



## EVALUACIÓN Y APRENDIZAJE BASADO EN HABILIDADES DE PENSAMIENTO EN UN CURSO DE LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL

Flor de María Reyes-Cárdenas<sup>1\*</sup>, Carlos Eugenio Cafaggi Lemus<sup>1</sup>, Mercedes Guadalupe Llano Lomas<sup>1</sup>

### Resumen

Este artículo presenta un instrumento de aprendizaje y evaluación para contextos educativos en el laboratorio de química, como un ejemplo específico de las habilidades de pensamiento requeridas dentro de este tipo de entornos.

En este documento se despliega una reflexión de las aportaciones de diversos investigadores, en las que se explicitan los tipos de pensamiento (orden inferior POI, orden superior POS y químico PQ) y, como contribución importante, se vinculan de forma lógica y con una propuesta integral los tipos de pensamiento, el desarrollo de las habilidades de pensamiento y las habilidades específicas para el Laboratorio de Química General que se busca desarrollar en los estudiantes. Hay una relación directa entre el conjunto de habilidades de pensamiento y el tipo de pensamiento en el que inciden, por lo anterior, al desarrollar o evaluar las habilidades, también se obtiene información sobre el nivel de desarrollo de cada tipo de pensamiento.

El instrumento que se presenta, el *Inventario de Habilidades para el Trabajo en Laboratorio de Química*, permite una vinculación entre la guía del aprendizaje del estudiante, la estrategia didáctica, la aproximación al conocimiento y, por lo tanto, el diseño de las evaluaciones de los estudiantes. Esta propuesta es útil para planificar actividades educativas que fomentan el desarrollo de los tipos de pensamiento: Pensamiento de Orden Inferior, Pensamiento de Orden Superior y Pensamiento Químico.

### Palabras clave

Habilidades de pensamiento, tipos de pensamiento, pensamiento químico, evaluación, aprendizaje de la química

## STUDENTS' LEARNING AND ASSESSMENT BASED ON THINKING SKILLS IN A CHEMISTRY LABORATORY AS A LEARNING ENVIRONMENT

### Abstract

Chemistry laboratories in science education are an excellent learning environment for developing thinking skills. Some thinking skills that encourage learning and improve evaluation in chemistry labs are discussed in this article.

This paper presents and compiles information from different authors and aim to explain and exemplify: Low order thinking, High order thinking, Chemical thinking and its relation to thinking skills.

As an important contribution, the types of thinking, the development of the thinking skills and the specific skills for the general chemistry laboratory that students seek to develop are linked logically with an integral proposal.

As an outcome, a learning and assessing tool "Inventory of thinking skills in the chemistry laboratory" presents the relationship between these types of thinking and the thinking skills. This tool helps to identify concrete skills and direct the experimental work into the development of cognitive abilities. There is a direct relationship between the set of thinking skills and the type of thinking in which they affect, for the above, when developing or evaluating skills, it is possible to obtain information about the level of development of each type of thinking.

### Keywords

cognitive skills, thinking skills, chemistry lab, chemistry education, chemical reaction.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. México. \*Autor para correspondencia: [florreyes@gmail.com](mailto:florreyes@gmail.com)

## Introducción

Hofstein (2017) enuncia que los laboratorios han sido una característica única de la educación científica desde que comenzó la educación sistemática de la ciencia tal como la conocemos desde el siglo XIX. Desde entonces, se ha hablado ampliamente de los beneficios que resultan de incluir a los alumnos dentro del trabajo experimental como una “práctica para convertirse en un científico”, de esta forma se fomenta que los alumnos generen observaciones precisas, se motiven por la investigación y expresen su interés en ella.

De acuerdo con Hofstein (2004) *“las actividades de laboratorio adecuadas pueden ser efectivas en apoyar a los estudiantes a construir su conocimiento, desarrollar habilidades lógicas y de indagación, así como habilidades de resolución de problemas. También pueden apoyar el desarrollo de habilidades psicomotoras (manipulativas y de observación) y adicionalmente tienen un gran potencial en promover actitudes positivas y proveer a los estudiantes de oportunidades para desarrollar habilidades de cooperación y comunicación.”*

Consideramos al laboratorio de química como un espacio educativo que tiene por objetivo que los estudiantes comprendan y utilicen conceptos, teorías y modelos teóricos para introducirse en la investigación científica a través del desarrollo de diversas habilidades, forjando actitudes y valores propios del quehacer científico en un entorno que considera los aspectos afectivos de los individuos en formación. Las habilidades a desarrollar se pueden englobar principalmente en: de pensamiento, procedimentales y sociales. Para efectos de este trabajo, desarrollaremos únicamente las habilidades de pensamiento.

Como parte de la revolución del último siglo en la educación de la ciencia, se busca incluir al alumno como centro del proceso de aprendizaje y con esto incorporar el desarrollo de habilidades de “alto nivel” (high learning skills) en los proyectos a realizar dentro del laboratorio, al ofrecer problemas significativos y genuinos a través de los cuales el alumno construye conocimiento, siendo éstas tan importantes en la era actual como el mismo contexto de investigación (Hofstein, 2017, 359).

Los laboratorios de química son espacios diseñados para que los estudiantes interactúen con y hagan interactuar entre sí a las sustancias, así como para que observen los fenómenos que ocurren, lo que promueve que tomen un rol activo en el proceso de aprendizaje (Zoller y Pushkin, 2007, 154). Hodson (1994) explica que el trabajo experimental puede ser potencializado al crear más oportunidades para que los estudiantes argumenten sobre el propósito de la actividad, el significado de los datos que van recabando y las explicaciones que van construyendo.

Tradicionalmente en los laboratorios de química, el trabajo del estudiante se limita a la obtención de una colección de datos y su consecuente interpretación. Sin embargo, Schauble *et al.* (1991) mencionan que *“las pruebas [que provee la investigación educativa en química] sugieren que los modelos explicativos pueden no generarse de los datos obtenidos si no se fomenta explícitamente su construcción”*, es decir, si no hay un desarrollo adecuado de habilidades de pensamiento que lo fomenten.

Zoller y Pushkin (2007) afirman que en una gran cantidad de documentos se ha mencionado la importancia del desarrollo de habilidades de pensamiento, sin embargo, son pocos los que precisan una lista de dichas habilidades y menos aún, los que las definen: por un lado, Lewis y Smith (1993) hablan sobre qué características tienen las habilidades de pensamiento en relación a otras, sin embargo, no mencionan ejemplos concretos; por

otro lado, Talanquer y Polland (2010) describen cómo desarrollar pensamiento crítico, las habilidades de resolución de problemas y el pensamiento químico, sin precisar las definiciones de estas habilidades. De tal manera que este trabajo surge de la necesidad de analizar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia considerando la naturaleza de la química y generar un instrumento que, con base en la investigación educativa, produzca un impacto en la práctica educativa.

En este documento, se explicitan los tipos de pensamiento que se busca desarrollar en los estudiantes en el Laboratorio de Química General I (LQGI) a través del desarrollo de las habilidades de pensamiento (HP), haciendo énfasis en que éstas deben ser la guía para el aprendizaje del estudiante, la estrategia didáctica, la aproximación al conocimiento y, por lo tanto, para el diseño de las evaluaciones de los estudiantes.

Con base en lo anterior, se propuso una estructura que interrelaciona y clarifica los niveles de pensamiento (orden inferior, orden superior y químico) y los diferentes niveles de habilidades de pensamiento (orden superior y orden inferior).

## Marco Teórico

Lewis y Smith (1993) y Zoller y Pushkin (2007) mencionan que en la resolución de un problema de corte químico se utilizan diferentes niveles de pensamiento. Talanquer y Polland (2010) dirigen la solución de estos problemas hacia a las preguntas esenciales de la química: ¿Qué es? (Análisis); ¿Cómo se hace? (Síntesis); ¿Cómo lo cambio? (Transformación); y ¿Cómo lo explico? (Modelaje). De forma que las preguntas esenciales nos permiten reconocer, explorar y aplicar el conocimiento al desarrollar los procesos de pensamiento involucrados para el análisis y solución de cualquier problema químico, los cuales se pueden clasificar en: Pensamiento de Orden Inferior (POI), Pensamiento de Orden Superior (POS) y Pensamiento Químico (PQ), siendo este último el más complejo de desarrollar.

Para explicitar los diferentes tipos de pensamiento se plantea el siguiente ejemplo:

Se hacen ejercicios que consideran los coeficientes estequiométricos de una ecuación química balanceada y las masas molares de reactivos y productos para comprobar la Ley de la Conservación de la Materia. En estos casos, al estudiante se le plantea la ecuación química balanceada y se espera que emplee esta información para comprobar la Ley de la Conservación de la Materia; es decir, dadas las masas de los reactivos, demuestre que la masa de los productos resultantes sea idéntica.



La resolución de este problema implica que el estudiante tiene conocimientos respecto a que:

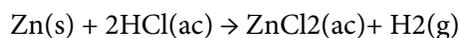
- A) cada sustancia correctamente escrita, tiene asociada una masa molar;
- B) la ecuación química proporcionada ya está balanceada y cumple con la Ley de la conservación de la Materia;
- C) la reacción que se lleva a cabo es completa lo que implica que los reactivos reaccionan con una eficiencia del 100%.

Lo anterior implica un nivel de Pensamiento de Orden Inferior (POI), el cual está relacionado con la memorización o el uso de datos directos, la relación entre hechos

básicos y operaciones algorítmicas de un paso, como podría ser el uso de la calculadora para realizar una operación. Zoller y Pushkin (2007, 155) ejemplifican este nivel con nombrar algún compuesto químico usando una nomenclatura estándar, realizar alguna conversión de unidades o encontrar un elemento en la tabla periódica. Este pensamiento es un fundamento muy relevante y no necesariamente simple que permitirá el desarrollo de otros tipos de pensamiento.

El Pensamiento de Orden Superior (POS) se presenta cuando se requiere información que se puede obtener y analizar a través de diferentes fuentes y relacionarla para obtener una posible solución a un problema dado. En este caso, para el desarrollo del POS se busca que los estudiantes comprendan el significado que tienen los coeficientes estequiométricos a partir de información diversa, por ejemplo:

*Para la siguiente reacción química:*



*Considerando las masas molares, la Ley de la Conservación de la materia y los coeficientes estequiométricos, se debe obtener la cantidad de sustancia de un producto a partir de datos de inicio de los reactivos o de otro producto como son:*

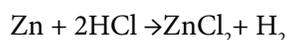
1. la masa en gramos de un reactivo sólido dado;
2. el volumen de una cierta disolución de concentración conocida;
3. el volumen de un gas producido.

Con estos datos, el estudiante debe comprender que es necesario realizar operaciones para generar datos comparables en cantidad de sustancia (mol) y adicionalmente debe comprender que la proporción que existe entre estas cantidades se encuentra en los coeficientes estequiométricos. Para lo anterior, se requiere que el alumno conozca:

- D) la relación estequiométrica entre reactivos y productos para el cálculo de la cantidad de sustancia solicitada;
- E) la relación que guarda una disolución entre su cantidad de sustancia y su volumen, que se puede expresar en concentración;
- F) un modelo de gas que permita relacionar a través de la cantidad de sustancia con un volumen a una temperatura y presión dadas.

El estudiante utiliza relaciones entre conocimientos básicos que le permite obtener información que no está directamente presente en el problema.

Zoller y Pushkin (2007, 155) ejemplifican el POS con un estudiante combinando conocimientos de estequiometría con la Ley del Gas Ideal o bien determinando la masa de un líquido a través de su densidad. En el POS se obtiene información faltante a través de diferentes conocimientos de algunos modelos teóricos que, por el nivel de complejidad, no sería posible resolver en una sola etapa. Es decir, se refiere a tomar nueva información y combinarla con la que ya se tenía o visualizar de manera diferente la misma información para encontrar respuestas a preguntas difíciles (Lewis y Smith, 1993). En este sentido el ejercicio de la reacción química:



puede fomentar el pensamiento de orden superior de forma más contundente si se le añade

el estudio del avance de la reacción (tablas de variación de cantidad de sustancia) con el fin de encontrar que puede haber un reactivo que limita la reacción.

Hasta este punto el alumno ha resuelto el problema de manera teórica relacionando proporciones matemáticas con algunos conceptos químicos necesarios para realizar algunos cálculos.

Para que el alumno relacione las implicaciones prácticas que involucra el trabajo químico, es necesario incorporar el Pensamiento Químico (PQ) y para ejemplificarse se retoma el ejercicio de la reacción química:



en el que se puede solicitar que el alumno diseñe un procedimiento para llevar a cabo un experimento en el que se determine la cantidad de reactivo necesaria para obtener un volumen determinado de gas relacionado con el volumen molar, considerando los reactivos, materiales y condiciones experimentales con las que cuenta el laboratorio.

El Pensamiento Químico (PQ) se considera más evolucionado que los anteriores (POI y POS), puede referirse a problemas teóricos o prácticos y requiere que los alumnos entiendan en un término más amplio los ejercicios a resolver (Pushkin, 1998). Como puede ser, por ejemplo, conocer:

- G) diferentes mecanismos directos e indirectos para medir la masa del compuesto formado;
- H) la naturaleza de las sustancias que se están utilizando, por ejemplo, el estado de agregación, la pureza, la estabilidad y reactividad, entre otros;
- I) la naturaleza (o características) del fenómeno, por ejemplo, las condiciones experimentales para llevarse a cabo y/o la espontaneidad de la reacción;
- J) las condiciones experimentales que determinan el avance de una reacción, por ejemplo: que los reactivos no necesariamente deben estar presentes en proporciones estequiométricas, para evitar el uso en exceso de alguno de ellos, aspecto importante en el campo profesional; o que podría haber presente una sustancia (catalizador, sustancia de activación o la aplicación de energía) que no intervenga en la reacción.

Wernrich y Talanquer (2015) mencionan que el pensamiento químico resulta de la integración del conocimiento químico y el trabajo experimental con la intención de analizar, sintetizar y transformar la materia con fines prácticos y además plantean algunos ejes sobre los cuales el pensamiento químico provee respuestas esenciales para el área, por ejemplo:

- ¿Cómo se identifican las sustancias?
- ¿Cómo ocurren los procesos químicos?
- ¿Por qué ocurren los procesos químicos?
- ¿Cómo se controla un proceso químico específico?
- El costo beneficio y la evaluación de impacto de un proceso químico.

El comprender estos factores implica también conocer los modelos actuales utilizados para describir, por ejemplo, como ocurre una reacción química. Estos modelos se pueden utilizar bajo ciertas condiciones, lo que lleva a la importancia de conocer las limitaciones del mismo.

Por último, es necesario conocer que el modelo puede estar referido a uno o varios niveles de representación: submicroscópico, macroscópico y simbólico (Jonhstone, 1994).

Para que el alumno pueda desempeñarse como un buen profesional del área, requiere los tres tipos de pensamiento. Para desarrollarlos, se requiere realizar actividades, trabajo experimental y evaluaciones que los fomenten de forma explícita. De acuerdo con Caamaño (2004, 24), se debe verificar hasta qué punto están relacionados los conceptos por abordar en las actividades propuestas. Los contextos escogidos deben ser variados, según la naturaleza de la química, sus aplicaciones y las relaciones química-sociedad.

Un ejemplo de la integración del desarrollo de estos tres tipos de pensamiento es el descrito por Ramos (2018) a través del método de Aprendizaje Basado en Problemas en un curso experimental de fisicoquímica, en donde se aborda el programa de estudio a través de proyectos de investigación seleccionados por los alumnos con la intención de “...*producir en los estudiantes una experiencia profunda y transformadora del ejercicio del pensamiento fisicoquímico a través de un problema real y de su interés*”. Durante el transcurso del trabajo de investigación surgen diversos problemas únicos que los alumnos han de resolver, y que analizados en conjunto pueden lograr el desarrollo holístico de los tipos de pensamiento.

## Habilidades de pensamiento

Una de las grandes labores de los docentes es la evaluación de los alumnos, reconocida como una actividad de alto grado de dificultad. Es común incluir en la mayoría de las evaluaciones únicamente el conocimiento disciplinar, siendo el más sencillo de evaluar. Resulta mucho más complicado determinar si los alumnos han desarrollado y en qué grado, cada tipo de pensamiento que una licenciatura en química (o de áreas afines) demanda, principalmente por la dificultad de obtener evidencias al respecto. Una forma de evaluar el pensamiento de forma indirecta es hacerlo a través del desarrollo de las habilidades de pensamiento.

Las habilidades de pensamiento pueden fungir como guía de la estrategia didáctica, como directriz del desempeño de los estudiantes y como un aspecto a evaluar. Hay una relación directa entre el conjunto de habilidades de pensamiento y el tipo de pensamiento en el que inciden; por lo anterior, al desarrollar o evaluar las habilidades, también se obtiene información sobre el nivel de desarrollo de cada tipo de pensamiento.

Una diferencia fundamental entre el tipo de pensamiento y sus correspondientes habilidades es que el pensamiento es implícito en una persona (Pozo, 2006), es decir, que lo usa para resolver y explicar diversas situaciones, pero es difícil de documentar y a veces de reconocer por la misma persona. Por su parte, las habilidades de pensamiento son acciones o actividades específicas que pueden ser observables, medibles y por lo tanto evaluables.

Zoller y Pushkin (2007) presentan una jerarquización de habilidades: “Habilidades de Pensamiento de Orden Inferior” (HPOI) y las “Habilidades de Pensamiento de Orden Superior” (HPOS).

Las Habilidades de Pensamiento de Orden Inferior (HPOI) están relacionadas con preguntas en las que se requiere recordar información simple, resolver problemas con la aplicación de algoritmos conocidos o relacionado con situaciones ya experimentadas que no son necesariamente comprendidas. Este tipo de habilidades (HPOI) están fuertemente relacionadas a las POI.

Retomando el ejemplo de la reacción química  $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ , se puede fomentar y evaluar de forma explícita en qué medida el alumno conoce y aplica que: *cada sustancia correctamente escrita, tiene asociada una masa molar, la ecuación química proporcionada ya está balanceada y cumple con la Ley de la Conservación de la Materia, y que la reacción que se lleva a cabo es completa lo que implica que los reactivos reaccionan con una eficiencia del 100%.*

Por otro lado, las (HPOS) Habilidades de Pensamiento de Orden Superior corresponden a la resolución de problemas cuantitativos y cualitativos de corte conceptual, problemas con los que el alumno no se encuentre familiarizado y que requieren para su solución más que conocimiento y algoritmos previamente conocidos; requieren análisis, crear conexiones y pensamiento crítico incluyendo la aplicación de modelos o teoría previamente conocidas (Zoller y Pushkin, 2007). Esto requiere de habilidades de razonamiento y la relación entre conocimientos (Zoller y Tsalaparis, 1997, 118), por lo tanto, requieren del PQ, del POS o de ambos en diferente medida dependiendo de la habilidad que se trate.

Retomando una vez más el ejemplo de la reacción química  $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ , algunas habilidades relacionadas son que los alumnos conozcan y utilicen:

*D) La relación estequiométrica entre reactivos y productos para el cálculo de la cantidad de sustancia solicitada, E) La relación que guarda una disolución entre su cantidad de sustancia y su volumen, que se puede expresar en concentración, F) Un modelo de gas que permita relacionar a través de la cantidad de sustancia con un volumen a una temperatura y presión dadas, G) Diferentes mecanismos directos e indirectos para medir la masa del compuesto formado, H) La naturaleza de las sustancias que se están utilizando, I) La naturaleza (o características) del fenómeno, J) Las condiciones experimentales que determinan el avance de una reacción.*

Hasta este punto se han clarificado los diferentes niveles de habilidades de pensamiento (orden superior y orden inferior y químico) y la relación que guardan con habilidades de pensamiento (HPOI y HPOS) como se puede apreciar en la (Tabla 1).

Tipo de pensamiento estimulado	Tipo de habilidad desarrollada
POI	HPOI
POS	HPOS
PQ	

Tabla 1. Tipos de pensamiento y habilidades de pensamiento

## Un modelo de aprendizaje y evaluación integral para contexto de enseñanza experimental

Para una formación integral de un egresado de una licenciatura en Química, se debe garantizar un buen nivel del conocimiento disciplinar, a la par de un buen desarrollo de habilidades de pensamiento, que permitan al profesionista resolver problemas de su ámbito que enfrentará durante su trayectoria profesional. Hablando de la formación de futuros profesionistas, el Laboratorio de Química General I (LQGI) de la Facultad de Química de la UNAM, es la primera experiencia de trabajo experimental de los alumnos por lo que debe proporcionar las bases para desarrollar los diferentes tipos de pensamiento y habilidades, relacionándolos con el trabajo que se realiza en el laboratorio.

Un aspecto relevante para el planteamiento del trabajo experimental es que los estudiantes además de ser capaces de llevar a cabo los procedimientos experimentales, deben ser capaces de construir conocimiento y posibles explicaciones que podrán transformar en modelos explicativos que les sirvan para una gama más amplia de fenómenos. Se debe recordar que los modelos explicativos pueden no generarse de los datos obtenidos si no hay un desarrollo adecuado de habilidades de pensamiento.

Para apoyar y evaluar el desarrollo del estudiante en el LQGI, se incluye un “Inventario de Habilidades para el Trabajo en Laboratorio de Química” como un instrumento que permite identificar, mediante enunciados sencillos que son fácilmente transformables en preguntas, los tipos de habilidades y por lo tanto los tipos de pensamiento estimulados. Con esto se puede balancear en mejor medida la didáctica y profundidad de cada sesión de trabajo, el contenido de un manual, los protocolos experimentales y el tipo de evaluación a realizar. Entendiendo los instrumentos de evaluación como: *“las herramientas que tanto el profesorado como el alumnado utilizan para plasmar de manera organizada la información recogida mediante una determinada técnica de evaluación”* (Hamodi, López, y López, 2015).

Considerando lo anterior, se buscaron en la literatura referentes relacionados con la evaluación de actividades en ciencias naturales. De acuerdo con Hofstein (2004) entre 1960 y 1980 muchas investigaciones presentaron ideas sobre cómo puntualizar, explorar e investigar las características únicas que presenta un laboratorio de ciencias, así como las variables correspondientes relacionadas con el contexto educativo.

En un enunciado provocador, Hofstein (2004) menciona que los investigadores han fallado de manera continua en mostrar una relación sencilla entre aprender ciencia y las experiencias que se presentan al estudiante en el laboratorio. Sin embargo, también expresa que hay información suficiente para sugerir que la educación en ciencias en el laboratorio es efectiva y suficiente como medio de enseñanza y puede satisfacer algunos de los objetivos del aprendizaje de las ciencias. Hofstein afirma que el laboratorio de ciencias es un entorno educativo único y por lo tanto puede proveer a los docentes una gama de instrumentos y herramientas de enseñanza, aprendizaje y evaluación distintas al entorno de una clase teórica y plantea que para la evaluación del desempeño de los estudiantes en contextos educativos en laboratorios de ciencia se establecen cuatro etapas de desarrollo:

1. planeación y diseño (Etapa que se desarrolla previo al desarrollo del procedimiento experimental): Formular preguntas, predecir resultados y formular hipótesis para ser probadas mientras se diseñan procedimientos experimentales;
2. realización (Etapa que se desarrolla al llevar a cabo un procedimiento experimental): Manipular material y equipo, tomar decisiones sobre las técnicas de investigación utilizadas, observar y reportar hallazgos;
3. análisis e implementación (Etapa que se desarrolla en el tratamiento de la información): Explicar relaciones, desarrollar generalizaciones de los modelos, determinar la precisión de la información, identificar las limitantes en los experimentos, formular nuevas preguntas con base en la investigación realizada;
4. aplicación (Etapa posterior al desarrollo experimental y sus análisis): Hacer predicciones basándose en los resultados de la investigación, formular conclusiones y nuevas hipótesis basadas en los resultados de la investigación, aplicar técnicas experimentales a un nuevo problema.

Tamir y Luneta (1981) argumentan que la función principal de un laboratorio de ciencias es proveer a los estudiantes del sentido del trabajo científico. Por tanto, es relevante presentar a los estudiantes oportunidades para investigar fenómenos en los que sea posible buscar una explicación a través de su trabajo.

En un enfoque de enseñanza de la ciencia, “Hacia una enseñanza problematizada”, Martínez *et al.* (2005, 88) abordan el papel de la evaluación en una enseñanza de las ciencias como un proceso de construcción de conocimiento; se enuncia la importancia de contar con una “red de análisis” que considere lo fundamental en el aprendizaje y evaluación de las ciencias. Los autores abordan diez aspectos que, para efectos de este texto, se enuncian de forma muy simplificada: 1) *se busca la presencia de situaciones problemáticas*, 2) *se fomenta hacer reflexiones sobre las implicaciones del fenómeno estudiado*, 3) *se fomenta el análisis para acotar el problema y formular preguntas*, 4) *se fomenta la elaboración de hipótesis*, 5) *se fomenta la elaboración de estrategias para abordar el problema a resolver*, 6) *se fomenta el análisis de resultados*, 7) *se pide la consideración de perspectivas distintas de análisis, o el replanteamiento del estudio*, 8) *se solicita la integración de resultados, análisis y estudios realizados por otros pares, así como de documentos de referencia*, 9) *se presta atención a la comunicación*, y 10) *se potencia la evaluación de la dimensión colectiva del trabajo científico*. Martínez *et al.* (2005) destacan el proceso de construcción de conocimientos que debe desarrollar a la par del desarrollo de habilidades en la enseñanza de las ciencias.

Las actividades de los estudiantes en las cuales desarrollan conocimiento y entendimiento de las ideas científicas, así como una visión de cómo los científicos estudian la naturaleza se conoce como indagación educativa (NRC, 1996). Por su parte, la indagación científica es el proceso de investigación que ya se ha aprendido durante la formación académica del individuo por lo que la indagación educativa se enfoca en aprender el proceso.

Schwab (1960) destaca que el laboratorio se puede convertir fácilmente en un entorno de indagación, si primero se presenta una actividad experimental que requiera el manejo de conceptos teóricos en contraste con la propuesta tradicional de realizar una clase teórica seguida de una demostración experimental del concepto.

La indagación educativa se puede conceptualizar a través de sus características esenciales (NRC, 2000, 25) que en este texto se encuentran sintetizadas en cuatro enunciados. Los alumnos están:

- comprometidos a resolver preguntas relacionadas con fenómenos que pueden ser abordadas desde el conocimiento científico;
- priorizando la evidencia que permite evaluar y formular explicaciones lógicas para las preguntas planteadas;
- dispuestos a reevaluar sus explicaciones al compararlas con otras generadas por sus pares o por la comunidad académica o de investigación.
- comunicando y argumentando sus explicaciones propuestas.

Partiendo de las aportaciones de los autores anteriores, se generó una primera versión de un inventario de habilidades con base en el trabajo de Del Carmen (2004), específicamente para contexto al Laboratorio de Química General I (LQGI). A partir de esta primera versión del inventario se elaboraron rúbricas que permitieron dar cuenta del desarrollo

de los alumnos en el LQGI y con base en los resultados de esta última investigación (Paulin, 2018) se adecuaron e incluyeron algunas de las habilidades del inventario original y en esta propuesta se resalta la importancia de relacionar las habilidades con los tipos de pensamiento utilizado. A continuación, se presenta el instrumento “Inventario de Habilidades para el Trabajo en Laboratorio de Química” (Tabla 2).

Habilidades construidas	Tipo de habilidad	Tipo de pensamiento desarrollado
1.1 Formula preguntas de investigación	HPOS	POS, PQ
1.2 Anticipa los resultados experimentales	HPOS	POS, PQ
1.3 Formula hipótesis que se han de comprobar	HPOS	POS
1.4 Diseña métodos de observación y medida	HPOS	POS
1.5 Propone un diseño experimental	HPOS	POS
1.6 Prepara los instrumentos necesarios	HPOI	POI
2.1 Realiza observaciones y medidas	HPOI	POI
2.2 Utiliza aparatos, aplica técnicas	HPOI	POI
2.3 Registra datos y sus observaciones durante el experimento	HPOI	POI
2.4 Hace cálculos numéricos	HPOI, HPOS	POI, POS
2.5 Explica o toma decisiones sobre una técnica experimental	HPOS	POS, PQ
2.6 Trabaja según su propia planificación sin modificarla	HPOI	POI
2.7 Supera por sí solo los obstáculos y dificultades	HPOS	POS, PQ
2.8 Mantiene el laboratorio ordenado y utiliza las normas de seguridad	HPOI	POI
2.9 Verifica, compara y de ser necesario corrige su acción con base en sus predicciones y la aportación teórica.	HPOS	PQ
3.1 Recoge los resultados de los formularios normalizados	HPOI	POI
3.2 Aprecia relaciones, interpreta datos, saca conclusiones	HPOS	POS
3.3 Determina la precisión de los datos experimentales	HPOI	POI
3.4 Analiza las limitaciones o suposiciones inherentes al experimento	HPOS	PQ
3.5 Formula o propone una generalización o modelo	HPOS	POS, PQ
3.6 Explica los descubrimientos realizados y los relaciona	HPOS	POS, PQ
3.7 Formula nuevas preguntas o redefine problema a partir de los resultados	HPOS	POS
4.1 Hace predicciones con base en los resultados de investigación	HPOS	PQ
4.2 Formula hipótesis (conclusiones) basadas en los resultados de la investigación	HPOS	POS, PQ
4.3 Aplica técnicas experimentales a un nuevo problema	HPOI	POI
4.4 Sugiere ideas o posibilidades para continuar con la investigación	HPOS	POS, PQ

Tabla 2. Inventario de Habilidades para el Trabajo en Laboratorio de Química

Cada habilidad tiene un número asignado, el primer dígito corresponde a: (1) planificación y diseño; (2) realización; (3) análisis e interpretación; y (4) aplicaciones.

Con el fin de aportar elementos para fomentar el aprendizaje y la evaluación de los alumnos en el trabajo experimental, en la (tabla 2) cada habilidad se relaciona con el tipo de pensamiento desarrollado considerando el trabajo que se puede realizar en el Laboratorio de Química de primer semestre en FQ, el cual tiene la finalidad de incorporar al alumno en las técnicas fundamentales para el trabajo de laboratorio de química, desarrollar habilidades y construir conceptos. Las habilidades se pueden desarrollar en diferentes entornos de trabajo práctico y dependiendo del entorno y el nivel educativo, el tipo de pensamiento que se desarrolla principalmente para cada habilidad podría ser distinto.

## Consideraciones finales

Los laboratorios de química son ambientes que permiten una manera diferente de enseñanza que deben ser aprovechados al máximo para fomentar en los alumnos el aprendizaje, es decir, la construcción de conocimientos y el desarrollo de habilidades.

Uno de los objetivos principales de la formación en química es el desarrollo de los tipos de pensamiento de orden superior, de orden inferior y químico. Es difícil documentar de forma directa el desarrollo del pensamiento de los estudiantes, por lo que el enfoque del trabajo en el laboratorio de química general puede considerar de forma explícita el desarrollo de habilidades (HPOI y HPOS) que, a su vez se vinculan con los tipos de pensamiento (POI, POS y PQ). Esto permitirá inferir el tipo de pensamiento mayormente desarrollado con cada actividad.

Cada una de las habilidades presentadas en este documento se puede desarrollar, observar y evaluar en: los documentos que genere el estudiante (bitácora, reporte de investigación, evaluaciones escritas, entre otros), en su trabajo individual y también en el trabajo experimental que se requiere para llevar a cabo los protocolos experimentales.

Una vez que se identifican las habilidades desarrolladas, es posible utilizar la información para:

- Ordenar secuencias desde lo más sencillo hasta lo más complejo,
- tomar decisiones de inserción de habilidades en los materiales que se requieran y
- revisar que los objetivos planteados en los materiales educativos corresponden con lo que el docente espera y con lo que se puede desarrollar en los estudiantes.

El *Inventario de Habilidades para el Trabajo en Laboratorio de Química* permite a los docentes hacer las modificaciones necesarias a su enseñanza para proveer a los alumnos experiencias educativas, que les permitan el desarrollo de habilidades necesarias para ser profesionales de calidad. El inventario consta de enunciados sencillos que son fácilmente transformables en preguntas que permiten identificar los tipos de habilidades y por lo tanto los tipos de pensamiento estimulados.

El entorno educativo “Laboratorio de Química” es complejo. En este documento hemos explorado los tipos de pensamiento de orden inferior, superior y químico que se pueden desarrollar en un laboratorio de química. A manera de hipótesis, el desarrollo de estos pensamientos repercute de forma directa en el desarrollo de habilidades procedimentales y sociales, así como en la profundización de conocimientos teóricos.

Podemos concluir que los laboratorios son ambientes que permiten el desarrollo de tipos de pensamiento si se plantea de forma explícita el desarrollo de habilidades de pensamiento. Con lo anterior se provee un panorama que permite balancear las actividades educativas para potenciar en los alumnos la capacidad de resolución de problemas y el desarrollo de los tipos de pensamiento: Pensamiento de Orden Inferior, Pensamiento de Orden Superior y Pensamiento Químico.

## Referencias

- Anderson, R. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. En: Abell, S.y Lederman, N. (Eds.), *Handbook of research on science education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 807-830.
- Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29 (1), 21-54.
- Del Carmen, L. (2004) Los trabajos prácticos. En Chamizo, J. (Coord.) *Antología de la Enseñanza Experimental*. México: Facultad de Química, UNAM.
- Facultad de Química (2019) *Presentación de planes y programas de estudio*. En la URL: <https://quimica.unam.mx/ensenanza/licenciaturas-de-la-facultad-de-quimica/presentacion/> visto en 25 de mayo de 2019
- Hamodi, C., López, V., y López, A. (2015). Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior. *Perfiles Educativos*, 37(147), 146-161.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research, *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 247-264.
- Hofstein, A. (2017). The Role of Laboratory in Science Teaching and Learning, En Taber, K., Akpan, B. (Eds), *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education*. Rotterdam: Sense Publishers, 357-368.
- Johnstone, A. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Lewis, A. y Smith, D. (1993). Defining higher order thinking, *Theory Into Practice*, 32(3), 131-137.
- Martínez, J. et al. (2005). *Desarrollo de competencias en ciencia e ingenierías. Hacia una enseñanza problematizada*, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.
- NRC (1996). *The National Science Education Standards*, Washington DC: National Academies Press.
- Paulin, A. (2018) *Caracterización de protocolos experimentales que promueven el desarrollo de habilidades de pensamiento en el laboratorio de química general I para el tema de enlace químico*. Tesis de grado, México: UNAM
- Pozo, J. (2006). *Adquisición de Conocimiento*, Madrid: Morata.
- Pushkin, D. (1998). Introductory students, conceptual understanding, and algorithmic success, *Journal of Chemical Education*, 75(7), 809-810.
- Ramos, A. (2018), ¿Cómo producir una experiencia profunda y transformadora en un curso experimental de fisicoquímica?, *Educación Química*, 29(2), 62-73.
- Autor et al. (2017)
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K., y Reiner, M. (1991). Causal models and experimentation strategies in scientific reasoning. *The Journal of the Learning Sciences*, 1(2), 201-238.
- Schwab, J. (1960). What Do Scientists Do? *Behavioral Science*, 5(1), 1-27.

- Talanquer, V. y Polland, J. (2010). Let's teach how we think instead of what we know, *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 74-83.
- Tamir, P. y Luneta, V. (1981). Inquiry- Related Tasks in High School Science Laboratory Handbooks, *Science Education*, 65(5), 477-487.
- Weinrich, M. y Talanquer, V. (2015). Mapping students' conceptual modes when thinking about chemical reactions used to make a desired product. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 561-577.
- Zoller, U. y Pushkin, D. (2007). Matching Higher-Order Cognitive Skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course, *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 153-171.
- Zoller, U. y Tsalaparis, G. (1997). Higher and Lower-Order Cognitive Skills: The Case of Chemistry, *Research in Science Education*, 27(1), 117-130.