmente expresables, cadenas de símbolos que corresponden al

lenguaje natural, exteriorizados a través de palabras, constructos y oraciones.

- Imágenes. Son representaciones específicas que retienen muchos de los aspectos perceptivos de determinados objetos o eventos, vistos desde un ángulo particular con detalles de una cierta instancia del evento u objeto. Son producto de la percepción de un sujeto, representando algunos aspectos, o en su totalidad, los fenómenos en estudio que pertenecen al mundo real.
- Modelos mentales. Son representaciones analógicas de conceptos, objetos o eventos que son espacial y temporalmente análogos a impresiones sensoriales, que pueden ser vistos de cualquier ángulo y que en general no retienen aspectos distintivos de una instancia dada de un objeto o evento.

Cada una de esas tres dimensiones se evidencian de diferentes formas, Matute et al. (2013) proponen una definición operacional que se detalla a continuación.

- Las representaciones proposicionales se evidencian a partir de las palabras, constructos y oraciones utilizadas por los estudiantes.
- Las imágenes se pueden visualizar a partir de ilustraciones o esquemas referidos al concepto en estudio.
- El modelo mental se pone en evidencia cuando el estudiante identifica o establece inferencias acerca del concepto en estudio.

## **METODOLOGÍA**







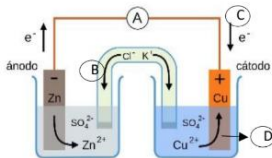
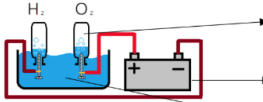
El presente trabajo es una investigación con enfoque cualitativo, bajo un paradigma interpretativo, con un diseño no experimental descriptivo a través de un estudio de caso. Hernández-Sampieri et al. (2014) mencionan que el propósito de este enfoque es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados. Desde la investigación educativa se busca interpretar y comprender los fenómenos educativos más que aportar explicaciones de tipo causal. En este caso se busca describir las representaciones mentales que tienen los estudiantes respecto al concepto de transferencia de electrones, concepto fundamental involucrado en el tema óxido-reducción.

Se seleccionó una muestra intencional compuesta por nueve estudiantes que cursan la asignatura Química Inorgánica de la carrera del Profesorado en Química de la Universidad Nacional de San Juan, correspondiente al segundo año de formación. Las entrevistas y el cuestionario fueron aplicados antes del abordaje del tema, considerando que los participantes habían cursado previamente Química General en el primer año y aprobado las evaluaciones correspondientes. Los nombres de los alumnos se han resguardado, cambiándolos por nombres de fantasía.

Para la realización del estudio se elaboró un cuestionario escrito compuesto por ocho ítems principales (con subítems), orientados a explorar los siguientes conceptos: procesos redox, transferencia de electrones, diferenciación entre una celda galvánica y una electrolítica, resolución de

ecuaciones redox y determinación del potencial de una celda (tabla 1). Dicho instrumento fue validado mediante juicio de expertos, aplicando el coeficiente de validez de contenido propuesto por Hernández-Nieto (Galicia Alarcón, Balderrama Trápaga y Edel Navarro, 2017). Participaron seis jueces, quienes

*Tabla 1. Cuestionario aplicado para indagar las representaciones mentales sobre procesos de óxido-reducción*

Ítem	Consigna
1	Menciona distintos procesos en los que hay transferencia de electrones o un proceso de óxido-reducción.
1.a	Explica con palabras y/o mediante una representación gráfica qué entiendes por transferencia de electrones.
2	Expresa con tus propias palabras qué representan los siguientes conceptos: oxidación, reducción y potencial redox.
3	Indica en cuál de los siguientes procesos estaría presente la transferencia de electrones. Marca con una cruz:
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Acción de respirar</p>  <p><input type="checkbox"/></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Manzana cortada</p>  <p><input type="checkbox"/></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Combustión del gas</p>  <p><input type="checkbox"/></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Reacción de un ácido con una base</p>  <p><input type="checkbox"/></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Formación de un precipitado</p>  <p><input type="checkbox"/></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Lata herrumbrosa</p>  <p><input type="checkbox"/></p> </div> </div>
4	Representa, a través de un gráfico, ilustración o esquema, un fenómeno o proceso en el que haya transferencia de electrones y explícalo.
	<p>Mirando los siguientes esquemas responde las preguntas.</p> <p>a) indica qué representa cada una de las letras (A, B, C y D); b) menciona qué tipo de energía se encuentra presente en el sistema.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  </div>
5	Observando el siguiente esquema: a) completa la figura;
	<p>b) menciona la diferencia que existe entre los procesos representados ambas figuras.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </div> </div>
6	Tacha lo que no corresponda: ¿número de oxidación es lo mismo que estado de oxidación? (Sí / No).
	Define: número de oxidación y estado de oxidación.
7	<p>Responde las siguientes consignas: a) ¿a través de qué ecuación se puede calcular el potencial de una celda?; b) define potencial estándar; c) marca con una cruz la ecuación que represente una ecuación redox</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>2NaOH + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O</p> <p>4Na + O<sub>2</sub> → 2Na<sub>2</sub>O</p> <p>2K + 2HNO<sub>3</sub> → 2KNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub></p> <p>CuCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>S → CuS + 2HCl</p> <p>2KClO<sub>3</sub> → 2KCl + 3O<sub>2</sub></p> </div> <div> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> </div> </div> <p>d) escribe dos hemirreacciones de las propuestas en el apartado anterior, colocando los electrones puestos en juego e indicando si se trata de una oxidación o una reducción.</p>
8	<p>Responde: a) ¿has rendido Química General? (Sí / No); b) ¿estudiaste el tema óxido-reducción en la escuela secundaria? (Sí / No); c) modalidad en la que cursaste. Marca con una cruz la opción que corresponda respecto del estudio de los temas mencionados: resultó fácil; resultó con dificultad media; resultó difícil; fue incomprensible.</p>

evaluaron los ítems considerando los criterios de suficiencia, claridad, coherencia y relevancia, utilizando una escala tipo Likert. El coeficiente de validez de contenido (CVC) fue de 0,88, lo que indica una validez y concordancia buenas.

Una vez confeccionado y validado, el cuestionario fue administrado a los estudiantes en una clase previamente definida, para su resolución individual. En la clase siguiente se realizaron entrevistas individuales de carácter no estructurado, organizadas a partir de las respuestas y producciones de cada estudiante durante el desarrollo de los ensayos experimentales propuestos. Las entrevistas fueron registradas mediante grabación de audio y, cuando fue pertinente, se solicitaron producciones escritas complementarias (gráficos, esquemas o ecuaciones), con el propósito de triangular la información obtenida.

El Ensayo 1 consistió en la reacción que se produce al colocar un clavo de hierro en ácido clorhídrico diluido (Figura 1).



*Figura 1. Ensayo 1: clavo de hierro (izquierda), clavo sumergido en solución de ácido clorhídrico (derecha)*

El Ensayo 2 consistió en la construcción de una pila utilizando un limón, una barra de cobre y una barra de magnesio, como electrodos, y un velocímetro sin baterías, para indicar el pasaje de corriente eléctrica (Figura 2). El propósito de esta experiencia fue que los estudiantes pudieran asociar la energía química generada con la energía necesaria para el funcionamiento del velocímetro. Esta actividad constituyó una adaptación de la propuesta de Orduna y Morrás (2013).



*Figura 2. Ensayo 2: pila constituida por un limón, una barra de cobre, una barra de magnesio y un velocímetro*

A partir de las explicaciones que dan los estudiantes sobre los ensayos se pretendió indagar sobre las representaciones mentales referidas a los siguientes contenidos disciplinares.

- Identificación de reacciones químicas con transferencia de electrones.
- Ganancia y pérdida de electrones.
- Diferencia entre número de oxidación y estado de oxidación.
- Interpretación de las reacciones óxido-reducción desde lo submicroscópico.
- Desde lo macroscópico, la relación entre los conceptos y fenómenos de la vida cotidiana.

Las dimensiones analizadas se pueden observar a partir de las producciones escritas registradas en el cuestionario, a través de las verbalizaciones e ilustraciones obtenidas mediante la entrevista no estructurada.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El estudio de las representaciones mentales se realizó teniendo en cuenta las tres dimensiones propuestas por Johnson-Laird (1983):

- Representaciones proposicionales
- Imágenes
- Modelos mentales

A continuación, dentro de cada dimensión analizada, se presentan únicamente ejemplos representativos del conjunto total del estudio realizado.

**Representaciones proposicionales:** Siete estudiantes presentan representaciones de tipo proposicional, las cuales se manifiestan mediante el uso de términos y expresiones verbales que evidencian la construcción de significados a partir del lenguaje. Estas representaciones se materializan en enunciados redactados coherentemente, en los que los estudiantes formulan definiciones y descripciones que reflejan su comprensión del fenómeno o tema en análisis.

Como ejemplo se cita algunos fragmentos tanto de la entrevista entre el profesor (P) y la estudiante (E) Ana, como del cuestionario.

Fragmento de respuestas sobre el Ensayo 1:

*P: ¿Qué observas?*

*E: Una solución transparente, hay burbujas que se desprenden del clavo*

*P: ¿De qué piensas que son las burbujas?*

*E: Vi en internet y era hidrógeno, pero no podría ser hidrógeno porque se desprenden del clavo (Figura 1)*

*P: ...y si no fuera hidrógeno, ¿qué sería?*

*E: electrones*

*P: ¿Hay electrones?*

*E: sí*

*P: ¿Dónde están los electrones?*

*E: En la reacción uno cede y otro acepta, el metal cede y se oxida, el ácido acepta y se reduce*

*P: ¿Por qué la solución se ve amarilla?*

*E: Tiene algo que ver el cloro, porque se está oxidando el clavo*

*P: ¿Qué sucede con el cloro?*

E: es lo que le da el color a la solución. El hidrógeno se libera en forma de burbuja porque está abierto

P: ¿Si el clavo estuviera en agua que sucedería?

E: No pasaría nada.

P: ¿Habría burbujas?

E: No habría burbujas.

P: ¿Qué sucedería con el clavo?

E: Se empezaría a oxidar porque está en contacto con el oxígeno del ambiente. No sería el mismo proceso o reacción, cambiaría la rapidez de la reacción.

Fragmento de respuestas sobre el Cuestionario de Ana:

Pregunta: Menciona distintos procesos en los que hay transferencia de electrones o un proceso de óxido – reducción.

Respuesta: Formación de sales binarias, óxidos.

Pregunta: Expresa con tus propias palabras lo que representan: oxidación – reducción- potencial redox.

Respuesta: Ox.: Proceso dónde se liberan electrones

Red.: Proceso dónde se aceptan electrones.

Potencial redox: no responde.

En este caso, en el Ensayo 1, se observa un conflicto cognitivo entre lo que lee en internet, lo que sabe y lo que realmente está visualizando del fenómeno, “Vi en internet y era hidrógeno, pero no podría ser hidrógeno porque se desprenden del clavo”. Por otro lado, en el cuestionario la estudiante logra definir los conceptos de oxidación y reducción; sin embargo, dichas definiciones evidencian un aprendizaje de carácter memorístico. Esto se observa al solicitarle ejemplos de fenómenos en los que se produce transferencia de electrones, ella, menciona situaciones en las que dicho proceso no interviene. Asimismo, no logra definir el concepto de potencial redox, cuya comprensión requiere un nivel de abstracción y complejidad mayor. En función de lo expuesto, puede afirmarse que la estudiante presenta una representación de tipo proposicional.

**Imágenes:** Teniendo en cuenta los tres instrumentos de investigación, en los cuales se les solicitaba esquematizar y/o graficar, distintos procesos, seis de ellos pudieron realizar una ilustración. Se citan algunos ejemplos.

Ej.1. La Figura (3) que se presenta a continuación es un diagrama sobre el ensayo 1, correspondiente a la entrevista no estructurada, en el cual Agustín realiza una ilustración de dicha experiencia, este no presenta explicaciones al momento de ser requeridas.

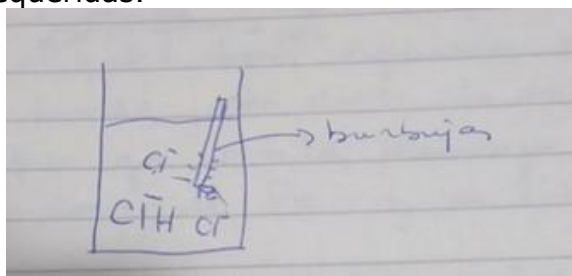


Figura 3. Gráfico realizado por Agustín referido al ensayo 1



Se observa el vaso en el que se encuentra la solución de ácido, el estudiante representa a través de símbolos los iones que provienen del ácido, no representa con símbolos el hierro, pero se visualiza el clavo y las burbujas que se desprenden del clavo.

Ej.2. La Figura 4, que corresponde a este ejemplo, sobre el Ensayo 2, se le solicita a Ana que grafique el ensayo del limón, ella realiza una analogía o trata de relacionarlo con las prácticas de laboratorio conocidas por ella, por lo que se presume que esquematiza una pila.

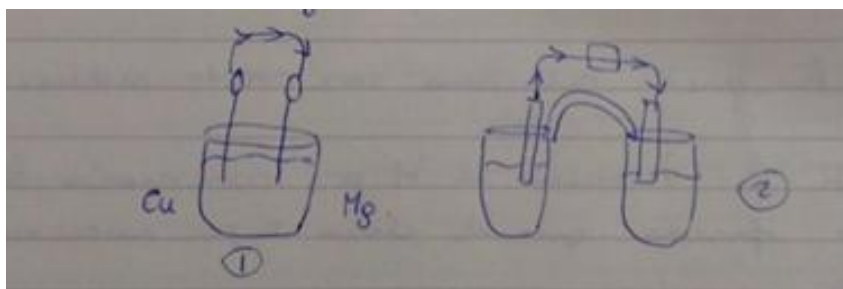


Figura 4. Gráfico realizado por Ana referido al ensayo 2

Se pregunta a Ana sobre cómo se transfieren los electrones, en el gráfico de la Figura 4, y menciona que el puente salino estaría "flotando", piensa y luego realiza un segundo dibujo (Figura 4) indicando que era una electrólisis, dibuja el puente salino e indica que eso faltaba en la experiencia. A continuación, se desarmó el dispositivo del limón, porque la estudiante pensaba que podía haber colocado un puente salino dentro de él.

Ej. 3. En este ejemplo se observa el gráfico que elaboró Elías (Figura 5), para representar el Ensayo 2 (Figura 2), la pila constituida por el limón, a dicho gráfico lo acompaña la siguiente explicación.

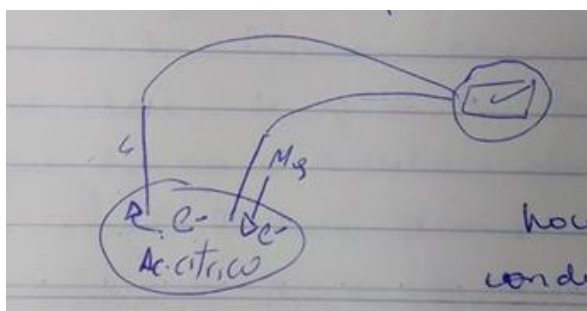


Figura 5. Gráfico realizado por Elías para referirse al ensayo 2

"Los electrones salen del magnesio que reacciona con el ácido cítrico y viajan hacia el cobre, luego pasan al cable conductor, encienden el velocímetro y vuelven al magnesio.

El circuito es finito, hasta que se oxide el magnesio. El magnesio se va a terminar de oxidar cuando se termine el ácido cítrico".

Los estudiantes pueden representar el proceso que transcurre en los ensayos visualizados a través de una imagen que contienen elementos propios de los fenómenos en estudio, pero no se observa una conceptualización clara.

**Modelos mentales:** Dos estudiantes lograron construir un modelo mental respecto del fenómeno de transferencia de electrones. Las representaciones mentales elaboradas les permitieron desarrollar un modelo de trabajo que facilita la explicación y la predicción de las situaciones planteadas en torno a dicho concepto. Como ejemplo se cita la respuesta de Andrés (Figura 6) a una de las consignas planteadas en el cuestionario, la misma se presenta a continuación.

Consigna: Representa a través de un gráfico, ilustración o esquema, un fenómeno o proceso en el que haya transferencia de electrones y explícalo.

La Figura 6 representa la respuesta del estudiante que fue acompañada de la siguiente explicación.



Figura 6. Gráfico realizado por Andrés como explicación de un proceso en el que hay transferencia de electrones

*"Es un proceso de frotamiento entre un paño de seda y una varilla de vidrio. Al frotar ambos cuerpos se genera una transferencia de electrones, donde el paño de seda queda con un exceso de electrones por ende va a estar cargado negativamente, mientras que la varilla de vidrio va a tener una deficiencia de electrones, quedando cargada positivamente".*

El mismo estudiante (E) responde en la entrevista que se le realizó durante el ensayo 1 lo siguiente:

*P: ¿Qué observas?*

*E: Observo un burbujeo alrededor del clavo, la solución por el momento incolora.*

*P: ¿Por qué piensas que surge ese burbujeo?*

*E: Pienso que tiene que ver con una reacción redox, dónde un elemento se reduce y otro se oxida, no recuerdo... un elemento gana electrones y otro los pierde.*

*Ahora lo que estoy notando es que está empezando a cambiar de color, a un tono más amarillento.*

*P: ¿De qué son las burbujas? (silencio) de que elemento, de que compuesto*

*E: Ya que el clavo es de hierro y está en ácido clorhídrico las burbujas deberían ser de cloruro férrico o ferroso.*

*P: ¿El color amarillento a que se deberá?*

*E: Es por la misma reacción, por lo que se forma, por los productos que se obtienen.*

*P: ¿Cuál de esos productos será?*

*E: Ahora estoy dudando, porque si uno de los productos es el cloruro férrico... el otro debería ser hidrógeno molecular. Ah, las burbujas son de hidrógeno.*

*P: ¿Hasta cuándo se va a producir la reacción?*

*E: Hasta que se agote uno de los dos reactivos y eso va a depender de la masa, tendríamos que ver el reactivo limitante y el reactivo en exceso.*

Se puede decir que Andrés tiene un modelo mental de los conceptos en estudio, ha logrado realizar inferencias, cuando no recordaba del todo los conceptos, relacionar con otros contenidos de química como son reactivo limitante y en exceso, relacionar con distintos fenómenos, no sólo del ámbito de la química, si no de la física como el caso que expone en su imagen.

Los resultados obtenidos se corresponden con los hallazgos reportados por Insausti et al. (2013), quienes señalan que el aprendizaje de los procesos redox presenta un alto nivel de complejidad. Las mayores dificultades se evidencian en la tendencia a asociar el término oxidación exclusivamente con la ganancia de oxígeno, en la confusión derivada del uso inadecuado del lenguaje específico de la química.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con los obtenidos por Matute et al. (2013) en el estudio sobre representaciones mentales en torno al concepto combustión. Se observa que en cuanto a las representaciones mentales construidas por los estudiantes, éstas les permitieron elaborar un modelo de trabajo acerca del concepto, porque poseían ideas previas que les permitieron explicar y predecir las situaciones planteadas, mientras que en aquellos casos en los que no se obtuvo respuesta, se puede decir que se agotó la funcionalidad de las representaciones utilizadas hasta entonces generada por conflictos cognitivos entre las ideas previas y el planteamiento por resolver.

## **CONCLUSIONES**

En términos generales, los estudiantes tienden a construir representaciones de tipo proposicional, limitadas a la descripción literal de los conceptos, estableciendo pocas inferencias que les permitan explicar los fenómenos observados. Esta dificultad evidencia la presencia de un conflicto cognitivo entre los saberes teóricos previamente estudiados y las situaciones experimentales propuestas, lo que obstaculiza la elaboración de respuestas conceptualmente correctas.

En esta investigación se advierte una tendencia recurrente en los estudiantes a mostrar cierta resistencia frente al uso de representaciones visuales como medio de expresión conceptual. Esta dificultad para proponer, elaborar o interpretar imágenes, ilustraciones o esquemas podría vincularse con una escasa apropiación del lenguaje gráfico en el ámbito científico. Las ilustraciones generadas tienden, por ello, a ser escuetas y poco explicativas. Sin embargo, cuando las representaciones son provistas por el docente, algunos estudiantes logran describirlas con mayor precisión, lo que sugiere que su comprensión mejora ante apoyos visuales guiados.

Algunos estudiantes tienen un modelo mental respecto del tema en estudio, pueden hacer inferencias, relacionar distintos fenómenos, no sólo del ámbito de la química, si no de la física y de la vida cotidiana.

A través del estudio de las representaciones mentales y en relación a los contenidos disciplinares se observa que los estudiantes:

- Definen la ganancia y pérdida de electrones como reducción y oxidación respectivamente.
- En la mayoría de los casos, mencionan ganancia y pérdida de electrones, no se evidencia un aprendizaje significativo desde el nivel microscópico.
- Presentan dificultad para identificar procesos químicos que involucren transferencia de electrones.
- Indican que número de oxidación y estado de oxidación, no es lo mismo, pero no pueden definirlos, ni diferenciarlos.
- En algunos casos, asocian el concepto de oxidación con la presencia de oxígeno.
- Los conceptos vinculados con el potencial de oxidación, no se encuentran plenamente comprendidos por los estudiantes. Esta dificultad podría atribuirse al grado de abstracción y complejidad que dichos conceptos implican, ya que requieren integrar nociones teóricas avanzadas y comprender procesos que no son directamente observables en la experiencia
- Tienen dificultades para asociar los conceptos adquiridos con distintos fenómenos de la vida cotidiana.

## **IMPLICANCIAS DIDÁCTICAS**

El estudio de las representaciones mentales, en este caso, permite identificar conceptos erróneos o incompletos que los estudiantes pueden tener sobre los procesos de oxidación y reducción, como así también su nivel de comprensión sobre el mismo, de esta manera el profesor podrá ajustar el contenido y dar un enfoque didáctico apropiado al grupo de alumnos.

Se deberían implementar estrategias didácticas que permitan trabajar cada uno de los conceptos que hacen al tema, en forma particular e independiente, para integrarlos posteriormente a través de fenómenos de la vida cotidiana.

Sería muy interesante que en estas estrategias se incluya el uso de simuladores de distintos niveles de comprensión y que presenten tanto actividades a nivel macroscópico como microscópico.

Es pertinente señalar la relevancia de los ensayos de laboratorio en el aprendizaje de la química, ya que constituyen espacios privilegiados de construcción activa del conocimiento donde el estudiantado enfrenta conceptos teóricos en contextos empíricos reales o simulados. A través de estas prácticas, los futuros formadores no solo observan fenómenos, sino que deben formular hipótesis, manipular materiales, analizar resultados y reflexionar sobre las discrepancias entre lo esperado y lo observado.

En este sentido, los trabajos prácticos experimentales permiten generar situaciones de aprendizaje significativo, favoreciendo la construcción de modelos mentales más cercanos a los científicos; además, resulta fundamental fomentar instancias de discusión en las que los estudiantes

puedan expresar y contrastar sus representaciones mentales, promoviendo la reflexión crítica y la reconstrucción de conceptos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chonillo-Sislema, L., Heredia-Gavin, D., Chayña-Apaza, J., Ramos-Pineda, Z. y Sánchez-Solórzano, J. (2024). Dificultades en el aprendizaje de química en el bachillerato, desde la opinión del alumnado y algunas alternativas para superarlas. *Revista Innova Educación*, 6(1), 71–88. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.01.005>
- Galicia Alarcón, L. A., Balderrama Trápaga, J. A. y Edel Navarro, R. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: Propuesta de una herramienta virtual. *Apertura*, 9(2), 42–53. <https://doi.org/10.32870/Ap.v9n2.993>
- Greca, I. y Moreira, M. A. (1996). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 95–108. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/648>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Insausti Orduna, L., Echeverría Morrás, J. (2013). Ver para creer: un nuevo enfoque en el aprendizaje de los procesos redox. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Núm. Extra, p. 1778–83. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307458>
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (1996). Images, models and propositional representations (pp. 90–127). En M. De Vega, M. J. Intons-Peterson, P. N. Johnson-Laird, M. Denis y M. Marschark (Eds.), *Models of visuospatial cognition*. Oxford University Press.
- Matute, S., Iglesias, P., Gutiérrez, O., Capote, T., Rojas, J. y Durán, R. (2013). Representaciones mentales en el aprendizaje del concepto combustión. *Educere*, 17(57), 309–318. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35630152015>
- Moreira, M. A. (2000). *Aprendizaje significativo*. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubesp.pdf>
- Ocanto Silva, I. (2009). La creación de imágenes mentales y su implicación en la comprensión, el aprendizaje y la transferencia. *Sapiens*, 10(2), 243–254. <https://revistas.upel.edu.ve/index.php/sapiens/issue/view/253>
- Orduna, L. I. y Morrás, J. E. (2013). Ver para creer: Un nuevo enfoque en el aprendizaje de los procesos redox. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1778–1783. <https://ddd.uab.cat/record/175352>

- Otero, M. R. (1999). Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(2), 93–119.  
<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/651>
- Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. (2003). Una aproximación cognitiva al aprendizaje del concepto "célula": Un estudio de caso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(2), 45–58.  
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4107>