



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE QUÍMICA

Diseño de la herramienta “Matriz CIC” para el  
análisis tridimensional de ítems de evaluación  
de Química General:

Enfoques pedagógicos, morfología y niveles  
de representación.

### TESIS

que para obtener el Título de Ingeniero  
Químico Metalúrgico

### PRESENTA

Jimmy Juli Ceballos Garibay

Director de tesis

Dra. Flor de María Reyes Cárdenas

Ciudad Universitaria, CDMX Julio 2020





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.

Diseño de la herramienta “Matriz CIC” para el análisis tridimensional de ítems de evaluación de Química General:  
Enfoques pedagógicos, morfología y niveles de representación.

**JURADO**

Q. Mercedes Guadalupe Llano Lomas

Q. Sonia Contreras García

Dra. Flor De María Reyes Cárdenas

Mtro. Carlos Catana Ramírez

Mtra. Ana Guadalupe Carreño Mendoza

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Laboratorio 108,-109 Edificio B de la Facultad de Química, Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

**Director de tesis:**

Dra. Flor de María Reyes Cárdenas

**SUSTENTANTE:**

Jimmy Juli Ceballos Garibay

## DEDICATORIAS

Esta tesis está dedicada a mis padres:

Patricia Trinidad Garibay Sierra, que me llevó de la mano a lo largo de mi vida, defendiendo mis ideales y mis posturas sin que yo lo mereciera. Ella trabajó duro en cada enseñanza que yo recibí, porque sin que estuviese detrás de mí físicamente, sus alas me acompañaban a cada clase que yo tomaba.

Jorge Ceballos Urquieta, aquel que trabajó muy duro cada uno de sus días, para satisfacer mi educación y no solo eso, cada travesía, cada mensaje de vida me lo entregó de corazón. Él, sin saberlo, cultivó toda esta sed de conocimiento que hasta el día de hoy no puedo terminar de saciar. Mientras terminaba este trabajo, y en medio de un mundo devastado por una pandemia, te fuiste a un lugar mejor. Prometo ser la persona que querías que fuera y ser siempre tu orgullo, descansa papá.

A los dos (ustedes lo saben), ¡les debo la vida!

A mi hermano, Jorge. Un mar de bondad llena tu corazón, y sé que con una sonrisa tuya es suficiente para alegrar mi vida. ¡Gracias hermano!

Le dedico esta tesis a mi familia, a mi futura familia. Siempre he pensado en ustedes; he cultivado ya un mensaje de amor para crecer juntos y que nada pueda derrotarnos.

*“Y se marchó  
Y a su barco le llamó libertad  
Y en el cielo descubrió gaviotas  
Y pintó estelas en el mar”  
Un velero llamado libertad, José Luis Perales.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar todo el apoyo de mis padres, sin ellos yo no estaría aquí. ¡Nadie pudo haber tenido mejores padres como los que yo tengo!

Agradezco infinitamente la bondad de aquellos maestros que aun llevo en el corazón: Saúl, Raúl Idaboy, Julio Cazares, Margarita Gutiérrez, Sergio León, Gerardo Aramburo, Fernando Flores; ustedes fueron una gran fuerza en mi formación como persona. ¡Muchas gracias!

Quiero agradecer de corazón todo el apoyo que la Dra. Flor de María Reyes Cárdenas me ha brindado. Cuando se busque el concepto de “asesor”, solo será necesario seguir su ejemplo; desde que la conocí construimos una fortaleza que rompe con cualquier adversidad. Gracias a todas sus enseñanzas, su bondad, su humanidad y sobre todo la confianza que me ha tenido durante todo este tiempo. ¡Sin usted nada de esto sería posible!

Gracias a Andrea Rodríguez. Tu apoyo y cariño han sido lo mejor para mí en estos últimos esfuerzos por superarme. Mi pensamiento te acompañará a donde quiera que vayas. Recuerda que la mejor filosofía es aquella que forjamos con nuestra compañía, amistad y aprecio.

Gracias a mi amigo Mario Martínez, sin mi hermano de otros padres esto no habría sido del todo un hecho. Nuestras vidas han dado la vuelta para irse por diferentes caminos, pero a pesar de eso, has sido mi amigo más cercano y te deseo siempre lo mejor.

A esos dos grandiosos arquitectos Pedro Mendoza y Daniel Fernández, siempre conté con su amistad, y gracias a ustedes he logrado ser la persona que soy ahora. Gracias por todas las enseñanzas que me han dejado, porque con ustedes dos he aprendido el arte de vivir.

A Francisco Zárate, Gerardo Ponce, Jesús Bárcenas y Carlos Fajardo. Yo sé que confiaron en mi desde un principio, y sé que juntos podemos formar el mejor equipo

de trabajo jamás visto. Gracias por expresar tanta empatía y gran sentimiento humano.

Gracias a todas aquellas personas que han llegado para quedarse, todos aquellos que me han escuchado y me han acompañado en momentos de soledad; ustedes han destruido ese sentimiento y solo han dejado a la felicidad para mí. Agradezco la paciencia de todas aquellas personas que han platicado conmigo, que hemos compartido experiencias y que sin remordimientos han desviado su camino del mío: seguirán siempre guardados en mis recuerdos.

A pesar de todo lo que dejamos atrás, nunca dejé de admirarlos. Ustedes dos son un gran ejemplo a seguir. Gracias a Erik Aguilar y a Diego Pérez; amigos que fortalecen mi espíritu y me brindan una compañía incomparable.

Gracias al color de mi sangre, dorado y azul, que llevo y llevaré a todas partes. Gracias a mi familia, mi segunda casa: la Universidad Nacional Autónoma de México, que me acogiste desde Prepa 2 y me has dado cuánto he exigido. ¡Goya!

Gracias al subprograma 127 del departamento de superación académica, ¡esto lo terminé con todo el apoyo de ustedes!

Y más que nada: Jimmy. Gracias por todo. Esto es solo el inicio de una travesía grande llamada vida. ¡No dejes de ser feliz!

*"Un día, verás que me he marchado  
Porque mañana tal vez llueva, así que seguiré al sol.  
Algún día, sabrás que era tuyo  
Porque mañana tal vez llueva, así que seguiré al sol."  
I'll follow the sun, The Beatles*

## Índice

Resumen.....	8
1. Antecedentes .....	9
Campo de estudio.....	11
La evaluación.....	12
Los exámenes .....	14
Los reactivos de opción múltiple .....	16
2. Marco teórico.....	19
2.1 Los tipos de Morfología del ítem.....	22
2.2 Los Enfoques pedagógicos.....	23
2.3 Los niveles de representación de la química .....	25
a) macroscópico.....	26
b) nanoscópico o microscópico .....	26
c) simbólico.....	26
3. Metodología.....	29
Objetivo General.....	29
Objetivos particulares .....	29
Hipótesis.....	30
Las dimensiones del Análisis Tridimensional de Ítems.....	31
3.1 Los ítems y el tipo de Morfología .....	32
3.2 Los ítems y su relación con los Enfoques pedagógicos.....	35
3.3 Los ítems y su relación con los Niveles de representación de la química ...	39
4. Herramienta de análisis tridimensional de ítems: la Matriz CIC .....	42
4.1 Conceptualización y propuesta de la Matriz CIC .....	42
4.2 Ejemplos de aplicación de la matriz CIC.....	49
4.1.1. Examen muestra de ingreso a la licenciatura UNAM 2018. Área de química.....	49
4.1.2 Examen de conocimientos mínimos de QGI de la FQ.....	52
4.2.3 Examen parcial de QGI .....	54
4.3 Discusión del ATI aplicado a los tres diferentes exámenes.....	56
4.3.1 Los Niveles de representación de la Química y el Análisis Tridimensional de Ítems .....	58
4.3.2 Los tipos de Morfología y el Análisis Tridimensional de Ítems .....	60
4.3.3 Los Enfoques pedagógicos y el Análisis Tridimensional de Ítems .....	61

5. Nuevas perspectivas y características de la Matriz CIC.....	63
5.1 La creación de un ítem a partir de la matriz CIC.....	63
5.2 Ventajas y limitaciones de la matriz CIC.....	67
6. Consideraciones finales. ....	69
7. Implicaciones didácticas.....	70
Referencias de consulta.....	71
Anexo 1.....	76
Anexo 2.....	78

#### Índice de figuras.

Figura 1. Ejemplo de cómo se utilizan los niveles de representación de la química.....	27
Figura 2. Análisis tridimensional de ítems (ATI). ....	31
Figura 3. Diagrama de flujo de caracterización de ítems en los Niveles de representación.....	41
Figura 4. Extracto superior de la Matriz CIC.....	47
Figura 5. Extracto intermedio de la Matriz CIC.....	48
Figura 6. Extracto inferior de la Matriz CIC. ....	48
Figura 7. Resultados del ATI del examen muestra de la UNAM área 2, asignatura de Química.....	51
Figura 8. Resultados del ATI del examen de mínimos conocimientos de Química General I.....	53
Figura 9. Resultados del ATI de uno de los exámenes parciales de Química General I.....	55
Figura 10. Resultados del ATI en tres exámenes diferentes: Ingreso a licenciatura UNAM, Conocimientos mínimos de la FQ y Parcial de QGI de la FQ.....	57

#### Índice de tablas.

Tabla 1. Tabla construida a partir del formato y lineamientos técnicos de los diferentes tipos de ítems de CENEVAL.....	33
Tabla 2. Características del aprendizaje en los Enfoques pedagógicos .....	37
Tabla 3. Matriz CIC. ....	44
Tabla 4. ATI del examen muestra UNAM 2018 área 2.....	50
Tabla 5. ATI del examen de conocimientos mínimos de Química General I. ....	52
Tabla 6. ATI de uno de los exámenes parciales de Química General I.....	54
Tabla 7. Extracto de la tabla 1: Especificaciones técnicas de un ítem de tipo de morfología “ordenamiento”.....	66



## Resumen

*“No huiré más de ti, oh, hijo de Peleo, como hasta ahora. Tres veces di la vuelta, huyendo, en torno de la gran ciudad de Príamo, sin atreverme nunca a esperar tu ataque. Mas ya mi ánimo me impele a afrontarte, ora te mate, ora me mates tú.”*  
*La Ilíada, Homero.*

En este documento se presenta la herramienta llamada Matriz CIC (Comportamiento – Ítem – Carácter) para el análisis de un elemento muy importante de los exámenes y, por lo tanto, de las evaluaciones: el ítem o reactivo de opción múltiple. Para cumplir con este fin, se requiere de la integración de las características escritas del ítem, su relación con los contenidos de química y la asociación del ítem con un enfoque pedagógico.

El análisis tridimensional de ítems (ATI) permite caracterizar preguntas de evaluaciones de opción múltiple desde tres perspectivas distintas:

- a) Los tipos de *Morfología*, que se refiere a las características composicionales sobre las que se construye el ítem,
- b) los *Enfoques pedagógicos*, que se refieren a la forma en que se busca que el alumno aborde la pregunta, y
- c) *los Niveles de representación de la química*, que el alumno utiliza para explicar los diferentes fenómenos asociados a esta ciencia.

Con este contexto se construyó la “Matriz CIC” (Comportamiento-Ítem-Carácter), con la cual se puede identificar el carácter y comportamiento de un ítem de química. Se aplicó el ATI a tres exámenes diferentes para así poder comprobar su eficacia y generar nuevas reflexiones y posturas sobre la educación química.

## 1. Antecedentes

*“Todos los hombres tienen naturalmente el deseo de saber. El placer que nos causan las percepciones de nuestros sentidos es una prueba de esta verdad.”  
Metafísica, Aristóteles.*

La educación es el proceso mediante el cual el ser humano obtiene, genera y transforma: conocimientos, experiencias, habilidades, aptitudes, creencias, entendimiento de su propio entorno y del entorno de los demás. Como menciona Ortiz (2013) *“La transmisión de valores culturales, éticos y estéticos, entendida como educación requiere también como actividad humana que es [,] de la búsqueda de métodos, vías y procedimientos, que la hagan más eficaz y efectiva como para hacer realidad el ideal de hombre que cada época traza”*.

El proceso educativo se puede dividir en tres partes generales muy importantes: la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación (Frías y Martínez, 1988). La enseñanza se refiere a toda la metodología usada por parte del docente para establecer entornos educativos que permitan al alumno llegar al aprendizaje. Este último se refiere al proceso de atención, visualización y comprensión, aprehensión, construcción y reformulación, de los conocimientos y habilidades por parte del alumno. El aprendizaje tiene por objetivo la comprensión de los conceptos y aplicación de los mismos para proceder posteriormente con la evaluación.

Desde la perspectiva de Vicente Talanquer (2009), el objetivo central de un curso introductorio de química para los estudiantes del siglo XXI debe sustentarse en que los alumnos reconozcan que el pensamiento químico moderno es de gran utilidad para dar respuesta a preguntas fundamentales sobre las sustancias y los procesos de nuestro mundo. Talanquer enfatiza la existencia de cuatro preguntas esenciales a las que la química busca dar respuesta:

1) ¿Qué es esto? (Análisis)

Provoca el cuestionamiento básico sobre la composición de la materia e introduce al alumno hacia un modelo de investigación, direccionando sus siguientes preguntas con base en un material (producto) previamente seleccionado.

2) ¿Cómo lo hago? (Síntesis)

Implica la cuestión básica de producción del material seleccionado, guiando al alumno hacia posibles replanteamientos en la elaboración del material (productos).

3) ¿Cómo lo cambio? (Transformación)

Es la pregunta más importante e involucra experimentación, ya que cambia la forma en que el alumno entiende la producción y síntesis del material, y modifica los ensayos para así saber cuál será el más eficiente, ecológico, económico, etc. (dependiendo de las necesidades de su entorno).

4) ¿Cómo lo explico o predigo? (Modelaje)

Explicar un fenómeno permite modificar la línea de producción de un material y predecir condiciones mayormente favorables. Predecir un fenómeno implica entenderlo y, con base en el entorno en el que se lleva a cabo, hacer afirmaciones sobre lo que ocurrirá si se realiza un experimento controlado o si se lleva a cabo un fenómeno natural.

Considerando lo anterior, para evaluar a un estudiante en aspectos relacionados con la química, lo más adecuado sería hacerlo mediante: preguntas, ítems y/o problemas que aborden principios básicos y al final, una evaluación especializada dependiendo del campo de estudio donde se evalúa.

## ***Campo de estudio***

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es una universidad que ofrece licenciaturas a los estudiantes que han terminado el bachillerato. Para ingresar a alguna de las licenciaturas de la UNAM se puede aplicar al pase directo bajo ciertos criterios, concedido a los alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y a los alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). Otra forma de ingresar a esta universidad es por medio de un examen estandarizado de 120 ítems de opción múltiple relacionados con distintas ramas del conocimiento dependiendo de la licenciatura que se desea estudiar.

El campus de la UNAM se divide en distintas escuelas y facultades. En la Facultad de Química (FQ) hasta el año 2018 se han ofertado cinco licenciaturas:

- Química
- Química farmacéutico biológica
- Química de alimentos
- Ingeniería química
- Ingeniería química metalúrgica

A partir del año 2019 se integra una sexta licenciatura: Química e Ingeniería en Materiales, en la cual se plantea que el licenciado egresado es un profesionista que posee los conocimientos, habilidades y las actitudes necesarias para desempeñarse en su campo profesional, entendiendo, identificando y resolviendo los problemas relacionados con los materiales.

Todas las licenciaturas antes mencionadas comparten un tronco común, del cual son parte las asignaturas Química General I y Química General, las cuales integran el conocimiento básico que un alumno de esta facultad debe poseer para así continuar con las demás asignaturas de su licenciatura.

En las asignaturas de Química General se aplica un examen colegiado al finalizar el semestre, con el fin de evaluar de manera general los conocimientos que terminan

alguna de estas asignaturas. Este examen es llamado “Examen de conocimientos mínimos” y se conforma con ítems de opción múltiple.

Las asignaturas de la FQ se imparten de forma semestral por un docente que decide desde el inicio de su curso cómo evaluar a sus alumnos. La manera más general de evaluar es mediante la aplicación de exámenes parciales elaborados por el docente, por lo que estos exámenes pueden o no ser de opción múltiple.

## **La evaluación**

La evaluación (Salinas, 2002) es un conjunto de experiencias y vivencias de profesores y alumnos que tienden a tratar de evidenciar o constatar determinados aprendizajes del alumno con la finalidad de juzgarlos y de mejorar y adaptar la enseñanza a los ritmos y posibilidades de dichos alumnos.

¿Pero cómo garantizar o saber que las preguntas que formulan los docentes miden lo que se desea medir?

*“Los exámenes con muchos estilos de preguntas diferentes no pueden ser medidos fácilmente en cuanto a su “fiabilidad”, la cual es una medida estadística de si los estudiantes obtendrían resultados consistentes en versiones repetidas del examen. También, tenemos que tener en cuenta la “validez” de la prueba, que tiene que ver con lo bien que evalúa la prueba lo que se supone que tiene que evaluar, y está basada en cómo cubrimos los objetivos que pretendemos examinar” (Kelter, 2006)*

Una evaluación, por lo tanto, es útil en aspectos escolares, sociales, como en aspectos del rubro científico. Por ejemplo: una evaluación sensorial en química de alimentos nos habla de las experiencias sensibles a las que se somete una persona al momento de probar un platillo; una evaluación de propiedades mecánicas de un componente metálico es capaz de predecir si el material fallará cuando se encuentre en servicio; una evaluación de la higiene aplicada a un establecimiento comercial permite certificar la calidad sanitaria de éste; la evaluación aplicada en las diferentes

organizaciones, en el área de recursos humanos, permite evidenciar las aptitudes y habilidades del trabajador y establece si es apto o no para el puesto.

Una evaluación escolar es aquella que evidencia el conocimiento, las habilidades y aptitudes del alumno, permitiendo proponer un juicio (ya sea cualitativo o cuantitativo) de parte del profesor. Se subraya (Salinas, 2002) que evidenciar o constatar los aprendizajes alcanzados por un alumno es indispensable para mejorar nuestra enseñanza y las situaciones de aprendizaje que diseñan los docentes para sus alumnos, pero también forma parte de la obligatoriedad de informar de dichos avances dejando constancia oficial de los mismos.

También es importante mencionar que la aplicación práctica de los conocimientos y capacidades es para el alumno el punto de comprobación de si aprendió bien o no (Tomaschewski, 1966). El autor también agrega que la evaluación le ofrece al maestro la oportunidad de constatar el acierto de su trabajo y de planificar cómo puede ampliar y profundizar los conocimientos y capacidades de sus alumnos.

La evaluación es una parte crítica del proceso educativo y es el eje más importante de este trabajo de investigación. Con ella se obtiene la información retroactiva de los dos procesos anteriores: la enseñanza, donde el docente comprueba si los procesos de enseñanza y aprendizaje cumplieron el objetivo principal de la educación; y el aprendizaje, donde el alumno comprueba el nivel de conocimiento obtenido no sólo mediante la clase, sino mediante el uso del conocimiento en su vida diaria y en su futura profesión.

Para fines prácticos, en este trabajo la definición de Salinas sobre la evaluación es la que tendrá mayor importancia. La evaluación, como se ha descrito anteriormente, tiene diversos objetivos dependiendo del área donde se desee aplicar, pero tiene un solo objetivo en común: el juicio.

Para lograr su objetivo específico, la evaluación intenta evidenciar el conocimiento adquirido por el alumno en un cierto periodo (establecido por el profesor o por el plan curricular). Este objetivo depende del área de conocimiento y, comparado con lo que se desea alcanzar en las diferentes profesiones o niveles educativos, es un

objetivo muy limitado. Existen planes curriculares que con una gran extensión verbal apenas logran describir el objetivo del curso semestral de una sola asignatura, por lo que en el caso específico de la química se tratarán de establecer las intenciones más generales a cumplir en un estudiante de ciencias experimentales.

## **Los exámenes**

Mientras que las formas de evaluar son numerosas, los exámenes escritos constituyen la forma más tradicional que se utiliza hoy en día (Salinas 2002), dado que no necesitan tanto tiempo como un examen oral y evidencian el conocimiento del alumno en un documento escrito que, a su vez, puede ser evaluado por más docentes en caso de requerirlo.

*“Un examen es un instrumento que sirve para medir los aprendizajes alcanzados por los sustentantes en un área específica. En los exámenes se miden atributos (constructos) que no se pueden observar de manera directa (por ejemplo, no podemos decir a simple vista cuánta habilidad matemática tiene una persona), pero que se infieren a partir de un conjunto de variables (reactivos-ítems) mediante las cuales el sustentante puede demostrar su nivel de desempeño” (CENEVAL, 2003).*

*“Los exámenes se dividen en tres tipos:*

- a) Examen escrito de ensayo (o respuesta abierta). Es un examen donde se solicita del alumno, a través de un conjunto de preguntas o texto a comentar, el desarrollo escrito de un discurso organizado que evidencie sus conocimientos.*
  
- b) Examen de respuestas breves. Es un tipo de examen cuyas preguntas solicitan al estudiante una respuesta breve. Se identifica una pregunta de examen como “de respuesta breve” cuando demanda del estudiante una definición, una descripción o una explicación o argumentación de pocas líneas.*

- c) *Pruebas objetivas. Son exámenes escritos que, normalmente, están constituidos por un amplio repertorio de preguntas o ítems, cuyas respuestas están exactamente delimitadas, permitiendo una puntuación libre de interpretaciones subjetivas. Las pruebas objetivas se dividen en:*
- *Verdadero – falso. Son cuestiones que exigen al estudiante optar entre dos alternativas excluyentes: verdadero-falso; si-no; correcto-incorrecto.*
  - *Opción múltiple. Son preguntas donde al estudiante se le propone un enunciado, así como un conjunto de opciones de respuesta donde, normalmente, una es la verdadera y las restantes son falsas.*
  - *Relación de pares. Se le propone al alumno que relacione (mediante flechas, por ejemplo) los elementos que en forma de palabras, símbolos o frases se encuentran distribuidos en dos columnas.*
  - *Complementación. Son preguntas que demandan del estudiante una respuesta concreta: una palabra, un dato, un símbolo o quizás una frase.” (Salinas, 2002)*

Este estudio se centra en pruebas objetivas y en ítems de opción múltiple, dadas sus características: facilidad de medición cuando se aplican a grupos numerosos de alumnos, veracidad y discriminación en el ítem en los exámenes.



## ***Los reactivos de opción múltiple***

Un reactivo de opción múltiple es un planteamiento en forma de oración que demanda la respuesta de un individuo y tiene como objetivo medir el conocimiento de este último. También puede ser utilizado para evaluar habilidades y competencias que permitan obtener información acerca del desempeño del individuo en el sistema escolarizado, por ejemplo, una calificación escolar o una certificación.

En este trabajo de investigación se entiende por reactivo, una pregunta a contestar, afirmación a valorar, problema a resolver o acción a realizar. Los reactivos son parte de un cuestionario o algún instrumento de evaluación específico y tienen la intención de reportar el avance académico de un estudiante.

Partiendo del hecho de que la química es una ciencia experimental, está claro que, al igual que otras ramas del conocimiento, también tiene un lenguaje técnico y especializado que incluye el concepto “reactivo” que hace referencia a una sustancia empleada para llevar a cabo una reacción química, por lo que los reactivos de evaluación serán llamados de ahora en adelante como *ítems*.

De acuerdo con el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL, 2013), el ítem de opción múltiple debe poseer “*cuatro posibles respuestas*”, porque con ellas, hablando estadísticamente, se agrega dificultad y certeza al ítem, cuyo objetivo de las posibles respuestas es básicamente de índole estadístico. De acuerdo con el Ceneval (2013), las posibles respuestas:

- Centran la atención del individuo sobre algún tema en específico
- Se elaboran a manera de distractores
- Facilitan la labor de la calificación
- Homogenizan las posibles respuestas

*“Un examen típico mío de cincuenta y cinco minutos tiene veinte preguntas de opción múltiple que varían entre preguntas fáciles a nivel de memorización y preguntas muy difíciles de evaluación y predicción. Tienden a ser fiables estadísticamente.” (Kelter, 2006)*

A pesar de que algunos alumnos y profesores piensan que los ítems de opción múltiple son confusos, estos reactivos no tienen que serlo, por el contrario, deberían tener un nivel similar de claridad (o de confusión) de un ítem de respuesta abierta.

*“Sin embargo, hasta hace muy poco tiempo, una práctica común de las instituciones de educación superior mexicanas para seleccionar a sus estudiantes (cuando la matrícula se saturaba) era la utilización de exámenes de admisión informales, que eran elaborados por grupos de profesores que impartían clases en cada institución, pudiendo ser o no especialistas en el tema [de la disciplina a evaluar o de la elaboración de exámenes de ítems]. Por desconocimiento, estos exámenes nunca se ponían en tela de juicio y, por lo tanto, no se validaban ni se estandarizaban.” (Backhoff, E., Larrazolo, N., Rosas, M., 2000)*

Aquí nos encontramos con dos aspectos a discernir: ¿cuál es el nivel adecuado para un ítem?, ¿cuál es el nivel adecuado para un examen?

Investigadores educativos han centrado su atención en mejorar la validez de las pruebas de opción múltiple. Un método de validación altamente aceptado es el manejo de datos estadísticos, en donde los conceptos más relevantes a estudiar son a) la dificultad de un ítem y b) la dificultad de un examen. Es posible cuantificar la dificultad de un ítem, pero éste no funciona de manera adecuada por sí solo, por lo que se evalúa a los ítems dentro de un examen y se obtiene la dificultad de un examen con base en la dificultad de los ítems que lo forman.

La dificultad de un ítem ( $P_i$ ) nos revela la proporción de alumnos que lo responden correctamente y se calcula dividiendo el número alumnos que responden correctamente (aciertos,  $A_i$ ) del ítem entre el total ( $N_i$ ) de alumnos que realizaron el reactivo (Backhoff et. al., 2000):

$$P_i = \frac{A_i}{N_i} \quad (1)$$

Este cociente “la dificultad del ítem” se encuentra en un rango de 0 a 1. Un valor cercano a uno indica que el ítem es fácil y por el contrario un valor cercano a cero indica que el ítem resultó difícil para esa población de alumnos.

El nivel medio de dificultad del examen (el cual se obtiene del promedio del cociente de dificultad de cada ítem que lo conforma) debe oscilar entre 0.5 y 0.6 (Backhoff *et al.*, 2000), esto implica que un examen que sigue esta norma debería aprobar a un máximo del 60 % de los alumnos. Es decir, se esperaría que sea selectivo, por lo que, la mitad de la población o más no será capaz de responder adecuadamente un examen. Cabe mencionar que los estudios de Backhoff *et al.* se centran en evaluaciones sistematizadas a grandes poblaciones como el CENEVAL (Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior), COMIPEMS (Comisión Metropolitana de Instituciones Públicas de Educación Media Superior), etc. en los que se buscan grupos de alumnos que se desempeñan de forma claramente distinta en el examen, para tomar determinaciones de elección de los mejores. Por lo anterior se esperaría que fuese un porcentaje muy bajo el que alcanzara la máxima calificación ya que, como se mencionó antes, estos exámenes deberán servir para seleccionar a los mejores alumnos.

---

<sup>1</sup> La ecuación se tomó exactamente como se encuentra en el artículo de Backhoff *et al.*, 2000

P<sub>i</sub> es la dificultad del ítem

A<sub>i</sub> es la cantidad de alumnos que acertaron en el reactivo

N<sub>i</sub> es la cantidad de alumnos que aplicaron al reactivo

## 2. Marco teórico

*“Un hombre sería pésimo químico si solo atendiera esa parte del conocimiento humano”  
Frankenstein, Mary Shelly.*

De acuerdo con algunos especialistas de la historia y filosofía de la química “No hay ciencia que haya hecho más por el bienestar de la humanidad que la química” (De los Ríos, 2011) y para muestra, Robert Brown titula su libro de texto “Química, la ciencia central” (Brown, 2004).

La química se dedica al estudio de la materia, sus transformaciones y a la comprensión de cómo suceden dichos cambios. Esto permite predecir, explicar, tomar decisiones y proponer soluciones a muchos de los problemas de interés químico actuales. La enseñanza de la química es un tanto diferente de las demás áreas del conocimiento, ya que, además de los aspectos sociales, cognitivos y científicos, requiere de la comprensión de los fenómenos en diferentes niveles de representación (Johnstone, 1982): simbólico, macroscópico y microscópico (también llamado nanoscópico en referencia al tamaño de los átomos). Por lo anterior un profesor de química necesita hacer uso de todos los medios posibles de enseñanza y tener la habilidad para expresar claramente cada idea, concepto, fenómeno y el uso adecuado de cada nivel de representación durante su clase. Los educadores de la química tienen la oportunidad y la responsabilidad de explorar con los estudiantes, que están en camino de convertirse en químicos profesionales, las relaciones de la química con los problemas de la sociedad (Harrison, A. 1974).

De las licenciaturas impartidas en la FQ de la UNAM, la licenciatura en Química se eligió como punto de referencia para analizar el perfil de egreso. Las demás licenciaturas coinciden en alguna parte con el perfil de egreso de Química:

1. “El químico egresado de la facultad de química de la UNAM es un profesional con una sólida formación en el área de la química y sus disciplinas como son la química orgánica, química inorgánica, química teórica, fisicoquímica y como parte esencial de la química analítica; que le permiten aplicar sus competencias impulsando el desempeño de la industria química en general y la docencia.

2. Es capaz de realizar investigación tanto básica – en la que genera nuevos conocimientos – como aplicada – en la que puede crear y modificar productos, manejar y desarrollar tecnología; así como realizar y analizar de manera crítica la información científica y técnica reportada en fuentes especializadas.
3. También adquiere experiencia en la formación de recursos humanos de alto nivel en el área de las ciencias Químico Biológicas y desarrolla la habilidad para dominar la metodología de la investigación científica y crear proyectos de investigación.
4. El egresado de la Licenciatura en Química debe ejercer su actividad profesional dentro de un marco de responsabilidad, honestidad, profesionalismo y alto sentido ético y tener conciencia del desarrollo sostenible.” (Facultad de Química, 2019)

Una evaluación completa del licenciado en Química debería considerar estos cuatro objetivos. Según el primero, la evaluación deberá incluir medidores específicos que evidencien el conocimiento adquirido hasta ese momento por el alumno, y se añade un aspecto (igual o hasta más importante) que es el desarrollo y aplicación de las habilidades que serán determinantes en su desempeño para la industria y en su profesión. Esto incluye todas las habilidades de manejo de equipo e instrumentos de laboratorio y la capacidad para la preparación y síntesis de diferentes sustancias, atendiendo a los diferentes riesgos presentes al trabajar con materiales nocivos. El segundo y tercer objetivo establecen que el alumno pueda abordar y comprender los conocimientos científicos actuales a partir de la experimentación o de la generación de modelos físico-matemáticos. Esto supondría una evaluación respecto a la capacidad del alumno de investigar por su cuenta la información necesaria para dar respuestas certeras sobre el fenómeno. El cuarto objetivo añade el profesionalismo, alto sentido ético y la conciencia sobre el desarrollo sostenible. A este respecto, la evaluación debería incluir la forma de medir capacidades de ética profesional.

Si la persona encargada de evaluar las características de un egresado de Química integrara todos estos objetivos a una evaluación, tal vez ésta terminaría siendo muy extensa en cuanto a duración temporal, muy difícil y por lo mismo podría ser imprecisa debido a la cantidad de mediciones que realiza. Por lo anterior se sugiere

que el evaluador jerarquice y puntualice lo que desea medir y aplicar diversas evaluaciones que aborden estos requisitos de forma integral.

En cuanto al currículo escolar, para evaluar el logro de los estudiantes con respecto a los objetivos de cada asignatura, el profesor documenta el aprendizaje de sus alumnos y establece una calificación. Como se revisó anteriormente, los exámenes escritos se aplican con mayor frecuencia, y de éstos, los exámenes de ítems de opción múltiple son una ventaja (hablando del tiempo de calificación) si se desea evaluar de forma rápida y práctica a un grupo numeroso de alumnos. Para la elaboración de un ítem, de un examen o de una evaluación en química, el docente debería plantearse las siguientes preguntas: ¿qué deseo evaluar? y ¿cómo lo voy a evaluar?

Estas preguntas responden por una parte a un nivel de conocimiento donde el alumno es evaluado en una asignatura o tema específicos. Ejemplo de esto es un profesor que desea evaluar el tema “Reacciones ácido base” de la asignatura de Química General I impartida en la Facultad de Química durante el primer semestre. El tema, asignatura, semestre, licenciatura, plantel, implican diferentes formas de explicar un fenómeno químico, lo cual se relaciona directamente con los niveles de representación de la química (Johnstone, 1982). Por otra parte, cómo se evalúa al alumno se responde con aquellos elementos tipológicos que marcan al ítem y también se direcciona hacia los enfoques pedagógicos, que caracterizan la forma en que el alumno comprende su medio (en este caso, el tema a evaluar).

Cada ítem debe contener tres aspectos que se presentan a continuación: (a) los tipos de Morfología y (b) los Enfoques pedagógicos) y después se presentan (c) los niveles de representación de la química que, como hemos visto, deben ser considerados en su enseñanza.

## **2.1 Los tipos de Morfología del ítem**

Respecto a los ítems de opción múltiple, hay un entendido común que hace pensar que los ítems son fáciles de responder. Esta concepción está más relacionada con una elaboración incorrecta o errónea del reactivo, ya que es labor del docente redactar adecuadamente el ítem para que el nivel de dificultad requerido no se vea modificado por los aspectos ortográficos y la sintaxis (Macías, S., 2017). La Morfología de un ítem (Ceneval, 2013) se caracteriza por los siguientes tipos de ítems:

- a) Ítems de completamiento: es donde se presenta un enunciado en el que se omite uno o varios elementos, señalados con una línea.
- b) Ítems de cuestionamiento directo: aquellos que se presentan por un enunciado interrogativo, una afirmación o una frase que requiere completarse en su parte final.
- c) Ítems de elección de elementos: aquellos donde se presenta un conjunto de elementos de los cuales se eligen algunos de acuerdo con un criterio determinado.
- d) Ítems de jerarquización u ordenamiento: aquellos donde se presenta un listado de elementos que deben ordenarse de acuerdo con un criterio determinado.
- e) Ítems de relación de columnas: donde existen dos listados de elementos que han de vincularse entre sí conforme a un criterio que debe especificarse en la base del reactivo.

Estas características son un elemento clave para la construcción de una herramienta de evaluación de ítems, ya que cada una de ellas puede implicar diferentes formas de evaluar y de obtener de forma objetiva un criterio de evaluación individual o grupal.

## 2.2 Los Enfoques pedagógicos

*“Pero, en fin, nuestro lobo estepario ha descubierto dentro de sí, al menos, la duplicidad fáustica; ha logrado hallar que a la unidad de su cuerpo no le es inherente una unidad espiritual, sino que, en el mejor de los casos, solo se encuentra en camino, con una larga peregrinación por delante, hacia el ideal de esta armonía”.  
El lobo estepario, Herman Hesse.*

La química actual es heredera de una gran cantidad de oficios y tradiciones que influyeron en la vida cotidiana de todas las culturas (Chamizo 2011). El profesional de la química estudia las transformaciones de la materia y los cambios energéticos que se llevan a cabo durante éstas; de esta forma, entiende y explica su campo de trabajo mediante la descripción de entes que existen pero que, por su tamaño, el ojo humano no puede ver. Esto último se refiere a las partículas que conforman a la materia, ya sean moléculas, átomos, electrones, protones y neutrones, cuyas interacciones modifican la estructura y el comportamiento de la materia.

Las diferentes formas de pensar y diferentes formas de enseñar han incidido a lo largo del tiempo en la conceptualización de la ciencia y, en este caso, de la química. Por otro lado, la intención de explicar y fundamentar la enseñanza de las ciencias desde la pedagogía siempre ha estado presente como parte de la investigación científica (Spencer, J., 1999). La pedagogía se convierte entonces en una poderosa herramienta en el salón de clases y fuera de él. Estas formas de pensar y enseñar que permiten al estudiante avanzar hacia los objetivos de aprendizaje (por ejemplo, aprehender el conocimiento) planteados en los currículos, tienen diversas expresiones, metodologías y pensares. Todas ellas comparten el objetivo de dar una explicación a lo que nos rodea y se caracterizan por tener diferentes procedimientos para lograrlo.

Los enfoques pedagógicos actuales tienen raíces que se extienden hasta el pasado (sobre las teorías del conocimiento). Los problemas con los que los investigadores de hoy se enfrentan no son nuevos, sino simplemente variaciones sobre un tema persistente con el paso del tiempo: ¿cómo obtienen el conocimiento las personas?



Distintos autores expresan la importancia de tres enfoques pedagógicos que se pueden aplicar a la educación química: el conductismo, el cognoscitismo y el constructivismo.

La química y el conductismo. Dudley y Nurrenbern (1999) en su artículo "*Chemical education research: improving chemistry learning*" comentan que los conductistas describen el aprendizaje con base en estímulos que inciden a su vez en nuestros sentidos y en las respuestas ante estos estímulos, sin tener la forma de comprender a la mente humana directamente. Los profesores transmiten conocimiento al proporcionar los estímulos apropiados y condicionar a los estudiantes para que respondan adecuadamente (Peggy, A. y Timothy, J., 1993). La teoría del conductismo hace referencia a una realidad asequible, sobre la cual se pueden establecer modelos y teorías que nos permiten conocer el objeto de estudio de forma directa, por lo tanto, el conocimiento es alcanzable.

La química y el cognoscitismo. En la década de los 1950's, los psicólogos y educadores comenzaron a restarle importancia a la conducta manifiesta y observable, y destacaron procesos cognitivos más complejos como el pensamiento, solución de problemas, lenguaje, formación de conceptos y procesamiento de la información (Peggy, A. y Timothy, J., 1993). En años posteriores, varios autores del campo del diseño instruccional rechazaron abierta y conscientemente muchas de las suposiciones conductistas tradicionales, a favor de un nuevo conjunto de suposiciones psicológicas sobre el aprendizaje, extraído de las ciencias cognitivas: esto permitió al cognoscitismo moverse hacia el campo de los enfoques pedagógicos. Este cambio de orientación conductista a cognoscitivista (donde el énfasis se encuentra en promover el procesamiento mental del individuo) produjo un cambio similar desde las técnicas y procedimientos de manipulación de diferentes materiales siguiendo un conjunto de instrucciones, a procedimientos donde el estudiante tiene completa interacción con este conjunto de instrucciones (Peggy, A. y Timothy, J., 1993).

La química y el constructivismo. De acuerdo con Peggy y Timothy (1993), varios teóricos del conductismo contemporáneo comenzaron a cuestionar la suposición objetivista básica del conductismo y adoptaron un enfoque más constructivista para el aprendizaje y la comprensión: el conocimiento es una función de cómo el individuo crea significado a partir de sus propias experiencias. Los constructivistas no niegan la existencia del mundo real, pero sostienen que lo que sabemos del mundo proviene de nuestras propias interpretaciones de nuestras experiencias.

Los enfoques pedagógicos y los tipos de morfología del ítem son elementos que responden a la pregunta anteriormente planteada por los docentes que elaboran un examen de ítems de opción múltiple: ¿cómo deseo evaluar? Las posibles respuestas que da un alumno ante un planteamiento pueden ser variadas, pero a la vez éstas se encuentran limitadas por la forma en que el alumno obtiene o construye el conocimiento y la forma de enseñar del profesor; lo que lleva a un enfoque pedagógico. Por lo anterior en los tipos de morfología del ítem se pueden incorporar características que se relacionen con los enfoques pedagógicos.

### ***2.3 Los niveles de representación de la química***

De acuerdo con Cooper y Stowe (2018) en 1982, cuando la educación en química empezaba a formar parte importante de los cursos de química a nivel superior, Johnstone publicó un modelo que buscaba expresar en tres niveles a la comprensión de la química, buscando facilitar la forma de enseñarla y de aprenderla. El modelo de niveles de representación de la química vio la luz y no llamó mucho la atención de los educadores de la química hasta principios de este siglo, cuando varios autores dieron su opinión sobre el modelo, hicieron modificaciones a los niveles de representación e incluso propusieron nuevos modelos de comprensión de la química (Caamaño, 2014).

Para un profesionalista de la química es común transitar entre las diferentes niveles de representación del mundo microscópico, macroscópico y simbólico en las diferentes facetas sociales (Talanquer, 2011), por lo que la educación química

actual reconoce la importancia de la incorporación de los niveles de representación de la química en los entornos educativos y se espera que converja en una visión objetiva del pensamiento químico.

Los tres niveles de representación de la química son los siguientes:

*a) macroscópico*

El nivel de representación macroscópico considera lo que podemos percibir con nuestros sentidos: es todo lo visible y todo lo palpable. Los ítems que pertenecen a esta escala se llamarán “macro-ítems”.

*b) nanoscópico o microscópico*

El nivel de representación microscópico, nombrado así por Johnstone, se refiere al nivel nanoscópico de las sustancias. No es posible observarlo y se refiere a todo lo relacionado con el mundo de los átomos y las moléculas, y a lo que compone a los átomos (partículas subatómicas), que son aún más pequeños que estos dos últimos. Los ítems que pertenecen a esta escala se llamarán “nano-ítems”.

*c) simbólico*

El nivel de representación simbólico comprende a todo lo que se representa mediante símbolos, signos, letras, números. Corresponde a realizar operaciones (sin la necesidad de representar el fenómeno en las dos escalas anteriores) y representar los fenómenos sin necesidad de utilizar nuestros sentidos directamente. Los ítems que pertenecen a esta escala se llamarán “simbo-ítems”.

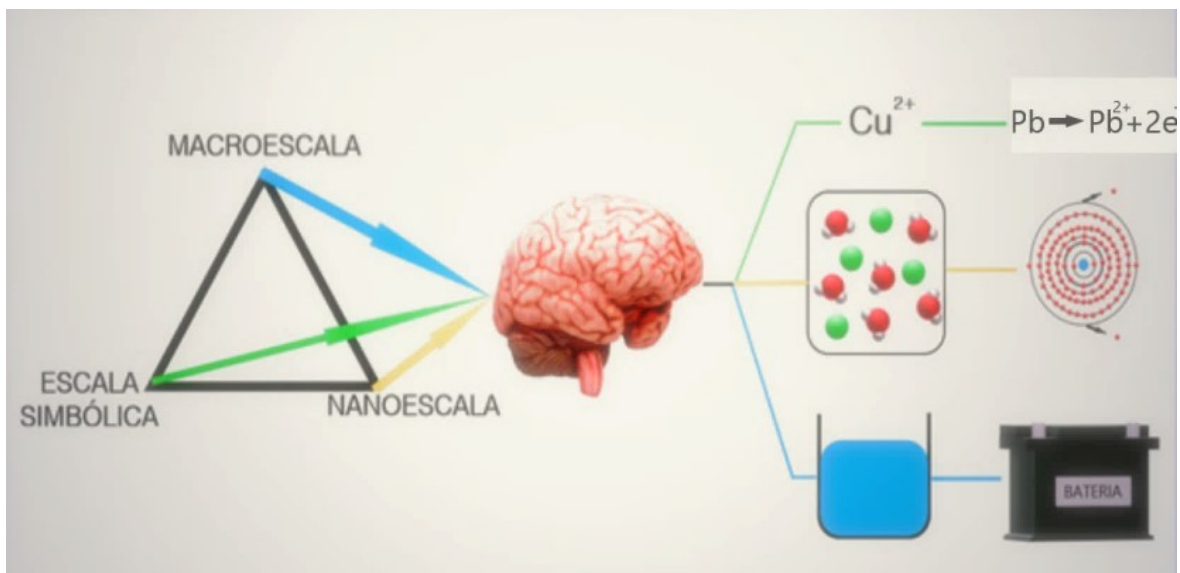


Figura 1. Ejemplo de cómo se utilizan los niveles de representación de la química<sup>2</sup>

En la Figura 1, los niveles de representación en este esquema se conectan a través de flechas de colores: amarillo, azul y verde que corresponden a: nanoescala, macroescala y escala simbólica respectivamente. En un primer ejemplo, un profesionalista de la química plasma una disolución de cobre II (primera columna) cuya representación en la escala simbólica es  $\text{Cu}^{2+}$ , este símbolo debería ser suficiente para que un profesionalista de la química sea capaz de relacionarlo con el nivel nanoscópico; en este caso, se encuentra plasmado con esferas de color verde que representan a los átomos de Cu (II) rodeados de moléculas de agua, por ser una disolución acuosa. ¿Qué es lo que observará el profesionalista de la química cuando tome esa disolución de Cu II en sus manos? En la macroescala se observará un líquido de color azul.

El segundo ejemplo se refiere a una reacción de oxidación donde cada átomo de plomo pierde 2 electrones por cada molécula de sustancia reaccionante (segunda columna). En la escala simbólica el profesionalista de la química representa la reacción mediante una flecha y establece una diferencia entre la especie a la izquierda y la especie de la derecha con un superíndice ( $^{2+}$ ). Imaginar la nanoescala sería imposible sin el uso de algunos modelos atómicos (Bohr), de modelos

<sup>2</sup> Esta es una imagen creada por mí mismo, esperando facilitar la comprensión del modelo.

moleculares (Lewis) o hasta de los modelos periódicos (Ley periódica). Con estos modelos se puede pensar en que un átomo de plomo de carga neutra con 82 electrones done dos de estos para formar parte de una nueva molécula. Y ¿qué es lo que observará el químico cuando observe la reacción de oxidación de plomo a plomo (II)? La macroescala busca responder qué es lo que ve el alumno; la reacción podría no verse claramente en un experimento de laboratorio debido a la rapidez a la que se lleva a cabo (lo cual, fácilmente sería representable en la escala simbólica) pero se puede ejemplificar mediante el uso de una batería de coche, un dispositivo que convierte energía química en energía eléctrica, que no es notorio a simple vista, pero muy conocido por los conductores de autos.

Los tres niveles de representación de la química permiten al alumno comprender los fenómenos naturales utilizando los conceptos químicos y al mismo tiempo desarrollar la habilidad de al integrar y correlacionar los tres niveles. .

### 3. Metodología

*“Una súbita interrupción de las olas sumió a Carter en un silencio frío y asombroso, lleno del espíritu de la desolación. Por todos lados sentía el agobio de la ilimitada inmensidad del vacío. No obstante, sabía que el SER aún estaba allí. Después de un momento, pensó palabras cuya sustancia mental lanzó al abismo: << Acepto. No retrocederé>>.”*

*A través de las puertas de la llave de plata, H. P. Lovecraft.*

#### **Objetivo General**

Diseñar y construir una herramienta de análisis de ítems que permita su caracterización a través de tres dimensiones (Morfología, Enfoques pedagógicos y Niveles de representación de la Química) mediante la recopilación bibliográfica selectiva de los temas de importancia en la educación química.

#### **Objetivos particulares**

- Señalar los enfoques pedagógicos más importantes de la educación química con base en los autores de ésta.
- Exponer los niveles de representación de la química en su concepción más fundamental para obtener una clasificación apta de ítems (dentro del modelo de Johnstone).
- Encontrar una relación entre las tres dimensiones (Morfología, Enfoques pedagógicos y Niveles de representación de la Química) y consolidarla en una matriz de valores que permita el fácil uso del análisis tridimensional de ítems.
- Aplicar el análisis tridimensional de ítems a tres exámenes de opción múltiple distintos. Con esto se busca:
  - introducir la importancia del uso de la herramienta, dados los principios teóricos en los que ésta se basa y

exponer las diferencias y similitudes entre distintos tipos de evaluaciones.

Con lo anterior se espera que esta tesis contribuya a proveer de una herramienta que puede ser utilizada por docentes para repensar sus instrumentos de evaluación , elaborar, construir, modificar o diseñar exámenes con el fin de mejorar la coherencia y congruencia a su estilo de enseñanza y a los objetivos que la asignatura así establezca.

### ***Hipótesis***

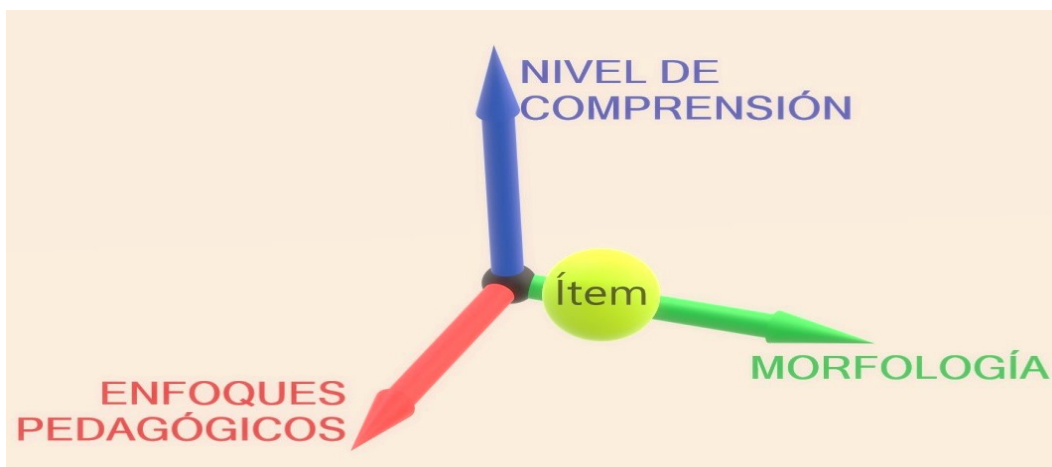
Si la matriz “Comportamiento – Ítem – Carácter” se construye a partir de los fundamentos de: los tipos de Morfología, los Enfoques pedagógicos y los Niveles de representación de la Química, se podrá realizar un Análisis Tridimensional de Ítems y, la caracterización de un ítem de Química General permitirá elaborar evaluaciones más apegadas a los objetivos educativos de cada docente y/o a los objetivos educativos del currículo.

Con lo que se espera que los docentes puedan elaborar evaluaciones que sean más objetivas dentro de los elementos que pertenecen a estas tres dimensiones.

## **Las dimensiones del Análisis Tridimensional de Ítems**

*“Habrá agua si Dios quiere.”  
La torre oscura, Stephen King.*

El Análisis Tridimensional de Ítems (ATI) tiene el objetivo de clasificar y distinguir al ítem mediante el uso de las tres dimensiones: Morfología, Enfoques pedagógicos y Niveles de representación de la Química. La figura 2 construye con base en los conceptos señalados en el marco teórico de este trabajo de investigación y propone que es posible ubicar al ítem de opción múltiple en un sistema de tres dimensiones, donde las características y cualidades de éste permiten clasificarlo en, por lo menos, un indicador de cada dimensión, lo cual se pretende construir en las siguientes páginas.



*Figura 2. Análisis tridimensional de ítems (ATI).<sup>3</sup>*

Será necesaria la construcción de una herramienta en forma matricial que permitirá la caracterización de los ítems de forma sencilla mediante los indicadores que se encuentran en cada dimensión. En este capítulo se revisarán aquellos elementos que serán útiles para la construcción de dicha matriz.

---

<sup>3</sup> Esta es una imagen creada por mí mismo, esperando facilitar la comprensión del modelo.



### **3.1 Los ítems y el tipo de Morfología**

En los *lineamientos para la construcción de reactivos de opción múltiple* (CENEVAL, 2013) se define que la base del ítem debe entenderse sin necesidad de leer las opciones de respuesta, estar redactado de forma afirmativa e incluir explícita o implícitamente una instrucción, entre otras cosas.

Para describir los indicadores que modifican los tipos de Morfología de un ítem, se hará referencia al capítulo 2, donde se propone una clasificación de ítems mediante lineamientos técnicos y formato, que se resumen en la tabla 1 y será relevante para la construcción de la herramienta de ATI<sup>4</sup>, ya que ésta analiza a los ítems con base en su construcción y elaboración.

La tabla 1 expone los tipos de Morfología que puede tener un ítem según CENEVAL (2013).

Los tipos de Morfología de un ítem:

- Implica la formulación del cuestionamiento o propuesta de solución.
- Establece las herramientas que tendrá el alumno para ser evaluado con dicho ítem.
- Propone un acomodo de las respuestas y opciones de respuesta.
- Regula las reglas gramaticales con las que un ítem se construye.

En la columna de formato se explica cómo se presenta el ítem, es decir, como identificarlo rápidamente. La columna de lineamientos técnicos explica cuáles son las limitaciones gramaticales al momento de elaborar un ítem. Como ejemplo, un ítem de completamiento es aquel que se debe responder a un enunciado, pero tiene un máximo de tres palabras que serán la respuesta del ítem.

---

<sup>4</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

Tabla 1. Tabla construida a partir del formato y lineamientos técnicos de los diferentes tipos de ítems de CENEVAL

Tipo	Formato	Lineamientos técnicos	Ejemplo
Completamiento	Se presentan por medio de enunciados, secuencias alfanuméricas, gráficas o imágenes en los que se omite uno o varios elementos, señalados con una línea. En las opciones de respuesta se incluyen los elementos que deben completar los espacios en blanco.	Incluir un máximo de tres espacios por completar cuando se trate de frases, palabras o imágenes.	De acuerdo con las leyes de Newton, la masa es igual a la _____ por unidad de _____ de un cuerpo A) energía – peso B) potencia – volumen C) fuerza – aceleración D) densidad – superficie
		Incluir un máximo de cinco espacios por completar cuando se trate de gráficas o números.	
		No debe estar al inicio o al final de la base una línea por completar cuando sea la única en el reactivo, incluso en los casos en que esté precedida por un artículo.	
Questionamiento directo	La base de estos reactivos se muestra como un enunciado interrogativo, una afirmación o una frase que requiere completarse en su parte final.	Evitar la repetición innecesaria de palabras tanto en la base como en las opciones de respuesta	¿Cuál es el número de oxidación del azufre en el $H_2SO_4$ ? A) +1 B) +6 C) -1 D) -6
		Deben ser menos extensas las opciones de respuesta que la base, salvo que el contenido o la especificación lo exijan.	
Elección de elementos	Se presenta un conjunto de elementos de los cuales se eligen algunos de acuerdo con un criterio determinado. En las opciones de respuesta se presentan subconjuntos del listado	Establecer, en la base, el criterio en función del cual han de seleccionarse los elementos.	Seleccione los elementos de la tabla periódica que corresponden al grupo 1. 1. Litio 2. Calcio 3. Potasio 4. Francio 5. Titanio 6. Magnesio  A) 1, 2, 5 B) 1, 3, 4 C) 2, 4, 6 D) 3, 5, 6
		Incluir elementos del mismo campo semántico o tema en el listado.	
		Emplear listas de cuatro a siete elementos.	
		Integrar al menos dos elementos del listado en las opciones de respuesta.	
		Excluir al menos dos elementos del listado en las opciones de respuesta.	
		Incluir en todas las opciones de respuesta el mismo número de elementos.	
		No repetir un mismo elemento en todas las opciones de respuesta.	
Incluir al menos una vez todos los elementos del listado en las opciones de respuesta.			
Jerarquización u ordenamiento	Se presenta un listado de elementos que deben ordenarse de acuerdo con un criterio determinado (regla, principio, pauta, etcétera). Las opciones de respuesta muestran los elementos de la lista en distinto orden.	Establecer en la base el criterio en función del cual han de ordenarse o jerarquizarse los elementos del listado	Ordene los planetas de acuerdo con su cercanía al Sol. 1. Mercurio 2. Júpiter 3. Venus 4. Urano 5. Tierra  A) 1, 3, 5, 2, 4
		Incluir cuatro a seis elementos cuando se ordenan enunciados, y hasta ocho cuando son palabras.	
		Incluir en el listado los elementos del mismo campo semántico o tema.	
		Presentar desordenados los elementos del listado de la base	

		<p>Incluir todos los elementos del listado en cada opción de respuesta.</p> <p>No debe ocupar un elemento del listado en cada opción de respuesta.</p> <p>No debe ocupar un elemento del listado el mismo lugar en todas las opciones</p> <p>Debe ser plausible el orden de los elementos en los distractores.</p>	<p>B) 1, 4, 2, 3, 5 C) 2, 4, 3, 1, 5 D) 2, 3, 5, 1, 4</p>										
<p>Relación de columnas</p>	<p>Incluyen dos listados de elementos que han de vincularse entre sí conforme a un criterio que debe especificarse en la base del reactivo. En las opciones de respuesta se presentan distintas combinaciones de relación entre los elementos de la primera y segunda listas.</p>	<p>Establecer de forma clara un criterio de relación.</p> <p>Construir listas en las que los elementos y las relaciones sean del mismo tipo.</p> <p>En la primera columna deben ir los conceptos, componentes y elementos; en la segunda, las descripciones, definiciones, características, explicaciones, etcétera. Es decir, la columna con menos información se coloca del lado izquierdo.</p> <p>Incluir un elemento adicional en la columna del lado derecho, siempre y cuando sea plausible. De lo contrario, las columnas podrán contener el mismo número de elementos.</p> <p>Asignar un título a cada columna para que se identifiquen los elementos por relacionar.</p> <p>No repetir palabras o frases en las columnas.</p> <p>Cuando un elemento de la columna izquierda se relaciona solamente con uno de la columna derecha, esta última debe tener un máximo de cinco elementos.</p> <p>Cuando un elemento de la columna izquierda se relaciona con dos o tres de la columna derecha, esta última debe tener un máximo de siete elementos.</p> <p>Todos los elementos de la columna izquierda deben relacionarse con, al menos, uno de la columna derecha.</p> <p>Todas las relaciones deben contener el mismo número de elementos.</p> <p>Una misma relación no debe aparecer en todas las opciones de respuesta.</p>	<p>Relacione la ecuación de la recta con la inclinación.</p> <table border="0"> <tr> <td>Ecuación</td> <td>Inclinación</td> </tr> <tr> <td>1. <math>x - y + 3 = 0</math></td> <td>a) <math>0^\circ</math></td> </tr> <tr> <td>2. <math>x + 3 = 0</math></td> <td>b) <math>45^\circ</math></td> </tr> <tr> <td>3. <math>x + y - 3 = 0</math></td> <td>c) <math>90^\circ</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>d) <math>135^\circ</math></td> </tr> </table> <p>A) 1a, 2d, 3c B) 1b, 2a, 3d C) 1b, 2c, 3a D) 1c, 2b, 3d</p>	Ecuación	Inclinación	1. $x - y + 3 = 0$	a) $0^\circ$	2. $x + 3 = 0$	b) $45^\circ$	3. $x + y - 3 = 0$	c) $90^\circ$		d) $135^\circ$
Ecuación	Inclinación												
1. $x - y + 3 = 0$	a) $0^\circ$												
2. $x + 3 = 0$	b) $45^\circ$												
3. $x + y - 3 = 0$	c) $90^\circ$												
	d) $135^\circ$												

### **3.2 Los ítems y su relación con los Enfoques pedagógicos**

*“Bajó entonces la cabeza y volvió a sentarse. Me dijo que me compadecía. Juzgaba imposible que un hombre pudiese soportar ese modo de pensar. Yo sentí solamente que él comenzaba a aburrirme.”*  
*El extranjero, Albert Camus.*

Los Enfoques pedagógicos se constituyen por un conjunto de ideas, técnicas, estrategias y formas de pensar que tienen como objetivo dar un marco teórico de referencia que permita analizar y comprender el proceso educativo.

Un enfoque pedagógico se refiere a las diferentes propuestas teóricas respecto del aprendizaje de un individuo, así como de las herramientas que ocupa el docente al momento de enseñar (González, V., 2014).

A pesar de que se han propuesto una gran variedad de Enfoques pedagógicos, la evaluación para la educación de la química como se conceptualiza actualmente, diversos autores (Couper, Dudley y Nurrenbern, entre otros) explican que se sustenta de forma adecuada en algunos de ellos. Por lo anterior, se presentan los tres Enfoques pedagógicos que se apegan más a la educación química.

#### a) El conductismo.

La teoría conductista expresa el aprendizaje en términos de eventos ambientales; los procesos mentales no son necesarios para explicar la adquisición, el mantenimiento y la generalización del comportamiento (Schunk, D., 2012). El aprendizaje se logra cuando se demuestra una respuesta adecuada después de la presentación de un estímulo específico; esto significa básicamente que, sin estímulo, no hay aprendizaje. El maestro es el encargado de aplicar los estímulos adecuados para que el estudiante pueda obtener el conocimiento a través de una asociación de conceptos y una respuesta. Un ítem conductista, por lo tanto, es aquel que exige una respuesta concreta, una respuesta específica; el alumno experimentó un estímulo previo para poder responder al ítem, a esto se le llamará “habilidad

de memorización de conceptos”, y es fundamental para construir la herramienta de ATI<sup>5</sup>.

b) El constructivismo.

El constructivismo sostiene que las personas forman o construyen gran parte de lo que aprenden y comprenden (Schunk, D., 2012). Peggy (1993) expresa que algunos autores argumentan que el constructivismo expone “*que la mente filtra la información que el mundo nos suministra y produce su propia y única realidad*”, por lo que un ítem constructivista es aquel que exige al alumno hacer un cálculo matemático no básico (de dos o más operaciones), resolver un problema, remediar una situación más próxima a la realidad (o a su realidad).

c) El cognoscitivismo.

Se enfatiza como parte del cognoscitivismo la adquisición de conocimiento y las estructuras mentales internas (Dudley y Nurrenbern, 1999). Los procesos de aprendizaje cognoscitivo [...] adquieren gran importancia en el aprendizaje complejo (Schunk, D., 2012). El desarrollo de competencia en un dominio académico requiere conocimiento de hechos, principios y conceptos en esa área, junto con estrategias generales que se pueden aplicar en diferentes dominios y estrategias pertinentes a cada área. La adquisición de conocimiento se describe como una actividad mental que implica la codificación y estructuración internas por parte del alumno, lo que supone que el alumno relaciona conceptos para comprender el significado de otro concepto. Un ítem cognoscitivista exige al alumno relacionar columnas, ordenar conceptos o ideas, establecer conexiones entre definiciones.

Los Enfoques seleccionados permiten diferenciar a los ítems de opción múltiple respecto a las características mencionadas en cada punto.

---

<sup>5</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

La tabla 2 es una construcción conceptual porque permite identificar las características de cada enfoque, y por lo tanto las características que debe poseer el ítem para pertenecer al enfoque pedagógico, y es la segunda aportación relevante de este trabajo.

*Tabla 2. Características del aprendizaje en los Enfoques pedagógicos*

<b>Enfoque</b>	<b>Características del enfoque</b>	<b>Características de los ítems</b>
Conductismo	El alumno memoriza los conceptos fundamentales de la asignatura ante un estímulo, el cual provoca una respuesta.	Preguntas directas donde el alumno identifica la respuesta más adecuada de acuerdo a lo aprendido.
Constructivismo	El alumno construye su propio conocimiento a partir de experiencias y observaciones adquiridas con anterioridad.	Preguntas de aplicación de conocimientos, donde el alumno puede imaginar el fenómeno y resolver un problema en cuestión a éste.
Cognoscitivismo	El alumno comprende a través de las relaciones e interacciones entre los objetos	Problemas de relación de conceptos. Preguntas donde es necesario relacionar, ordenar, conectar, acoplar y comparar los conceptos aunados al reactivo

A manera de ejemplo se presentan cuatro ejemplos de ítems que se acoplan a cada uno de los Enfoques pedagógicos:

<p>a) Ítem conductista:</p> <p>Es una sustancia que ha perdido electrones.</p> <p>A) Compuesto</p> <p>B) Anión</p> <p>C) Isótopo</p> <p>D) Cation</p>	<p><i>El ítem requiere ser respondido con una definición: la de “catión”, una sustancia que en su carga total tiene una ausencia de electrones.</i></p>
---	---

<p>b) Ítem constructivista:</p>	<p><i>Aquí es necesario que el alumno recuerde las fórmulas químicas de algunos compuestos y categorice a aquellos que no es posible separar en otros más sencillos (como el aluminio);</i></p>
---------------------------------	---

<p>Son compuestos:</p> <p>A) Amoniaco – agua – ácido acético</p> <p>B) Sal – aluminio – aire</p> <p>C) Tierra – arena – luz</p> <p>D) Vidrio – madera – leche</p>	<p><i>esto se logra recordando a los elementos que se encuentran en la tabla periódica y descartándolos, ya que éstos no son compuestos. El paso siguiente es descartar aquellas opciones que contengan mezclas, y esto el alumno lo determina analizando las sustancias con base en si contienen agua (leche), las que son mezclas a simple vista (tierra y arena) y el aire, del cual se obtienen muchas sustancias conocidas.</i></p>
---	--

<p>c) Ítem cognoscitivista:</p> <p>Una reacción de combustión como</p> $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ <p>es un ejemplo de reacción de oxidación, debido a que se oxidan los átomos de _____ y se reducen los átomos de _____.</p> <p>A) carbono - oxígeno</p> <p>B) oxígeno - carbono</p> <p>C) hidrógeno - oxígeno</p> <p>D) carbono - oxígeno</p>	<p><i>El ítem requiere que el alumno sea capaz de calcular el número de oxidación de cada elemento presente en cada especie de la reacción química. Después de eso, es necesario establecer la relación de “pérdida de electrones implica oxidación”, sin la cual, el alumno no podrá responder el ítem adecuadamente.</i></p>
---	--

### **3.3 Los ítems y su relación con los Niveles de representación de la química**

Como ya se ha mencionado, dentro de los temas más destacados de la enseñanza de la química, se cuenta con la aportación de los niveles de representación y comprensión de la química (Johnstone, 1982). Se puede pensar como un triángulo que representa en sus esquinas a tres niveles con los que se puede abordar el conocimiento químico y que, a su vez permite explicar fenómenos.

La clasificación de los ítems de acuerdo con la dimensión de los niveles de representación de la química se plantea con la inclusión de características de sintaxis de la oración y de las respuestas, y del sentido didáctico del ítem, como, por ejemplo, los conocimientos químicos que se evalúan en el ítem.

#### **1. La macroescala.**

Un ítem de la macroescala es aquel relacionado con el uso de los sentidos; donde el alumno puede observar sustancias y fenómenos que dan cuenta de reacciones químicas o propiedades de las sustancias y propiedades, sin atender a las razones atómicas o moleculares de la materia. A manera de ejemplo se presenta el siguiente ítem de un examen que se incluye en el anexo 2.

Una botella de brandy de 946 mL tiene una concentración del 38% en volumen de alcohol. Los mL de alcohol presentes en la botella son

- A. 24.84 mL
- B. 38.00 mL
- C. 359.48 mL
- D. 586.52 mL



## 2. La nanoescala

En este caso, el contenido del ítem debe limitarse al nivel nanoscópico. Un ejemplo de nano-ítem es:

Los isótopos son:

- A. Átomos del mismo elemento con diferente número de electrones
- B. Átomos de diferentes elementos con el mismo número de electrones
- C. Átomos del mismo elemento con diferente número de neutrones
- D. Átomos de diferentes elementos con la misma masa

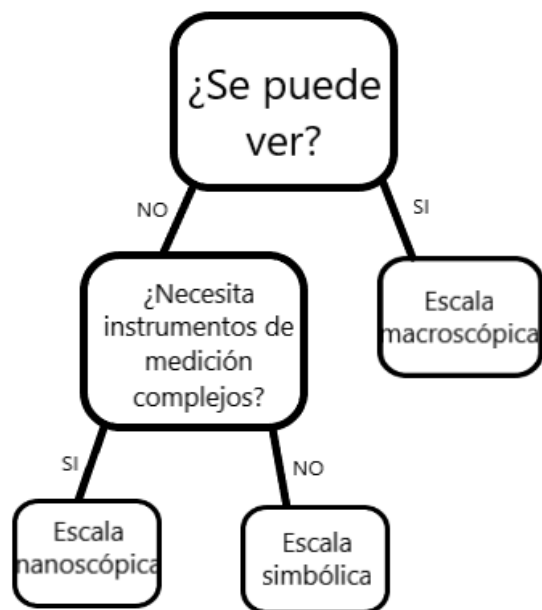
## 3. La escala simbólica.

Es aquella donde pueden intervenir las dos escalas anteriores, pero la solución depende del uso de símbolos y símbolos matemáticos como puede ser un cálculo numérico. Un ejemplo de simbo-ítem es:

Señala el inciso que contiene las fórmulas químicas correctas para fosfato de sodio, cloruro de magnesio y sulfuro de calcio

- A.  $\text{Na}_2\text{F}$ ,  $\text{Mn}(\text{ClO})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,
- B.  $\text{NaFO}_3$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$
- C.  $\text{NaPO}$ ,  $\text{Mg}(\text{ClO}_2)_2$ ,  $\text{CaSO}_3$
- D.  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaS}$

La figura 3 presenta un diagrama de flujo relacionado con las decisiones y los análisis que deben realizarse a un ítem para identificarlo en alguna de las escalas de los Niveles de representación de la química.



6

*Figura 3. Diagrama de flujo de caracterización de ítems en los Niveles de representación*

Los instrumentos de medición complejos son aquellos que requieren el uso de lentes (microscopios) o que generan una medición de la cual se puede inferir la información deseada. Los instrumentos no complejos son aquellos que proporcionan una medición cuantitativa de la propiedad u objeto en cuestión (balanza, probeta volumétrica, etc.).

---

<sup>6</sup> Esta es un esquema creado por mí mismo, esperando facilitar la comprensión de los niveles de representación de la química.

## 4. Herramienta de análisis tridimensional de ítems: la Matriz CIC

*“Yo no diría que lo resolví de manera brillante, lo único que hice fue seguir un razonamiento analizando todas las pistas. Observar y razonar son dos constantes en mi vida que no puedo dejar, querido Watson.”  
Las aventuras de Sherlock Holmes, Arthur Conan Doyle.*

Una matriz de valoración se entiende como el instrumento que incorpora en un eje los criterios de ejecución de una tarea y en el otro eje una escala cuyas casillas interiores contienen valores o características (Cano, E., 2015).

### 4.1 Conceptualización y propuesta de la Matriz CIC

La herramienta Comportamiento-Ítem-Carácter para el Análisis tridimensional de ítems (ATI<sup>7</sup>), se construyó en forma de matriz debido a la accesibilidad y el carácter visual de su contenido. La “Matriz CIC”, nombrada así por sus siglas, permite analizar un ítem y proporcionar un resultado tridimensional.

La herramienta permite responder tres preguntas básicas para clasificar un ítem:

- a) ¿Cuál es el grado de complejidad gramatical que deseo que presente mi ítem? (Morfología),
- b) ¿Cómo deseo que el alumno exprese su conocimiento?, ¿Qué proceso cognitivo deseo fomentar en el estudiante? (Enfoque pedagógico)
- c) ¿En qué nivel de representación deseo que el alumno aborde el tema en cuestión? (Niveles de representación de la química)

El procedimiento para al ATI consta de dos etapas: en la primera etapa se analiza el comportamiento del ítem mediante a) su tipo de Morfología, y b) los atributos

---

<sup>7</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

correspondientes a cada enfoque pedagógico. Esto nos dice cómo se espera que los alumnos aborden la resolución del ítem durante una prueba de evaluación (comportamiento).

A pesar de que existen conexiones importantes entre los niveles de representación, y las dos dimensiones anteriormente mencionadas. El nivel de representación de la química es casi independiente de éstos: sin los niveles de representación, el ítem estaría aún incompleto, por lo que este último determina la segunda etapa del ATI<sup>8</sup> (carácter).

En la segunda etapa se responden las preguntas del diagrama de flujo de la figura 3 y se determina el nivel de representación para el ítem.

La tabla 3 es la Matriz CIC<sup>9</sup> y tiene ese nombre debido al procedimiento que se lleva a cabo cuando se realiza un ATI utilizando esta herramienta. La analogía es satisfactoria cuando se compara la Matriz CIC con una computadora: el carácter (niveles de representación) sería el hardware, aquellos componentes físicos y visibles sobre los que se construye el equipo, el comportamiento (Morfología y Enfoques pedagógicos) son el software de la computadora, aquello que le da instrucciones y mediante lo cual, el equipo realiza tareas.

---

<sup>8</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

<sup>9</sup> Comportamiento – Ítem – Carácter

Tabla 3. Matriz CIC.

Indicadores		Enfoques pedagógicos			
		Conductismo	Constructivismo	Cognoscitivismo	
Morfología	Pregunta de completamiento	1	1	1	Matriz CIC
	Pregunta de ordenamiento	0	0	1	
	Pregunta de cuestionamiento directo	1	1	1	
	Pregunta de relación de columnas	0	0	1	
	Pregunta de elección de elementos	0	1	1	
Características adicionales de los enfoques pedagógicos	Memorización de conceptos	1	0	1	
	Cálculos matemáticos	0	1/0	1/0	
	Experiencia (aplicación de conocimientos)	0	0	1	
	Se puede resolver sin haber resuelto ítems similares	0	1	0	
Niveles de representación de la Química	¿Son necesarios los sentidos para experimentar el fenómeno?	1			
		0			Siguiente pregunta
	¿Necesita instrumentos de medición complejos?	1			Nanoítem
		0			Simboítem

10

<sup>10</sup> Esta es una esquematización creada por mí mismo, esperando facilitar la comprensión del modelo.

Los símbolos 1 y 0 representan si y no respectivamente, de acuerdo con una representación binaria. Representan la medición de los indicadores que se encuentran en la segunda columna de izquierda a derecha, aquellos que empiezan con “pregunta de completamiento” y terminan con “¿Necesita instrumentos de medición complejos?”. La matriz es un sistema de preguntas que irá caracterizando al ítem dentro de las tres dimensiones del ATI<sup>11</sup>, las cuales están marcadas con tres diferentes colores: verde para la Morfología, rojo para los Enfoques pedagógicos y azul para los Niveles de representación.

En cuanto a las casillas de características adicionales, hay que explicar que la casilla de “Experiencia (aplicación de conocimientos)” se refiere a que el alumno resolvió problemas y ejercicios donde el tema estaba explícito. Un ejemplo de ítem que posee esta característica es:

Relaciona cada enlace con el compuesto adecuado	
Enlace	Compuesto
Covalente polar	H <sub>2</sub> O
Covalente no polar	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
Iónico	KBr
Coordinado	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub>

En este caso, el alumno relacionará cada fórmula química de los compuestos con un tipo de enlace y se espera que piense conjuntamente en la diferencia de electronegatividades y en la unión de metales con no metales.

En cambio, la casilla “Se puede resolver sin haber resuelto anteriormente ítems similares”, es cuando el tema en cuestión aparece de forma implícita y es necesaria la construcción de conocimientos para resolver acertadamente el ítem. Un ejemplo de ítem con esta característica es:

---

<sup>11</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

Por sus propiedades físicas y químicas, el vinagre posee un enlace

- A) Covalente polar
- B) Covalente no polar
- C) Iónico
- D) Metálico

El alumno debe determinar el tipo de enlace de la sustancia, con base en su solubilidad en agua y su estado de agregación. El vinagre es soluble en agua, por lo que debe ser iónico o covalente polar, y si adicionamos que el enlace iónico a temperatura ambiente genera sustancias sólidas, se puede concluir que el vinagre posee un enlace covalente polar.

Para realizar el ATI empezaremos por los indicadores de arriba hacia abajo. En el primer plano, se determina el tipo Morfología que a su vez nos dará un primer acercamiento al Enfoque pedagógico del ítem. Posteriormente se deberá indicar el enfoque, con base en la información previa otorgada por el tipo de Morfología y con los indicadores de “características adicionales de los Enfoques pedagógicos” en los que se busca información específica para determinar el tipo de interacción que se busca del alumno con el ítem.

Una vez que el ítem ya está caracterizado respecto a estas dos dimensiones, se realiza la primera pregunta de los indicadores de los “Niveles de representación de la química”. Si la respuesta es afirmativa, el ítem será un “macroítem”, de lo contrario se responde la siguiente pregunta/indicador hasta concluir con el nivel de representación asociado al ítem.

Para mostrar lo ya mencionado, el proceso del uso de la Matriz CIC<sup>12</sup> se realiza un ATI al siguiente ejemplo con un ítem que se incluye en el Anexo 2:

---

<sup>12</sup> Comportamiento – Ítem - Carácter

Una botella de brandy de 946 mL tiene una concentración del 38% en volumen de alcohol. Los mL de alcohol presentes en la botella son

- A) 24.84 mL
- B) 38.00 mL
- C) 359.48 mL
- D) 586.52 mL

Se empieza por identificar el tipo de morfología del ítem. Como es una pregunta de cuestionamiento directo, nos centramos en la fila de *Morfología* y en la fila *Pregunta de cuestionamiento directo* como se observa en la figura 4.

La matriz nos indica que una pregunta de cuestionamiento directo puede ser conductista, constructivista o cognoscitivista. Se necesitará de la fila de las *características adicionales de los enfoques pedagógicos* para establecer el comportamiento del ítem (enfoque pedagógico).

Indicadores		Enfoques pedagógicos		
		Conductismo	Constructivismo	Cognoscitvismo
Morfología	Pregunta de completamiento	1	1	1
	Pregunta de ordenamiento	0	0	1
	Pregunta de cuestionamiento directo	1	1	1
	Pregunta de relación de columnas	0	0	1
	Pregunta de elección de elementos	0	1	1

Matriz CIC

Figura 4. Extracto superior de la Matriz CIC.

La fila de las *características adicionales de los enfoques pedagógicos* nos proporciona una serie de características que puede poseer el ítem.

Este ítem no requiere memorización de conceptos, requiere de cálculos matemáticos, no requiere de la aplicación de conocimientos y se puede resolver sin haber resuelto anteriormente ítems similares (la concentración en forma de porcentaje solo requiere que el alumno sepa obtener un porcentaje). El ítem cumple con una mayor cantidad de características de un ítem constructivista, como se observa en la figura 5, se clasifica en este Enfoque pedagógico.



Características adicionales de los enfoques pedagógicos	Memorización de conceptos	1	0	1
	Cálculos matemáticos	0	1/0	1/0
	Experiencia (aplicación de conocimientos)	0	0	1
	Se puede resolver sin haber resuelto ítems similares	0	1	0

Figura 5. Extracto intermedio de la Matriz CIC.

Por último, se identifica el carácter del ítem, es decir, el Nivel de representación al que pertenece. Nos ubicamos en la parte inferior de la Matriz CIC<sup>13</sup> y realizamos la primera pregunta de la fila superior (Figura 6) que dice *¿Son necesarios los sentidos para experimentar el fenómeno?*, *analicemos el caso*: es un problema que involucra una disolución o la medición de una concentración porcentual que no se enfoca en cantidades de átomos (nanoescala) ni es necesaria una representación simbólica (simboescala) para su resolución. Con lo anterior, la respuesta será afirmativa, por lo que el ítem será un macroítem.

Niveles de representación de la Química	¿Son necesarios los sentidos para experimentar el fenómeno?	1	Macroítem
		0	Siguiente pregunta
	¿Necesita instrumentos de medición complejos?	1	Nanoítem
		0	Simboítem

Figura 6. Extracto inferior de la Matriz CIC.

Con esto se identifica entonces al ítem como:

Comportamiento	<i>Morfología</i>	Cuestionamiento directo
	<i>Enfoque pedagógico</i>	Constructivista
Carácter	<i>Nivel de representación</i>	Macroítem

Con base en el análisis aquí expuesto, en el siguiente apartado se caracterizarán ítems provenientes de diferentes tipos de examen, con el fin de obtener información de las bases sobre las que se expresa el ítem (las dimensiones del ATI<sup>14</sup>).

<sup>13</sup> Comportamiento – Ítem - Carácter

<sup>14</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

## 4.2 Ejemplos de aplicación de la matriz CIC

*“Si este mito (Sísifo) es trágico, es porque su héroe tiene conciencia. ¿Dónde estaría, en efecto, su castigo si a cada paso la esperanza de lograrlo lo sostuviera?”  
El mito de Sísifo, Albert Camus.*

Para comprobar el funcionamiento de la Matriz CIC<sup>15</sup> se realizó un ATI<sup>16</sup> a tres exámenes de química de origen diferente: la sección de química de un examen muestra de ingreso a la UNAM<sup>17</sup>, un examen de conocimientos mínimos de la FQ<sup>18</sup> y un examen parcial para la evaluación de un tema visto en asignatura de la FQ (Fundamentos de estequiometría).

### 4.1.1. Examen muestra de ingreso a la licenciatura UNAM 2018. Área de química

A aquellas personas que desean estudiar una licenciatura en la UNAM se les aplica un examen de conocimientos generales que se compone de 120 ítems de opción múltiple. Antes de que el aspirante realice el examen, se le hace llegar una guía elaborada por la UNAM que incluye un examen muestra con 120 ítems bastante parecidos a los que resolverá el aspirante en el examen real. Los 120 ítems se dividen en diferentes asignaturas y una de estas es la Química en el área 2 (área de las ciencias biológicas y de la salud).

El examen de ingreso a las licenciaturas de la UNAM se aplica para cuatro áreas del conocimiento que varían los ítems por asignatura en la proporción que establece el examen y también en el nivel de contenidos de las diferentes asignaturas dependiendo del área seleccionada por el aspirante.

Las áreas de conocimiento son:

- Área 1: Ciencias físico-matemáticas y de las ingenierías
- Área 2: Ciencias biológicas y de la salud

---

<sup>15</sup> Comportamiento – Ítem - Carácter

<sup>16</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

<sup>17</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>18</sup> Facultad de Química

- Área 3: Ciencias sociales
- Área 4: Humanidades y las artes

Para el ATI<sup>19</sup> se tomará de ejemplo el examen muestra de ingreso a licenciatura de Química, Química Fármaco Biológica y Química en Alimentos para la cual se puede aplicar el examen de área 1 o de área 2.

Para Química se aplican 13 ítems en el examen real y 13 ítems en el examen muestra. Por cuestiones de confidencialidad del examen, se realizó un ATI haciendo uso de la Matriz CIC<sup>20</sup> solamente a los ítems de química del examen muestra (Anexo 1). Si se desea revisar otros ítems de muestra del resto de las asignaturas evaluadas durante la prueba, se encontrarán en el examen muestra, que se incluye en la Guía de ingreso a Licenciatura UNAM<sup>21</sup> del 2018, de área 2. Para fines de síntesis, este examen será llamado *Examen UNAM*.

Los resultados del ATI son los siguientes:

Tabla 4. ATI del examen muestra UNAM 2018 área 2.

Ítem	Morfología	Enfoque pedagógico	Niveles de representación
1	Cuestionamiento directo	Conductista	Simboítem
2	Cuestionamiento directo	Constructivista	Simboítem
3	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
4	Ordenamiento	Cognoscitivista	Macroítem
5	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
6	Completamiento	Cognoscitivista	Simboítem
7	Cuestionamiento directo	Cognoscitivista	Nanoítem
8	Cuestionamiento directo	Conductista	Simboítem
9	Cuestionamiento directo	Constructivista	Nanoítem
10	Cuestionamiento directo	Cognoscitivista	Simboítem
11	Cuestionamiento directo	Conductista	Macroítem
12	Cuestionamiento directo	Conductista	Simboítem
13	Cuestionamiento directo	Cognoscitivista	Simboítem

<sup>19</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

<sup>20</sup> Comportamiento – Ítem - Carácter

<sup>21</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

En la tabla 4 se observan tres de los tipos de Morfología “Cuestionamiento directo”, “Ordenamiento” y “Completamiento”, prescindiendo de los otros dos tipos de Morfología restantes (“Elección de elementos” y “Relación de Columnas”). Se encuentran los tres Enfoques pedagógicos y los niveles de representación de la química.

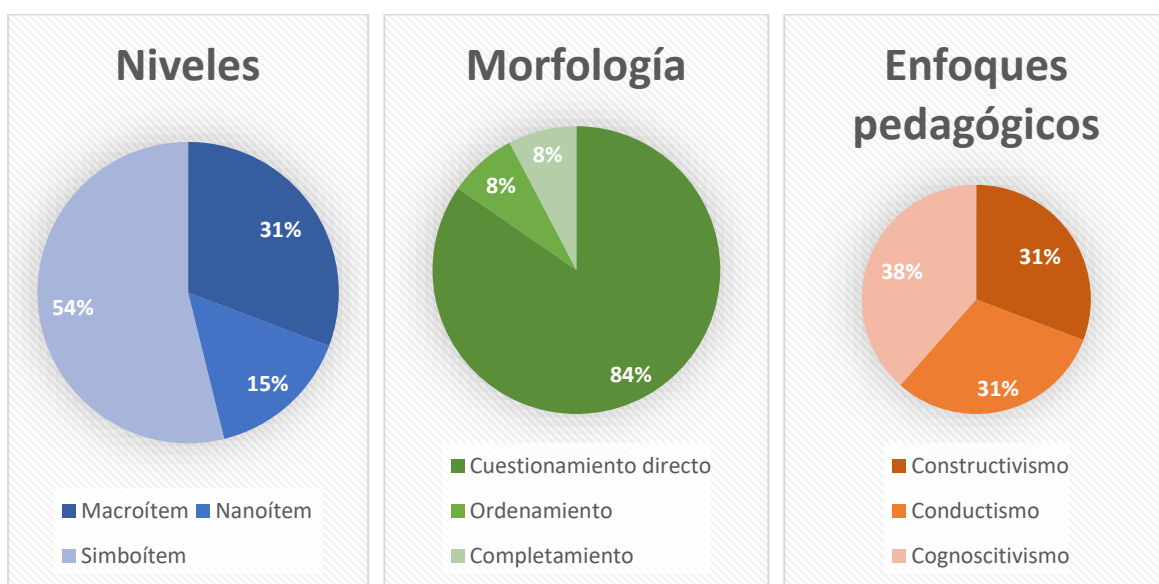


Figura 7. Resultados del ATI del examen muestra de la UNAM área 2, asignatura de Química.

Se observa en la figura 7, en la gráfica que corresponde a los Niveles de representación, una mayoría de 54% de simboítem, un 31% de macroítem y un 15% de nanoítem. También se observa en la gráfica de la Morfología, una mayoría de 84% de cuestionamiento directo y un 8% de ordenamiento y 8% de completamiento. En la gráfica de Enfoques pedagógicos se nota una proporción casi equivalente de 31% de constructivismo con el conductismo, superados por cognoscitivismo con un 38%.

#### 4.1.2 Examen de conocimientos mínimos de QGI de la FQ

El examen de conocimientos mínimos es un examen con una cantidad de 10 a 20 ítems de opción múltiple que se aplica al finalizar el semestre de QGI<sup>22</sup> y QGII<sup>23</sup> en la FQ<sup>24</sup>, con la intención de garantizar un conocimiento mínimo con el que el alumno debe contar para desempeñarse satisfactoriamente en las asignaturas subsecuentes.

Se analizaron los ítems de un examen de conocimientos mínimos de QGI que por motivos de confidencialidad de la FQ no se incluye en este trabajo de tesis. Los resultados se encuentran en la tabla 5. Como se observa en ésta, el tipo de Morfología de los 14 ítems del examen de conocimientos mínimos es solo de cuestionamiento directo. Para los Enfoques pedagógicos se encuentran ítems constructivistas, conductistas y cognoscitivistas. En la columna de los Niveles de representación aparecen también los tres niveles de representación de la Química. Para fines de síntesis, este examen será llamado *Examen de mínimos*.

Tabla 5. ATI del examen de conocimientos mínimos de Química General I.

Ítem	Morfología	Enfoque pedagógico	Niveles de representación
1	Cuestionamiento directo	Cognoscitivista	Macroítem
2	Cuestionamiento directo	Conductista	Simboítem
3	Cuestionamiento directo	Cognoscitivista	Macroítem
4	Cuestionamiento directo	Constructivista	Nanoítem
5	Cuestionamiento directo	Conductista	Nanoítem
6	Cuestionamiento directo	Constructivista	Simboítem
7	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
8	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
9	Cuestionamiento directo	Cognoscitivista	Simboítem
10	Cuestionamiento directo	Cognoscitivista	Simboítem
11	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
12	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
13	Cuestionamiento directo	Constructivista	Simboítem
14	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem

<sup>22</sup> Química General I

<sup>23</sup> Química General II

<sup>24</sup> Facultad de Química

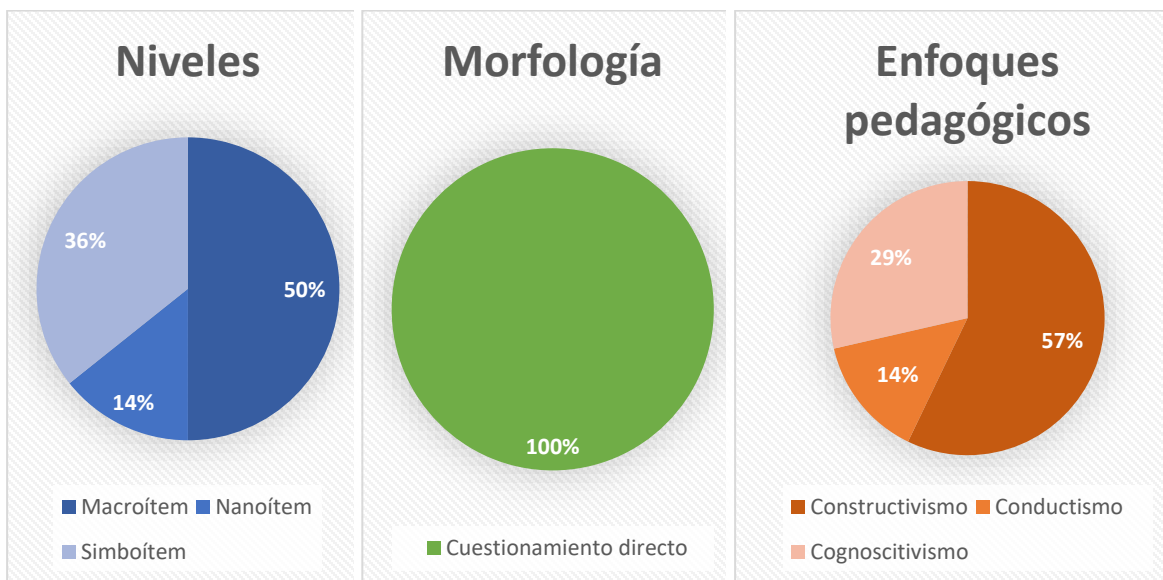


Figura 8. Resultados del ATI del examen de mínimos conocimientos de Química General I.

En la gráfica que corresponde a los Niveles de representación de la figura 8 se observa que la mitad de los ítems analizados fueron macroítems, el 36% simboítems y solo el 14% son nanoítems. En cuanto a los Enfoques pedagógicos, más de la mitad (57%) de los ítems analizados se pueden asociar con el constructivismo, el 29% al cognoscitivismo y un 14% al conductismo. Pero lo que más llama la atención es el tipo de Morfología, ya que todos los ítems del examen de conocimientos mínimos analizados son de cuestionamiento directo.

#### 4.2.3 Examen parcial de QGI

Con base en los indicadores que marca el ATI<sup>25</sup>, se clasificó un examen parcial de preguntas abiertas (anexo 2), aplicado a los alumnos de QGI (Química General I) en el semestre 2019-1. Cabe resaltar que este examen no está estandarizado y no está aprobado por una comunidad de docentes, sino que fue creado por un profesor de la asignatura y para calificar a sus alumnos en el tema de *Fundamentos de estequiometría*. Para fines de síntesis, este examen será llamado *Examen parcial*.

Los resultados fueron los siguientes:

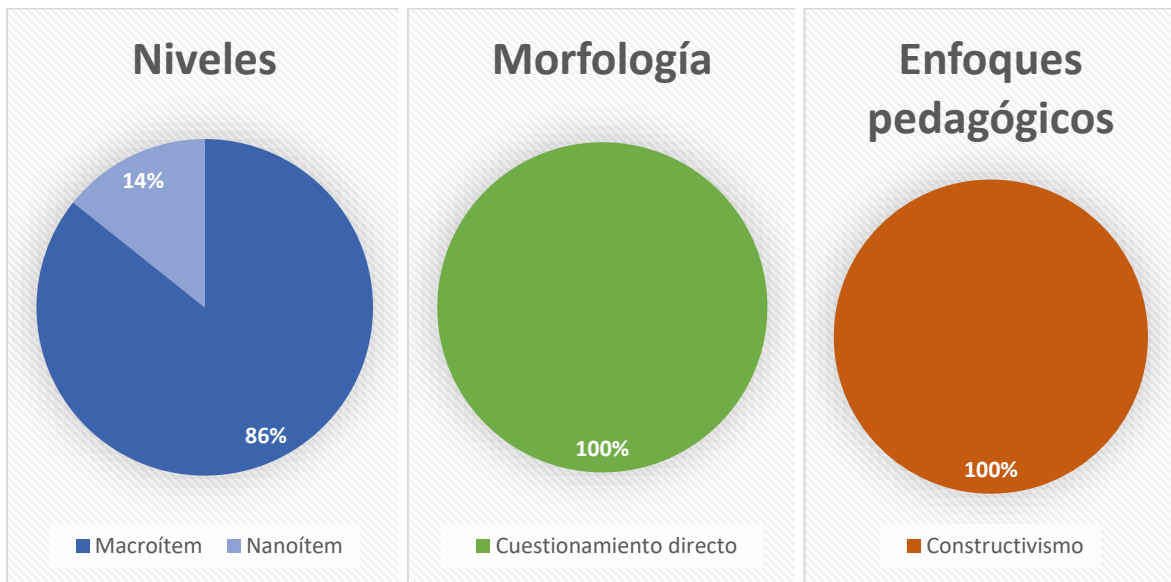
Tabla 6. ATI de uno de los exámenes parciales de Química General I.

Ítem	Morfología	Enfoque pedagógico	Niveles de representación
1.1	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
1.2	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
2.1	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
2.2	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
2.3	Cuestionamiento directo	Constructivista	Nanoítem
3.1	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem
3.2	Cuestionamiento directo	Constructivista	Macroítem

La tabla 6 presenta los resultados del ATI realizado a cada ítem del examen parcial de Química General I. Se observa en la columna de la Morfología que todos los ítems analizados son de cuestionamiento directo; en la columna de Enfoques pedagógicos, todos los ítems analizados pertenecen al constructivismo. En la columna de los Niveles de representación se observa la aparición de sólo dos niveles de representación: el macroítem y el nanoítem.

---

<sup>25</sup> Análisis Tridimensional de Ítems



*Figura 9. Resultados del ATI de uno de los exámenes parciales de Química General I.*

Se observa en la figura 9 que en la dimensión de los Niveles de representación solo hay contribución de macroítems y de nanoítems (86% y 14% respectivamente). Lo que más llama la atención es un 100% de ítems de cuestionamiento directo en los tipos de Morfología y un mismo porcentaje de ítems asociados al constructivismo.



### 4.3 Discusión del ATI aplicado a los tres diferentes exámenes

*“Gandalf, mientras tanto, seguía a la puerta, riéndose larga y apaciblemente. Al cabo de un rato subió, y con la punta del bastón dibujó un signo extraño en la hermosa puerta verde del hobbit. Luego se alejó a grandes zancadas, justo en el momento en que Bilbo ya estaba terminando el segundo pastel y empezando a pensar que había conseguido librarse al fin de cualquier posible aventura.”*  
*El hobbit, J. R. R. Tolkien.*

Los resultados del ATI<sup>26</sup> realizado a los tres exámenes se concentran en la figura 10 y se analizan a continuación.

Los tres exámenes analizados se encuentran por renglones (filas horizontales), siendo la primera fila el examen de ingreso a la UNAM<sup>27</sup>, la segunda fila el examen de conocimientos mínimos y la tercera el examen parcial. Las columnas representan las tres dimensiones del ATI; de izquierda a derecha son los Niveles de representación (Azul), la Morfología (verde) y los Enfoques pedagógicos (naranja). En la fila horizontal que se encuentra en la parte inferior de la figura se ubican los resultados del ATI por colores.

---

<sup>26</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

<sup>27</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

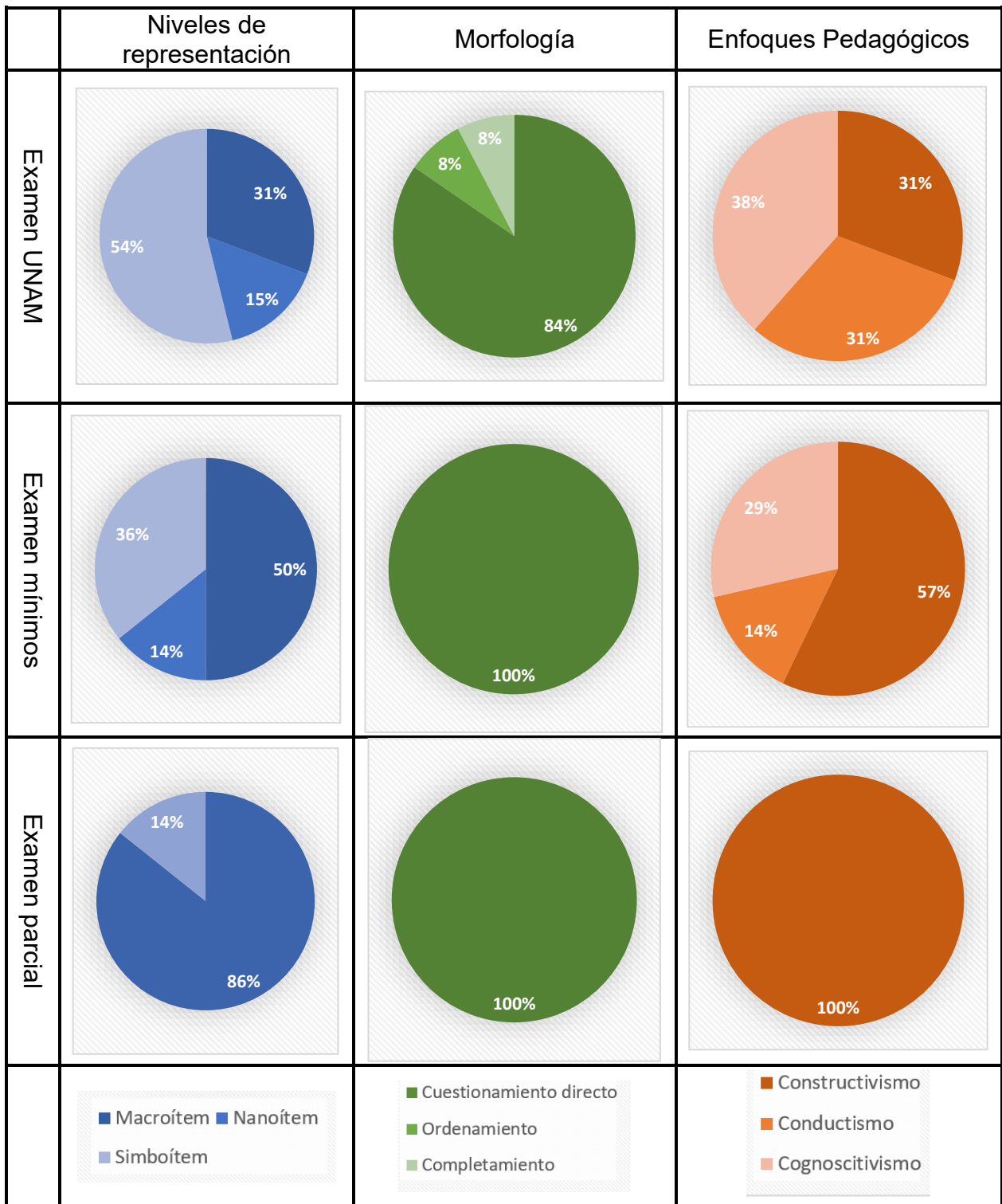


Figura 10. Resultados del ATI en tres exámenes diferentes: Ingreso a licenciatura UNAM, Conocimientos mínimos de la FQ y Parcial de QGI de la FQ.

#### 4.3.1 Los Niveles de representación de la Química y el Análisis Tridimensional de Ítems

La Química estudia a las sustancias y sus transformaciones. Para ello toma como base la organización atómica, molecular y reticular de la materia. En los tres exámenes se presenta un bajo porcentaje de ítems correspondientes al nivel nanoscópico, esto podría explicarse ya que generalmente las observaciones que los estudiantes realizan en su primer acercamiento con la química, competen a una escala macroscópica (Pickering M. y LaPrade, J., 1986).

El examen de ingreso a nivel licenciatura de la UNAM<sup>28</sup> presenta un 54% de ítems simbólicos, seguidos por macroítems y nanoítems. Esto parece estar acorde con la aproximación a los contenidos en el nivel bachillerato en el que la simbología química tiene una fuerte contribución. Los currículos se centran en el uso de un lenguaje de símbolos: de los elementos de la tabla periódica, representación de una ecuación química, nomenclatura de esqueleto en química orgánica, etc.

*“El nivel simbólico de representación de las sustancias y la aplicación de los cálculos matemáticos son necesarios en la disciplina (Química III), los ejercicios favorecen la apropiación, aplicación de conocimientos y el uso del lenguaje químico.” (DGENP, 1996).*

Hay un cambio importante en el enfoque de los exámenes que evalúan a estudiantes de bachillerato y los que evalúan a estudiantes de las licenciaturas en química, en las que se espera que los alumnos ya posean el lenguaje de la química, ya que, si el alumno no comprende el lenguaje simbólico, no será capaz de resolver adecuadamente el ítem que lo contenga.

*“[...] se presentan los contenidos en un orden que va de lo concreto o fenomenológico a lo abstracto -modelos, teorías-, con el uso progresivo de la simbología propia de la química, retornando a lo macroscópico, en un ir y venir no necesariamente lineal. Los contenidos disciplinares también están organizados de lo simple a lo complejo, considerando la evolución de los*

---

<sup>28</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

*modelos y sus rangos de validez, lo que contribuye a la formación científica del alumno y le proporciona una base para desarrollar el pensamiento crítico.” (ENCCH, 2016).*

Contrario a los exámenes estandarizados (de ingreso y de mínimos), en el examen parcial de QGI<sup>29</sup> se presentan solamente macroítems y nanoítems. El examen tiene como objetivo evaluar los temas de disoluciones y balances de materia en reacciones químicas, con lo cual no se evalúa directamente al nivel simbólico, sino que este nivel auxilia a los temas de manera implícita, es decir, que existe el uso de lenguaje simbólico, pero no se evalúa el aprendizaje sobre éste.

En este sentido, los ítems del examen parcial (anexo 2) utilizan un lenguaje simbólico, más no son simboítems. Esto se puede explicar porque estos ítems buscan la solución de otro tipo de problemas (macroítems y nanoítems) utilizando la descripción un fenómeno a través de símbolos. Todo lo anterior quiere decir que estos ítems si incluyen un lenguaje simbólico, sin embargo, no lo evalúan de forma directa.

Es importante precisar que algunos ítems podrán clasificarse parcialmente en alguno de los Niveles de representación, ya que compartirán características con los dos Niveles de representación restantes. Es decir, que pueden existir tanto ítems “híbridos” como “puros”. La diferencia entre un simboítem “puro” y un ítem macro o nano, pero con rasgo simbólico se presenta en los siguientes dos ejemplos.

---

<sup>29</sup> Química General I

Ejemplo 1: Simboítem:

¿Cuál es el símbolo que representa al cobre?

- A) Co
- B) Cu
- C) C
- D) Cr

Ejemplo 2: Ítem que emplea lenguaje simbólico, pero no lo evalúa (ver anexo 2):

Problema 2.1 Diga la masa de sodio que se requiere para formar un gramo de  $\text{Na}_2\text{He}$

- a) 0.21g
- b) 1.52g
- c) 0.96g
- d) 0.48g

El carácter de un ítem lo señala el último paso del ATI<sup>30</sup> y propone la selección de uno de los Niveles de representación de la química. Una vez que se sabe que es un macroítem, un nanoítem o un simboítem, el ítem se puede asociar a los modelos educativos de los distintos sistemas educativos que imparten una asignatura de química.

Los planes de estudio también hablan sobre su relación con los Niveles de representación (Caamaño A., 2014) ya que, por lo general los temas sobre modelos atómicos y de enlace se relacionan con los nanoítems, los temas de reacción química se relacionan con los macroítems, y los temas de estequiometría se relacionan más con los simboítems (todo esto en la asignatura de QGI<sup>31</sup>).

#### *4.3.2 Los tipos de Morfología y el Análisis Tridimensional de Ítems*

La composición morfológica de ítems de cada examen presenta diferentes perfiles. El primer perfil se encuentra en el examen de ingreso a licenciatura de la UNAM<sup>32</sup> en el que se aprecia una variedad mayor en los tipos de Morfología (84% de

---

<sup>30</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

<sup>31</sup> Química General I

<sup>32</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

cuestionamiento directo, 8% para ordenamiento y para completamiento cada uno). Se sabe que los exámenes de ingreso a licenciatura de la UNAM se elaboran con base en las reglas que establece CENEVAL<sup>33</sup> (ANUIES<sup>34</sup>, 2019), por lo que estos exámenes tienden a ser más variados en tipos de Morfología que algún otro examen que no sea estandarizado por estas asociaciones educativas, y no solo presentan un tipo de Morfología en su mayoría.

El segundo perfil se encuentra en el examen de mínimos y el examen parcial, donde se observa en su totalidad ítems de cuestionamiento directo. Estos dos exámenes son elaborados por profesores de asignatura con el fin de evaluar a estudiantes de la FQ<sup>35</sup>, por lo que los distractores agregados son generalmente de índole químico-científico y no morfológico; es decir de carácter y no de comportamiento, en términos de la Matriz CIC<sup>36</sup> y como se observa en los resultados. Estos exámenes se construyen por el grupo que conforma a los profesores que imparten la asignatura de QGI<sup>37</sup> y evalúan una sola asignatura, por lo que se observa en los resultados el uso de un solo tipo de morfología, a diferencia del examen de ingreso a la UNAM<sup>38</sup>

El tipo de morfología es el primer contacto con el comportamiento del ítem, ya que establece la variabilidad en las formas de abordar una pregunta y precisa la manera de evidenciar el conocimiento sobre uno o varios temas por parte del alumno. Con la selección de un tipo de Morfología, la secuencia que sigue la Matriz CIC permitirá también seleccionar un Enfoque pedagógico relacionado con dicho tipo de Morfología.

#### *4.3.3 Los Enfoques pedagógicos y el Análisis Tridimensional de Ítems*

Se perciben tres perfiles distintos. En el primero, donde el constructivismo es el único Enfoque pedagógico del examen parcial de QGI<sup>39</sup>, se puede apreciar una

---

<sup>33</sup> Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior

<sup>34</sup> Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior

<sup>35</sup> Facultad de Química

<sup>36</sup> Comportamiento – ítem – Carácter

<sup>37</sup> Química General I

<sup>38</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>39</sup> Química General I

perspectiva de lo que probablemente buscaba el profesor al momento de aplicar el examen: una prueba constructivista. El segundo perfil se presenta en el examen de ingreso a licenciatura UNAM. Los resultados indican que los ítems de este examen se distribuyen casi de manera equivalente respecto al conductismo, constructivismo y cognoscitivismo, a pesar de que no existe evidencia de que el equipo de trabajo que se encarga de su elaboración y diseño utilice una caracterización con base en estos enfoques pedagógicos. Estos resultados, en lo relativo a ítems de química, podrían indicar que se espera del alumno que posea la forma de comprender a la química desde tres enfoques pedagógicos distintos. El examen de conocimientos mínimos, analizado a través de la dimensión de los Enfoques pedagógicos y siendo el tercer perfil de este análisis, ha demostrado estar más apegado al constructivismo, sin dejar del lado al cognoscitivismo y al conductismo. La educación química se ha apoyado en su mayoría por el constructivismo (Cooper, M. y Stowe, R., 2018) y es debido a la facilidad que encuentran los docentes al momento de enseñar química en el aula (Scerri, E., 2003).

Los Enfoques pedagógicos de un ítem funcionan como una base que explica como el alumno expresa el conocimiento obtenido y/o como desea el profesor evaluar la comprensión del alumno. Como parte de un examen formado por ítems de opción múltiple, estos tres enfoques funcionan como evaluadores de habilidades de comprensión y aprehensión del conocimiento en química, por lo que, si la clase del docente sigue solo a uno de estos enfoques pedagógicos, no es obligatorio evaluar al alumno solamente en dicho enfoque; la evaluación de habilidades de comprensión por parte del alumno lo establecen distintas variables, entre las que se pueden encontrar el currículo, el modelo educativo de la institución, el tema a evaluar, la asignatura, el tipo de asignatura, etc.

## 5. Nuevas perspectivas y características de la Matriz CIC

*“Pienso que es una alegría saberse vivo, y me pregunto si alguna vez, podré sumergirme dentro de mí mismo hasta las raíces de esta carne y conocer quién fui realmente. Ahí están las raíces.”  
El mesías de Dune, Frank Herbert.*

Con todo lo anterior, es posible analizar a un ítem de opción múltiple y caracterizarlo dentro de las características de cada dimensión (Morfología, Enfoque pedagógico y Nivel de representación), es decir, que el ATI<sup>40</sup> expresa cualidades, intereses y rasgos de un ítem, para así designarlo dentro de un conjunto de más ítems y generar una evaluación. Una vez comprendido esto, se propone un uso alternativo de la Matriz CIC<sup>41</sup>: como guía para la creación un ítem de opción múltiple por un profesor de licenciatura. Posteriormente se expondrán las ventajas y limitaciones de la Matriz CIC, con el objetivo de manifestar las particularidades de esta herramienta.

### **5.1 La creación de un ítem a partir de la matriz CIC.**

Para crear un ítem a partir de la matriz CIC, el profesor debe tener claridad sobre qué evaluará, cómo lo hará (comportamiento), así como el contexto químico del examen completo (carácter). Haciendo una analogía, se debe recordar que un ítem sólo es un bloque que junto con más ítems formará una construcción: el examen.

Tomando un caso hipotético de la asignatura QGI<sup>42</sup>, el profesor Birkin tiene un grupo de 40 alumnos de teoría durante el semestre 2020-1 y desea evaluarlos en el tema de “Introducción a los modelos de enlace químico”. Birkin desea elaborar un ítem

---

<sup>40</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

<sup>41</sup> Comportamiento – Ítem – Carácter

<sup>42</sup> Química General I



constructivista, con énfasis en la nanoescala y ha decidido realizar un examen con distintos tipos de Morfología, y elije para este ítem el ordenamiento.

Indicadores		Enfoques pedagógicos		
		Conductismo	Constructivismo	Cognoscitivismos
Morfología	Pregunta de completamiento	1	1	1
	Pregunta de ordenamiento	0	0	1
	Pregunta de cuestionamiento directo	1	1	1
	Pregunta de relación de columnas	0	0	1
	Pregunta de elección de elementos	0	1	1

Utilizando la Matriz CIC<sup>43</sup> (tabla 3), se puede advertir que no es posible crear un ítem constructivista en una pregunta de ordenamiento, por lo que el docente tendría que cambiar una de las especificaciones de las dos dimensiones (cambiar el enfoque pedagógico o el tipo de morfología).

El profesor confía en sus clases constructivistas, por lo que decide hacer un ítem constructivista y cambia el tipo de morfología a “elección de elementos”.

a) ¿Cómo introducir el constructivismo?

La matriz CIC expresa que debe tener en cuenta las siguientes normas para crear ese ítem:

<sup>43</sup> Comportamiento – Ítem - Carácter

- El alumno no requiere memorizar conceptos para responder correctamente el ítem.
- Se pueden incluir o no cálculos matemáticos.
- El alumno no requiere haber resuelto ítems con el tema presente de forma explícita
- El alumno no necesita haber resuelto ítems, preguntas o ejercicios donde se aplicara el tema de forma explícita, sino que el alumno construirá la respuesta adecuada al ítem

Características adicionales de los enfoques pedagógicos	Memorización de conceptos	1	0	1
	Cálculos matemáticos	0	1/0	1/0
	Experiencia (aplicación de conocimientos)	0	0	1
	Se puede resolver sin haber resuelto anteriormente ítems similares	0	1	0

b) ¿Cómo introducir la nanoescala?

La nanoescala se refiere a algo que no se puede observar directamente, por lo que en el ítem a construir se requiere de la inclusión o uso de átomos, moléculas, iones o partículas subatómicas.

c) ¿Cómo se incluye el tipo de Morfología?

Consultando la tabla 1, se encuentran las especificaciones técnicas de un ítem de ordenamiento:

Tabla 7. Extracto de la tabla 1: Especificaciones técnicas de un ítem de tipo de morfología “ordenamiento”.

<p>Se presenta un listado de elementos que deben ordenarse de acuerdo con un criterio determinado (regla, principio, pauta, etcétera). Las opciones de respuesta muestran los elementos de la lista en distinto orden.</p>	<p>Establecer en la base el criterio en función del cual han de ordenarse o jerarquizarse los elementos del listado</p>
	<p>Incluir cuatro a seis elementos cuando se ordenan enunciados, y hasta ocho cuando son palabras.</p>
	<p>Incluir en el listado los elementos del mismo campo semántico o tema.</p>
	<p>Presentar desordenados los elementos del listado de la base</p>
	<p>Incluir todos los elementos del listado en cada opción de respuesta.</p>
	<p>No debe ocupar un elemento del listado en cada opción de respuesta.</p>
	<p>No debe ocupar un elemento del listado el mismo lugar en todas las opciones</p>
	<p>Debe ser plausible el orden de los elementos en los distractores.</p>

El profesor desea evaluar el aprendizaje de sus estudiantes con respecto a la electronegatividad. Lo primero que debe hacer es decidir qué parte de la electronegatividad quiere evaluar. Para esto el genera un primer ítem:

<p>Considerando la siguiente lista de átomos, ordénalos con base a su electronegatividad de mayor a menor.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cl</li> <li>2. N</li> <li>3. F</li> <li>4. O</li> <li>5. I</li> </ol>
--

El profesor puede advertir que, si los alumnos miran la tabla periódica y los valores de electronegatividad, resolver este ítem requiere de encontrar el valor más alto y el más bajo. Con el fin de promover una construcción en el alumno, el profesor decide cambiar a los elementos (átomos) y convertirlos en moléculas diatómicas de los mismos elementos. Se busca que el alumno aplique su conocimiento en electronegatividad y pueda construir la relación entre ésta y la longitud de enlace.

El profesor ha conseguido construir el siguiente ítem:

Con base en la electronegatividad de los átomos, ordena de menor a mayor a los compuestos covalentes respecto a su longitud de enlace:

1. Cl<sub>2</sub>
2. N<sub>2</sub>
3. F<sub>2</sub>
4. O<sub>2</sub>
5. I<sub>2</sub>

- A) 1, 2, 4, 5, 3
- B) 1, 3, 5, 2, 4
- C) 2, 4, 3, 1, 5
- D) 2, 3, 5, 1, 4

De manera eficaz, la Matriz CIC<sup>44</sup> puede auxiliar al docente que desea construir un ítem con características determinadas por las dimensiones del ATI<sup>45</sup>, enfocando así su evaluación hacia el esclarecimiento del conocimiento del alumno.

## **5.2 Ventajas y limitaciones de la matriz CIC**

La matriz CIC<sup>46</sup> es una herramienta creada a partir de la concepción de diferentes autores sobre temas de importancia para la educación química.

Dado que CENEVAL (2013) estableció los diferentes tipos de morfología, que abarcan las diferentes maneras de construir un enunciado o cuestionamiento, los ítems que analiza la Matriz CIC siempre pertenecerán a un solo tipo de la morfología, por lo que no habrá un ítem que posea dos tipos de morfología a la vez.

La Matriz CIC facilita el ATI<sup>47</sup> y permite explicar el comportamiento y el carácter de un ítem de opción múltiple de Química General. Con esto, el profesor puede estructurar sus exámenes de tal forma que sus evaluaciones sean más efectivas y

---

<sup>44</sup> Comportamiento – Ítem – Carácter

<sup>45</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

<sup>46</sup> Comportamiento – Ítem – Carácter

<sup>47</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

congruentes con el objetivo de evaluación (del currículo y/o del profesor), también permite el análisis de un examen ya elaborado y la revisión de la pertinencia de cada ítem.

Los ítems pueden ser contruidos desde un enfoque pedagógico específico o con el objetivo de ser resueltos desde solo un enfoque pedagógico. Esto permite dar congruencia a una forma de enseñanza y evaluación. Sin embargo, no necesariamente quiere decir que el ítem se pueda resolver únicamente desde ese enfoque. Por ejemplo, si se construye un ítem conductista, éste también podría ser resuelto por un alumno desde una aproximación constructivista o cognoscitivista.

El ATI realizado bajo la dimensión de los Enfoques pedagógicos está basado bajo la mirada de los autores mencionados en el marco teórico (capítulo 3.2). Los Enfoques pedagógicos que se seleccionaron para la elaboración de la Matriz CIC son aproximaciones reportadas en documentos de investigación para la educación química. Esto implica que, con el avance de la educación, nuevas concepciones podrían apuntar a nuevas perspectivas pedagógicas, consideraciones, criterios e interpretaciones. Con lo anterior, la matriz CIC es útil para estas tres perspectivas pedagógicas: conductismo, constructivismo y cognoscitvismo.

Los niveles de representación de la química han sido definidos de distintas formas por diversos autores, por lo que no hay un consenso en la interpretación de los mismos (Caamaño, 2014). En este trabajo de investigación se ha precisado a qué se refiere cada nivel de representación, lo que da congruencia al trabajo presentado. Sin embargo, la variedad de interpretaciones presentadas en este documento podría no coincidir con las visiones de algunos investigadores de la educación química. sin embargo, la interpretación de la definición acotada por un investigador permea a los sujetos que la utilizan desde distintos conocimientos, creencias e ideas personales, por lo que, el modelo de flujo construido aquí, posee grados de interpretación personal.

## 6.Consideraciones finales.

*“Así pues, la nueva imagen que me mostraba mi destino, ya no era como antes, severa y dolorosa, se había convertido en amable y paciente. En ese momento no tomé ninguna resolución ni tampoco realicé juramento alguno... Llegué a la meta, a la cumbre de mi camino, y desde ahí, lo veía seguir más grande y más brillante, rodeado de hermosos árboles y aromatizado por los delicados perfumes de los jardines cercanos”.*

*Demian, Herman Hesse.*

Se elaboró una herramienta de Análisis Tridimensional de Ítems con base en tres dimensiones: Morfología, Enfoques pedagógicos y Niveles de representación de la Química. Se diseñó en una herramienta en forma de Matriz CIC (Comportamiento-Ítem-Carácter), con la cual se logró caracterizar a los ítems de tres diferentes exámenes. El uso de la Matriz CIC permite centrarse en uno o más Enfoques pedagógicos, darle variedad a la comprensión escrita (Morfología) y permite el uso de la abstracción del lenguaje de la química (niveles de representación), proporcionando una herramienta útil al momento de analizar o crear un examen de opción múltiple.

Se espera que lo anterior contribuya a:

- a) Identificar la complementariedad de un solo ítem con un conjunto de ítems, con el objeto de construir un examen.
- b) Que el profesor pueda reflexionar sobre su labor evaluativa y modifique sus exámenes tanto como le convenga a él, al currículo y a la institución.
- c) La formación y evaluación del alumno de la Facultad de Química se verá afectada de tal forma que el profesor pueda medir los conocimientos del estudiante de una forma más amplia y efectiva, que producirán a su vez una consideración y reflexión profunda de los planes de estudio de Química General.

## 7. Implicaciones didácticas

La Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) son instituciones educativas que se encargan de la educación a nivel bachillerato de la UNAM<sup>48</sup>. Éstas consideran un modelo educativo constructivista:

*El enfoque metodológico se sustenta en la construcción progresiva del conocimiento, para transitar de una estructura lineal de contenidos a una funcional, ligada a la problematización y la modelación.*

*(Modelo educativo ENP, 1996)*

*A lo largo de su historia se ha conformado una propuesta pedagógica de construcción del conocimiento, de participación activa de los actores educativos centrada fundamentalmente en la atención de necesidades e intereses de los estudiantes y en el logro de aprendizajes.*

*(Modelo educativo CCH, 1971)*

Esto dirige el desenlace de este trabajo hacia el pensamiento de que la UNAM es constructivista (por lo menos en nivel bachillerato), pero el análisis de los ítems del examen de ingreso a licenciatura resultó en la contribución de los tres enfoques pedagógicos. Esto parece indicar que, a pesar de tener un modelo educativo constructivista, éste se abre también a distintos modos de aprendizaje, como lo son el conductismo y el cognoscitivismo.

La existencia de demás enfoques pedagógicos, aparte de los ya tratados en este trabajo de investigación, genera nuevas dudas educativas y nuevas limitaciones a la Matriz CIC<sup>49</sup>, por lo que sería interesante obtener las características de un ATI<sup>50</sup> más abierto a opiniones y posturas diferentes a las ya establecidas por el marco teórico, lo cual se espera que forme parte de un trabajo posterior.

---

<sup>48</sup> Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>49</sup> Comportamiento – Ítem - Carácter

<sup>50</sup> Análisis Tridimensional de Ítems

## Referencias de consulta

*“La promesa que hicimos ese día se ha terminado,  
ahora son solo trozos de recuerdos olvidados.  
Pero, aunque para ambos esto haya sido solo un sueño,  
te juro que jamás lo olvidaré.”  
Days, Flow*

ANUIES, (2019), Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. Consultado en <http://www.anui.es.mx/anui.es/instituciones-de-educacion-superior/> el 3/feb/2020.

Aristóteles, (2014). Metafísica, México: Editores Mexicanos Unidos.

Backoff, E., et. al., (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). Revista Electrónica de Investigación Educativa, 2 (1). Disponible en <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/15/1145> Consultado el 03/feb/2020

Brown, T., LeMay, E., Bursten, B., y Burdge, J., (2004). Química. La Ciencia Central. México: Prentice-Hall inc.

Caamaño A., (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales. 78. 7-20.

Camus, A., (2017). El Extranjero, México: Editorial Mirlo.

Camus, A., (2019). El Mito de Sísifo, México: Editores Mexicanos Unidos.

Cano, E., (2015). Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿uso o abuso? Profesorado: Revista de Currículum y Formación del Profesorado. 19 (2), 265-280



CCH, (1971). Modelo educativo. Disponible en la URL: <https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/MODELO%20EDUCATIVO%20DEL%20COLEGIO%20DE%20CIENCIAS%20Y%20HUMANIDADES.pdf>. Consultada el 3/feb/2020

CENEVAL, (2013). Lineamientos para la Construcción de Reactivos de Opción Múltiple. México: Secretaría de Educación Pública

Chamizo, A., (2011). La imagen pública de la química. Educación Química, 22(4), 320-221.

Conan, A., (2010). Las aventuras de Sherlock Holmes, México: Editorial Nowtilus.

Cooper, M. y Stowe, R., (2018) Chemistry Education Research - From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. American Chemical Society, 118, 6053-6087.

De los Ríos, J., (2011). Químicos y Química. México: Fondo de Cultura Económica.

DGENP, (1996). Plan de estudios de Química III. Disponible en la URL: [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto-2017/1501\\_quimica\\_3.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto-2017/1501_quimica_3.pdf). Consultada el 3/feb/2020

Dudley, J. y Nurrenbern, S., (1999). Chemical education research: improving chemistry learning. Journal of Chemical Education. 76(10), 1353-1361.

ENCCH, (2016). Programa de estudio, área de las ciencias experimentales, Química 1. Disponible en URL: [https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/QUIMICA\\_I\\_II\\_.pdf](https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/QUIMICA_I_II_.pdf). Consultada el 3/feb/2020

ENP, (1996). Modelo educativo. Disponible en la URL: <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/modeloEducativo/ModeloEducativoENP.pdf>. Consultada el 3/feb/2020

Facultad de Química, (2019) Perfil de egreso, disponible en la URL: <https://quimica.unam.mx/ensenanza/licenciaturas-de-la-facultad-de-quimica/quimica/#perfil-de-egreso> consultada el 3/feb/2020

Frías, A., y Martínez, D., (1988). Estudio Comparativo de los Programas de Física, Química y Matemáticas del Colegio de Bachilleres, Colegio de Ciencias y Humanidades y de la Escuela Nacional Preparatoria. México: Tesis UNAM.

Flow. 2005. Days. En Golden Coast [CD]. Japón: Ki/oon Records.

González, V., (2014). Innovar en docencia universitaria: algunos Enfoques pedagógicos. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, 15 (31), 51-68.

Harrison, A., (1974). Chemical education and the expectations of society. Journal of Chemical Education, 51 (9), 569-571.

Herbert, F., (2001). Mesías de Dune, España: Editorial Debolsillo

Hesse, H., (2016). Demian, México: Editorial Tomo.

Hesse, H., (2017). El Lobo Estepario, México: Editores mexicanos unidos.

Homero, (2018). Ilíada y Odisea, México: Editorial Mirlo.

Johnstone, A., (1982). Macro- and micro-chemistry. School Science Review, 64, 377-379.

Johnstone, A., (1991). Why science is difficult to learn? Things are seldom what they seem. Journal of Computer Assisted Learning, 7, 75-83.

Kelter, P., (2006). Las lecciones que he aprendido en mis 25 años de enseñanza. Revista Educación Química. 17, 279-285.

King, S., (2007). La Torre Oscura VII, México: Editorial Debolsillo.

López, A., (2018). Dificultades en la Enseñanza – Aprendizaje de la Estequiometría en el Bachillerato, una Propuesta Didáctica para Enfrentarlas. México: Tesis UNAM.

Lovecraft, H., (2018). Ciclo onírico: visiones de horror y muerte, tomo 1, A través de las puertas de la llave de plata, México: Editorial Mirlo.

Macías, S., (2017). Diez más uno: once. Boletín CENEVAL, segunda época, 31 y 32. 18-19. Disponible en la URL <http://www.ceneval.edu.mx/documents/20182/27108/BoletinInterno31-32.pdf/176de1a8-25d8-4f4c-8196-8994151f9640> consultada el 3/feb/2020

Meinguer, J., (2017). Estudio Sobre La Contribución De La Comunicación De La Ciencia Al Desarrollo Del Pensamiento Crítico En La Educación Química Preuniversitaria. México, D. F.: Tesis UNAM.

Ortiz, A., (2013). Modelos Pedagógicos y Teorías Del Aprendizaje. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Peggy, A. y Timothy, J., (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: comparing critical features from an instructional design perspective. Performance Improvement Quarterly, 26 (2), 43-71.

Perales, J. 1979. Un velero llamado libertad. En Tiempo de otoño [CD]. España: Hispavox.

Pickering M. y LaPrade, J., (1986). Macro versus microlab: A controlled study of time efficiency. Journal Of Chemical Education, 63 (6), 535

Porras, I., (2017). Hacia Una Nueva Educación Científica Orientada A La Interdisciplina: Una Aproximación Desde La Filosofía. México, D. F. Tesis UNAM.

Reader's Digest, (1986). Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Enciclopedia, tomo VII. México, D. F.

Reyes, F. y Trinidad, R., (2017). El conocimiento didáctico en docentes de Química de bachillerato. Enseñanza de las Ciencias, N° Extraordinario, Sevilla. 2919-2924.

Salinas, D., (2002). ¡Mañana Examen! La Evaluación: Entre La Teoría Y La Realidad. España: editorial Graó.

Scerri, E., (2003). Philosophical confusion Education research. Journal of Chemical Education, 80 (5), 468-474

Schunk, D., (2012). Teorías Del Aprendizaje: Una Perspectiva Educativa. Sexta edición. Editorial Pearson. México 2012.

Shelly, M., (2017). Frankenstein, México: Editorial Mirlo.

Spencer, J., (1999). New directions in teaching chemistry: a philosophical and pedagogical basis. Journal of Chemical Education. 76(4). 566-569.

Talanquer, V., (2009). Química: ¿Quién eres, a dónde vas y cómo te alcanzamos?, Educación Química, 8ª Convención nacional y 1ª internacional de profesores de ciencias naturales. 220-226. Disponible en la URL: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v20s1/v20s1a3.pdf>

Talanquer, V., (2011). Macro, Submicro and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. International Journal of Science Education. 33 (2), 179-195.

Talanquer, V., (2015). La importancia de la evaluación formativa. Educación Química. 26, 177-179.

The Beatles. 1964. I'll follow the sun. En Beatles for Sale [Vinilo]. Inglaterra: Parlophone.

Tolkien, J., (2012). El Hobbit, México: Editorial planeta.

Tomaschewski, K., (1966). Didáctica General. México, D. F.: Editorial Grijalbo.

UNAM, (2018). Guía UNAM 2018 para preparar el examen de selección para ingresar a la licenciatura. Área de las Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud. Primera edición, Coyoacán CDMX.

## Anexo 1.

### Ítems del examen muestra de ingreso a la Universidad Nacional Autónoma de México 2018 área 2 para la asignatura de química.

1. En un laboratorio se obtuvo una sustancia con fórmula  $S_8$ . ¿Cómo se clasifica?
  - A) Compuesto
  - B) Elemento
  - C) Mezcla heterogénea
  - D) Mezcla homogénea
2. El elemento con número atómico 17 y configuración electrónica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  se ubica en la familia
  - A) III A
  - B) III B
  - C) II A
  - D) VII A
3. En la reacción de neutralización del ácido clorhídrico
$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$
¿Cuántos mL de una disolución de hidróxido de sodio 0.1M se necesitan para neutralizar 10 mL de una disolución de ácido clorhídrico 0.02M?
  - A) 2
  - B) 5
  - C) 10
  - D) 20
4. Se calentó una disolución y al cabo de cierto tiempo apareció un sólido en forma de precipitado. ¿Qué orden cronológico siguió la disolución?
  - I. Saturada
  - II. Diluida
  - III. Concentrada
  - IV. Sobresaturada
  - A) I, IV, II y III
  - B) II, I, III y IV
  - C) II, III, I y IV
  - D) III, I, IV y II
5. Una botella de brandy de 946 mL tiene una concentración del 38% en volumen de alcohol. Los mL de alcohol presentes en la botella son
  - A) 24.84 mL
  - B) 38.00 mL
  - C) 359.48 mL
  - D) 586.52 mL
6. Una reacción de combustión como  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$  es un ejemplo de reacción de oxidación, debido a que se oxidan los átomos de \_\_\_\_\_ y se reducen los átomos de \_\_\_\_\_.
  - A) carbono - oxígeno
  - B) oxígeno - carbono
  - C) hidrógeno - oxígeno
  - D) carbono - oxígeno
7. ¿Qué sucede en la siguiente reacción?
$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + NaI$$
  - A) El yodo se oxida
  - B) El azufre se reduce

- C) El yodo se reduce
- D) El sodio se oxida

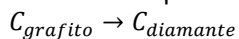
8. ¿Cuál es la fórmula general de un carbohidrato?

- A)  $(\text{CH}_2\text{O})_n$
- B)  $\text{R-NH}_2$
- C)  $\text{R-CO}_2\text{H}$
- D)  $\text{R-COO-R}$

9. ¿Cuál de los siguientes compuestos es una proteína?

- A) Caseína
- B) Sacarosa
- C) Almidón
- D) Colesterol

10. A presión estándar el carbono grafito es más estable que el carbono diamante. Para la transición



se cumple que

- A)  $\Delta G < 0$
- B)  $\Delta G > 0$
- C)  $\Delta G \leq 0$
- D)  $\Delta G \geq 0$

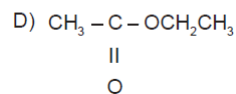
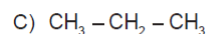
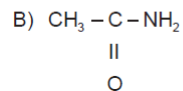
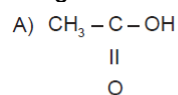
11. La función principal de un catalizador es favorecer que

- A) aumente la cantidad de reactivos sin reaccionar.
- B) los productos tengan mayor pureza.
- C) los reactivos se consuman más rápido.
- D) aumente la temperatura de los reactivos.

12. ¿Cuál es la fórmula del metano?

- A)  $\text{CH}_4$
- B)  $\text{C}_2\text{H}_6$
- C)  $\text{C}_3\text{H}_8$
- D)  $\text{C}_4\text{H}_{10}$

13. ¿Cuál de los siguientes compuestos es un ácido carboxílico?



## Anexo 2.

### Items del examen parcial de Química General I aplicada durante el semestre 2019-1 en la Facultad de Química.

**Contexto del problema 1.** El ácido nítrico es un líquido viscoso y corrosivo que puede ocasionar graves quemaduras en los seres vivos. Se utiliza para fabricar explosivos como la nitroglicerina y trinitrotolueno (TNT), así como fertilizantes como el nitrato de amonio. El nitrato de amonio se obtiene por neutralización de ácido nítrico con hidróxido de amonio y como segundo producto se obtiene agua, que se evapora posteriormente.

**Problema 1.1** Se desea preparar 500mL de una disolución 3M de ácido nítrico. Si se parte de una disolución de ácido nítrico que tiene densidad de 1.5 g/mL y una concentración de 96.73% en masa, determine el volumen en mL que debe tomar de ésta para generar la disolución deseada.

- a) 20.31mL
- b) 65.13mL
- c) 2.31L
- d) 6.5L

**Problema 1.2** En otro experimento se hacen reaccionar 25mL de una disolución de ácido nítrico 0.5M, determine el volumen de hidróxido de amonio al 50% m/m y una densidad de 0.9 g/mL que requiere para hacer reaccionar todo el ácido nítrico.

- a) 0.435mL
- b) 0.242mL
- c) 0.972mL
- d) 0.781mL

**Contexto del problema 2.** Durante un eclipse solar en 1868, Norman Lockyer observó una línea espectral amarilla en la luz solar y propuso que dicha línea era producida por un nuevo elemento, al cual llamó helio. En 1903 se encontraron grandes reservas de helio en campos de gas natural en los Estados Unidos, país con la mayor producción de helio en el mundo. El helio es un gas monoatómico incoloro e inodoro que cuenta con el menor punto de ebullición de todos los elementos químicos y solo puede ser licuado bajo presiones muy grandes y no puede ser congelado. Su uso principal es la criogenia.

Un estudio reciente publicado en Nature Chemistry desvela que un grupo de científicos internacionales han conseguido obtener las pruebas que demuestran que el helio puede reaccionar y crear dos compuestos únicos junto al sodio (Dong et al. 2017, A stable compound of helium and sodium at high pressure, Nature Chemistry). El compuesto formado es  $\text{Na}_2\text{He}$ .

Si la reacción es  $\text{He} + \text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{He}$  a muy altas presiones.

**Problema 2.1** Diga la masa de sodio que se requiere para formar un gramo de  $\text{Na}_2\text{He}$

- a) 0.21g
- b) 1.52g
- c) 0.96g
- d) 0.48g

**Problema 2.2** Si en un caso hipotético esta reacción se pudiera llevar a cabo a condiciones estándar, calcula el volumen que ocupará el reactivo helio. La versión actual de la norma de la IUPAC define como condiciones estándar de un gas a una temperatura de 0°C y una presión absoluta de 0.9869 atm (100kPa)

- a) 0.47L
- b) 0.21L
- c) 0.82L
- d) 1.45L

**Problema 2.3** A condiciones de altas presiones (de criogenia) ¿Qué estado de agregación piensas que tiene el heliuro de sodio? Justifica tu respuesta.

- a) sólido
- b) líquido
- c) gas
- d) plasma

**Contexto del problema 3.** El antimonio es un elemento químico cuyo nombre y abreviatura (Sb) procede de estibio, término hoy ya en desuso, que procede del latín stibium “Banco de arena gris brillante”, de donde se deriva dicha palabra. El tricloruro de antimonio se emplea como diurético.

**Problema 3.1** Si se lleva a cabo una reacción de síntesis de 36.30 g de antimonio con 28.4 g de cloro gaseoso, determine el reactivo limitante.

- a) Sb
- b)  $\text{SbCl}_4$
- c)  $\text{Cl}_2$
- d)  $\text{SbCl}_3$

**Problema 3.2** Si después de llevar a cabo la reacción en el laboratorio se ha obtenido 36.5 g de tricloruro de antimonio, determine ¿Cuál es el rendimiento de la reacción?

- a) 98%
- b) 62%
- c) 75%
- d) 89%