

4.

TÉCNICAS Y ANÁLISIS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PRUEBA EN EL ÁREA DE QUÍMICA GENERAL, DIRIGIDA A ESTUDIANTES QUE INICIAN SU CICLO UNIVERSITARIO

Techniques and analyses for the elaboration of a test in the area of general chemistry, aimed at students who are starting their university cycle

Liliana García Barco¹⁶

Diana Marcela Trujillo Suárez¹⁷

Ramiro Alfonso Rada Perdigón¹⁸

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

¹⁶ Docente de tiempo completo de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Programa de Ciencias Básicas, Máster en Econometría, Bioestadística y Estadística Aplicada con Stata, Magíster y Especialista en Docencia e Investigación Universitaria con énfasis en Matemáticas; Especialista en Estadística, Licenciada en Matemáticas.

lgarciab@unicolmayor.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-7805-7387>

¹⁷ Docente de tiempo completo de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Programa de Ciencias Básicas. Especialista en Gestión Ambiental, Bacteriólogo y Laboratorista Clínico

diana.trujillo@unicolmayor.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-9462-0339>

¹⁸ Docente de tiempo completo de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Programa de Ciencias Básicas. Magister en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental, Licenciado en Química

rrada@unicolmayor.edu.co

<https://orcid.org/0009-0002-0844-0740>

Resumen

En Colombia, los resultados de aprendizaje deben evidenciarse ante las entidades gubernamentales, cumpliendo con los procesos de autoevaluación y acreditación de los programas curriculares. Así, la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, ubicada en la ciudad de Bogotá, ha comenzado a construir pruebas estandarizadas en el campo de las ciencias naturales, para apoyar la evidencia de los logros alcanzados por los estudiantes en estas áreas de conocimiento. Este trabajo, muestra los avances en la construcción de una prueba estandarizada en el área de química general, relacionada con los procesos fisicoquímicos y bioquímicos de los organismos. Se implementó un enfoque metodológico cuantitativo, ya que la Teoría Clásica de los Test se utiliza como herramienta de análisis. El alcance es exploratorio, porque muestra los pasos para la elaboración de las preguntas de una prueba y su implementación en un grupo focal, con el cual se determinan los niveles de conocimiento en química que tienen los estudiantes al inicio de su ciclo universitario, que sirven para identificar la evolución de sus aprendizajes y que son un insumo para la elaboración de los enunciados de los resultados de aprendizaje.

Palabras clave: *prueba estandarizada; Teoría Clásica de los Test; Química; resultados de aprendizaje*

Abstract

In Colombia, learning outcomes must be evidenced before government entities, complying with the processes of self-evaluation and accreditation of curricular programs. Thus, the Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, located in the city of Bogotá, has begun to build standardized tests in the field of natural sciences, to support the evidence of the achievements made by students in these areas of knowledge. This paper shows the advances in the construction of a standardized test in the area of general chemistry, related to the physicochemical and biochemical processes of organisms. A quantitative methodological approach was implemented, because the Classical Test Theory is used as a tool for analysis. The scope is exploratory, because it shows the steps for the elaboration of the questions of a test and their implementation in a focus group, with which the levels of knowledge in chemistry that students have at the beginning of their university cycle are determined, which serves to identify the evolution of their learning and which are an input for the elaboration of the statements of the learning outcomes.

Keywords: *standardized test; Classical Test Theory; Chemistry; learning outcomes*

Introducción

En Colombia, los procesos de acreditación de alta calidad de los programas académicos ofertados por las Instituciones de Educación Superior IES, que reglamenta el Acuerdo 02 de 2020, deben evidenciar los resultados de aprendizaje de sus estudiantes en consonancia con el nivel de formación ofertado, entendiendo estos resultados como “declaraciones expresas de lo que se espera que un estudiante conozca y demuestre en el momento de completar su programa académico” (Consejo Nacional de Educación Superior - CESU, 2020, p. 8). Para ello, los programas deben evaluar en distintos momentos y a lo largo de la carrera el nivel alcanzado por sus estudiantes, que le permitan a las directivas del programa ajustar aquellos aspectos curriculares y metodológicos para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje. (Consejo Nacional de Acreditación - CNA, 2022).

Según Garzón (2023), los resultados de aprendizaje son ahora una característica explícita de los procesos de acreditación, que expresa la calidad de un programa universitario, que complementa a otros factores y características de calidad como la funcionalidad de la Institución, la docencia, la responsabilidad social universitaria, entre otros.

Para este fin, cada programa académico debe definir las competencias que pretende desarrollar en sus estudiantes, entendidas como un conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, capacidades, actitudes y aptitudes, para enfrentarse a problemas en contexto de estudio o de trabajo. Estas competencias deben ser observables y medibles en los resultados de aprendizaje (CESU, 2020) y cumplir con propiedades de: validez, mesurabilidad, precisión, fiabilidad, sensibilidad, comparabilidad, comunicabilidad y economía (Ministerio de Educación Nacional - MEN, 2013), especialmente si son indicadores de tipo cuantitativo, como el que se propone en este artículo.

Este trabajo, hace parte de una investigación realizada en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (Bogotá, Colombia), cuyo objetivo fundamental es explorar cómo, a través de las teorías psicométricas, se puede construir una prueba diagnóstica como un primer momento

en la evaluación de los resultados de aprendizaje en química general, a estudiantes de primer semestre del programa de Bacteriología de esta universidad.

Marco Teórico

Resultados de aprendizaje y Taxonomía Revisada de Bloom (TRB)

Los resultados de aprendizaje son declaraciones de lo que se quiere que el estudiante conozca, comprenda o sea capaz de hacer al finalizar un curso, asignatura o programa, y deben ser observables, medibles y evaluables (Gamboa et al, 2023). Estos resultados deben ser escritos siguiendo alguna taxonomía, con el fin de tener una organización de los procesos cognitivos de los estudiantes, en forma jerárquica de menor a mayor complejidad. Por ello, las preguntas que se diseñan para el test o prueba propuesta deben responder a esta misma taxonomía, adoptándose la Taxonomía Revisada de Bloom TRB.

Dicha taxonomía, les permite a los profesores contar con un procedimiento para evaluar a los estudiantes, y consta de dos dimensiones: la del proceso cognitivo y la del conocimiento (Gamboa et al, 2023). A continuación, en las Tabla 1 y 2, se observan estas dimensiones con sus respectivos niveles.

Tabla 1

TRB en su dimensión de proceso cognitivo

Categorías de procesos cognitivos	Dimensión del proceso cognitivo					
	1. Recordar	2. Comprender	3. Aplicar	4. Analizar	5. Evaluar	6. Crear
Descripción del proceso cognitivo	Recuperar el conocimiento	Construir el significado de	Llevar a cabo o usar	Dividir el material en sus	Hacer juicios basados	Poner elementos juntos para

	relevante de la memoria a largo plazo	los mensajes del proceso de enseñanza - aprendizaje, incluida la comunicación oral, escrita y gráfica	un procedimiento en una situación dada	partes constituye ntes y determinar cómo las partes se relacionan entre sí y con la estructura general o propósito	en criterios y estándares	formar un todo coherente o funcional; reorganizar elementos en un nuevo patrón o estructura
Procesos cognitivos	1.1 Reconocer 1.2 Recordar	2.1 Interpretar 2.2 Ejemplificar 2.3 Clasificar 2.4 Resumir 2.5 Inferir 2.6 Comparar 2.7 Explicar	3.1 Ejecutar 3.2 Implementar	4.1 Diferenciar 4.2 Organizar 4.3 Atribuir	5.1 Comparar 5.2 Valorar	6.1 Generar 6.2 Planificar 6.3 Producir

Nota. Tomado de Anderson et al., 2001

Tabla 2

TRB en su dimensión del conocimiento

Tipos de conocimiento	Dimensión del conocimiento			
	A Conocimiento Factual	B Conocimiento conceptual	C. Conocimiento procedimental	D. Conocimiento metacognitivo
Descripción del tipo de conocimiento	Elementos básicos que el estudiantado debe conocer para familiarizarse con una disciplina o resolver problemas en ella	Interrelaciones entre los elementos básicos dentro de una estructura más grande que les permite funcionar juntos	Como hacer algo, métodos e indagación y criterios para usar habilidades, procedimientos, técnicas y métodos	Conocimiento de la cognición en general, así como conciencia y conocimiento de la propia cognición
Subtipos de conocimiento	A.a Conocimiento de terminología. A.b Conocimiento de detalles y elementos específicos	B.a Conocimiento de clasificaciones y categorías B.b Conocimiento de principios y generalizaciones	C.a Conocimiento de habilidades y procedimientos específicos del tema C.b Conocimiento de técnicas y métodos	D.a Conocimiento estratégico D.b Conocimiento sobre tareas cognitivas, incluido el apropiado conocimiento contextual y condicional

		B.c Conocimiento de teorías, modelos y estructuras	específicos del tema C.c Conocimiento de los criterios para determinar cuándo usar procedimientos apropiados	D.c Autoconocimiento
--	--	--	---	-------------------------

Nota. Tomado de Anderson et al., 2001

Como se observa en la Tabla 1, en la dimensión del proceso cognitivo se muestran los seis niveles en orden jerárquico de menor a mayor complejidad: recordar (relacionado con la memoria a largo plazo o recuerdos de conceptos), comprender (cuando entiende los conceptos que recuerda), aplicar (cuando se es capaz de utilizar lo que ha aprendido en nuevas situaciones), analizar (cuando es capaz de descomponer e integrar las partes de un problema, entendiendo la estructura interna de este), evaluar (cuando es capaz de emitir juicios de valor frente a un problema) y crear (cuando es capaz de proponer nuevas situaciones, identificar problemas o crear nuevas soluciones). Y en la Tabla 2, la dimensión del conocimiento se muestran cuatro niveles: factual (cuando se sabe el lenguaje y los objetos básicos de estudio de la disciplina particular), conceptual (cuando establece las relaciones primarias entre los objetos de estudio), procedimental (cuando conoce los procedimientos o métodos de indagación y técnicas de análisis) y metacognitivo (cuando se es consciente de los criterios de validez de los argumentos y conclusiones que solucionan un problema).

Ahora bien, en el programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, existen 13 declaraciones expresas de los resultados de aprendizaje, de las que nos interesa la primera, que es referente al área de Química:

“Analizar los procesos fisicoquímicos, bioquímicos y genéticos en los seres vivos, a través del análisis de diferentes muestras biológicas y no biológicas enmarcados en los sistemas de control de calidad.” (Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, s.f.).

Pruebas estandarizadas

Las pruebas estandarizadas son pruebas objetivas que miden o evalúan un constructo (conocimiento, competencias, actitudes, entre otros) en los individuos y se fundamentan bajo teorías estadísticas, como la Teoría Clásica de los Test (TCT) (Leenen, 2014), que es la que se emplea en esta investigación.

Las pruebas o test empezaron a realizarse en el área de psicología, ya que los psicólogos fueron los primeros en diseñar diferentes instrumentos para la discriminación visual, umbrales de audición, series graduadas de pesos, discriminación de temperaturas, entre otros (Martínez, 1995). También desarrollaron métodos estadísticos, para analizar los resultados que se obtenían de sus instrumentos dando origen a la psicometría, que se consolidó con Karl Pearson (1857-1936) y Charles Sperman (1863-1945), el primero fundador de la estadística moderna, porque construyó una serie de técnicas que dieron la base a la teoría de los test y el segundo al desarrollar la teoría de la fiabilidad y el modelo estadístico, hoy conocido como Teoría Clásica de los Test TCT.

Teoría Clásica de los Test

El desarrollo de una prueba bajo la TCT hace énfasis en la prueba como unidad. El supuesto fundamental de esta teoría es que el puntaje observado X que obtiene un sujeto que responde al test, es la suma de su puntaje real o verdadero V de dicho sujeto, más un error, e , el cual afecta la observación. Es decir, la puntuación verdadera y el error de la medida son variables latentes, no son observables de manera directa, mientras que la puntuación empírica X sí lo es (Abad et al., 2006; Leenen, 2014). La TCT ha desarrollado métodos para que, a partir de los datos de una muestra, se puedan obtener conclusiones sobre las puntuaciones verdaderas y sus errores (Leenen, 2014). Una medida fundamental es el alfa de Cronbach α , que define la fiabilidad o consistencia interna de un test e indica que la medida o resultado total de la prueba es teóricamente repetible, esto es, que, si se aplica nuevamente la prueba al mismo grupo de

personas, los sustentantes obtendrían resultados similares. Este coeficiente se puede calcular de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_X^2} \right)$$

Donde α es el coeficiente de Cronbach, k el número de ítems de la prueba, σ_i^2 es la varianza del puntaje en el ítem y σ_X^2 es la varianza del puntaje total de la prueba. Se recomiendan puntajes superiores a 0.6 para este coeficiente en pruebas de bajo impacto, como, por ejemplo, las pruebas aplicadas a una única institución (Sorenson y Hanson, 2021), y un valor mayor a 0.9 para pruebas de alto impacto, como las pruebas nacionales (Chávez y Saade, 2009).

Para el análisis de los ítems o preguntas, existen algunos indicadores o índices que se trabajan en la TCT, así: el índice de dificultad, el índice de discriminación y el índice de correlación punto biserial, entre otros.

- ***Índice de dificultad***

El índice de dificultad de un ítem o pregunta, se calcula como la proporción de aciertos entre los sujetos que responden la pregunta, sus valores están entre 0 y 1, donde 0 significa que ningún sujeto respondió correctamente la pregunta, y 1 significa que todos los que respondieron lo hicieron correctamente. En general, si el valor de este índice está cercano a cero significa que la pregunta es muy difícil porque muy pocas personas la contestaron bien y si el valor de este índice está cercano a 1, significa que la pregunta es muy fácil porque en general muchas personas la contestaron correctamente. El grado de dificultad de 0.5 indica que la varianza del ítem alcanza su máximo, porque ahí se puede diferenciar entre los estudiantes o sujetos que saben con los que no saben (García y Méndez, 2019). Las preguntas con un índice de dificultad entre 0.3 y 0.9 se consideran aceptables, ya que valores por encima de 0.9 hacen poco por aumentar la calidad de la prueba; sin embargo, las preguntas con un índice menor a 0.3 se pueden aceptar siempre y cuando discriminen bien a los estudiantes que tienen alto rendimiento de los que tienen bajo rendimiento (Sorenson y Hanson, 2021).

- ***Índice de discriminación***

El índice de discriminación mide el grado en que un ítem o pregunta discrimina entre los que saben y los que no saben. Se calcula como la proporción de aciertos a dicho ítem del 25 % de los que obtuvieron mayor puntaje total de la prueba, menos la proporción de aciertos de este ítem del 25 % de los que obtuvieron las menores puntuaciones totales. El rango de valores de este índice está entre -1 y +1, donde +1 significa que todos los sujetos que se encuentran en el 25 % mayor del puntaje total de la prueba, respondieron correctamente, y que ninguno de los que está en el 25 % inferior respondió correctamente este ítem. Por lo tanto, este ítem sí discrimina entre los mayores puntajes de los menores puntajes (Ding et al, 2006). Por otro lado, valores negativos o menores a 0.1 indica que no discrimina bien y el ítem se considera pobre; para valores entre 0.1 y 0.3 el ítem es justo; entre 0.3 y 0.6 el ítem es bueno; e ítems con índice de discriminación superior a 0.6 son considerados muy buenos (Sorenson y Hanson, 2021).

- ***Índice de correlación punto biserial***

Este índice es la correlación entre el ítem o pregunta y la puntuación total de los sujetos en la prueba. Toma valores entre -1 y +1, pero los ítems con valores negativos en este índice son descartados, porque significa que los estudiantes con puntuaciones totales bajas respondieron correctamente a este ítem y los estudiantes con puntuaciones totales altas no respondieron correctamente al ítem o pregunta. Según Sorenson y Hanson (2021), los ítems con índice de correlación punto biserial por encima de 0.3 son muy buenos, entre 0.2 y 0.3 son buenos, entre 0.1 y 0.2 son justos, y menores a 0.1 son pobres.

Modelo de medición de Miller

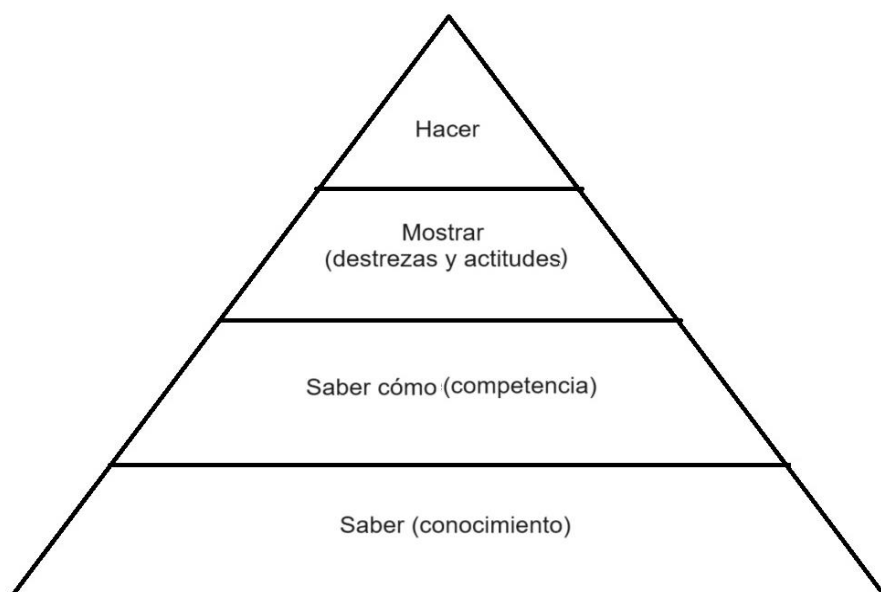
Para definir el constructo en una prueba estandarizada, utilizamos el modelo de medición desarrollado por Georges Miller (Miller, 1990), que muestra niveles jerarquizados, globales e inclusivos que van de lo más simple a lo más complejo, e indican el alcance logrado por los estudiantes de los objetivos educativos propuestos.

Como se muestra en la Figura 1, en la base de la pirámide se ubica el conocimiento (el saber) sobre este se apoya la competencia (el saber cómo). En el siguiente nivel se encuentra el desempeño (mostrar cómo) y en el nivel superior está la acción en la práctica real (el hacer) (Cejas y Álvarez, 2006). Este es el referente que se utiliza en esta investigación para definir el constructo, donde las preguntas que componen la prueba responden al conocimiento en el área

de química general, dado que se aplicó a los estudiantes que ingresan al programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Figura 1

Modelo de medición propuesto por Miller



Nota. Adaptado de Miller, 1990

Metodología

Este trabajo está enmarcado dentro de la metodología cuantitativa, la cual plantea que una investigación se centra en aspectos observables, susceptibles de ser medidos utilizando la estadística como herramienta clave para el análisis. Según su alcance, es exploratorio y descriptivo (Hernández y Mendoza, 2018), porque se pretende diseñar una prueba de conocimientos que permita caracterizar a los estudiantes que ingresan a la carrera de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, en el

área de química general. Para ello en la primera fase se elabora el constructo con su marco de referencia teniendo en cuenta el modelo de medición de Miller, en la segunda fase se construyen las preguntas en las dimensiones propuestas por la Taxonomía Revisada de Bloom, las cuales fueron validadas por expertos.

En la fase actual se realiza una primera prueba piloto, para determinar los índices estadísticos de las preguntas bajo la TCT y la consistencia interna de esta.

Resultados

Definición del constructo

Los objetivos en el proceso de formación de los estudiantes deben apuntar al resultado de aprendizaje propuesto por el programa. Por lo tanto, se plantean cuatro temáticas para el constructo de la prueba de química, dirigida a estudiantes de primer semestre del Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la universidad, así:

➤ Fundamentos y estructura de la materia:

Como lo expone Chang (2010), la química se define como el estudio de la materia (todo lo que ocupa espacio y tiene masa) y los cambios que ocurren o experimentan. Dicha materia se clasifica en varios subtipos, con base en su composición y propiedades (físicas y químicas), incluyendo sustancias (tiene composición definida y propiedades distintivas; pueden existir en tres estados: sólido, líquido y gaseoso), mezclas (combinación de dos o más sustancias que conservan sus propiedades), elementos (sustancias que no se puede separar en otras más sencillas por medios químicos) y compuestos (sustancias formadas por átomos de dos o más elementos unidos químicamente).

Por otro lado, en cuanto a las mediciones y las unidades, como lo presenta Leiffer (2020), la importancia en la química se observa en procesos de fabricación de equipos, así como actividades que permitan el desarrollo del comercio, la industria, la ciencia, así como en investigación.

Se espera que los estudiantes relacionen la estructura de la materia con los cambios, clasificación y propiedades de esta, establezcan y diferencien los cambios en las sustancias e

identifiquen cuáles ocurren por reacciones químicas. También se espera que reconozcan la importancia de las magnitudes y de la medición en la química, por medio del análisis dimensional y la conversión de unidades. Lo anterior con el fin de que el estudiante pueda interpretar y plantear soluciones a situaciones problema, a partir del uso de la proporcionalidad en las unidades de medida.

➤ Propiedades periódicas de los elementos:

En cuanto a la tabla periódica,

El reconocimiento de las regularidades periódicas en las propiedades físicas y en el comportamiento químico, así como la necesidad de organizar la gran cantidad de información disponible sobre la estructura y propiedades de las sustancias elementales, condujeron al desarrollo de la tabla periódica, una tabla en la que se encuentran agrupados los elementos que tienen propiedades químicas y físicas semejantes (Chang, 2014, p 25).

En nuestra vida cotidiana, encontramos varios usos de los elementos de la tabla periódica, algunos ejemplos presentados por Euroinnova (s.f.), son en procesos de fabricación de cristales, vidrios, en la industria metalúrgica, conservación de alimentos, entre otros, resaltando la importancia de conocer sus propiedades y usos.

En este sentido, el objetivo de la enseñanza de las propiedades periódicas de los elementos es que los estudiantes sepan interpretar y relacionar la información de la tabla periódica a partir de las configuraciones electrónicas de los átomos, con el propósito de entender cómo reaccionan los diferentes elementos químicos y así interpretar el comportamiento periódico. Para ello, debe inferir propiedades de los elementos químicos a partir de la ubicación en la tabla periódica y reconocer las propiedades periódicas generales y a partir de ellas reconocer la estabilidad de los átomos para así entender la formación de los enlaces químicos.

➤ Enlaces y reacciones:

Dos Santos-Fernandes, L. y Fernandes-Campos (2014), establecen la importancia de tener los conocimientos acerca del enlace químico, ya que estos permiten comprender las propiedades

físicas y químicas de las sustancias, razón por la cual deben identificarse las dificultades por conceptos o representaciones equivocadas, así como por confusiones en los conceptos.

Por lo anterior, el estudiante debe lograr identificar el enlace químico como una interacción energética y electrónica que permite a los átomos alcanzar la estabilidad química. Además, explicar la formación de los compuestos iónicos y moléculas covalentes, a partir de las configuraciones electrónicas y de las estructuras de Lewis, asociando los diferentes tipos de enlace con las reacciones a las que corresponden y relacionar el tipo de reacción con las propiedades de los reactivos participantes, gracias a la argumentación de las propiedades de los compuestos y su relación con los procesos metabólicos.

➤ Cálculos estequiométricos:

En la estequiometría, podemos determinar la proporción de los compuestos necesarios en una reacción, comprender el proceso de balanceo de ecuaciones químicas como una aplicación de la ley de la conservación de la materia y establecer proporciones basadas en dichas ecuaciones, con el fin de aplicarlas en cálculos estequiométricos, esto hace que el estudiante esté en la capacidad de interpretar y solucionar problemas aplicados al desempeño profesional, para este caso, del Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico.

La estequiometría es una herramienta indispensable en la química. Problemas tan diversos como, por ejemplo, la medición de la concentración de ozono en la atmósfera, la determinación del rendimiento potencial de oro a partir de una mina y la evaluación de diferentes procesos para convertir el carbón en combustibles gaseosos, comprenden aspectos de la estequiometría (Muñoz, 2014, p. 8).

Construcción de preguntas bajo la Taxonomía Revisada de Bloom

En este avance de investigación, las preguntas del test o prueba se elaboraron bajo la dimensión del proceso cognitivo y en la dimensión del conocimiento. En la Tabla 3, se observan ejemplos sobre la dimensión del proceso cognitivo para la prueba de química.

Tabla 3

Ejemplo de Taxonomía Revisada de Bloom en la dimensión del proceso cognitivo en el área de química general

Nivel	Descripción	Ejemplo	Contexto Químico
Crear	Generar ideas nuevas y originales, aplicar el pensamiento crítico y creativo	Diseñar un experimento para sintetizar un nuevo compuesto químico con aplicaciones industriales	Desarrollar un nuevo procedimiento de síntesis química para producir un catalizador de alta eficiencia
Evaluar	Juzgar y valorar la validez de ideas o evidencias, realizar juicios basados en criterios	Evaluar la eficacia de un método para determinar la concentración de una solución	Analizar y evaluar las ventajas y desventajas de dos métodos diferentes para determinar la acidez de una muestra de laboratorio
Analizar	Descomponer la información en partes, identificar patrones y relaciones en la información	Identificar y clasificar los diferentes tipos de reacciones químicas en una reacción compleja	Desglosar un compuesto químico en sus componentes y analizar cómo interactúan a nivel molecular
Aplicar	Aplicar el conocimiento y conceptos en situaciones nuevas o contextos diferentes	Calcular la concentración de un reactivo necesario para alcanzar una reacción completa	Resolver un problema de cinética química para determinar la velocidad de reacción en una reacción química

Comprender	Comprender el significado y las ideas principales, y explicar conceptos	Explicar en términos sencillos el proceso de oxidación – reducción en una reacción química	Describir los procesos químicos básicos que ocurren durante la combustión y cómo afectan la formación de productos
Recordar	Reconocer información, hechos y conceptos básicos	Enumerar los elementos de la tabla periódica que son metales de transición	Identificar los elementos esenciales en la formación de enlaces covalentes en las moléculas orgánicas

Análisis bajo la TCT de las preguntas y la prueba total

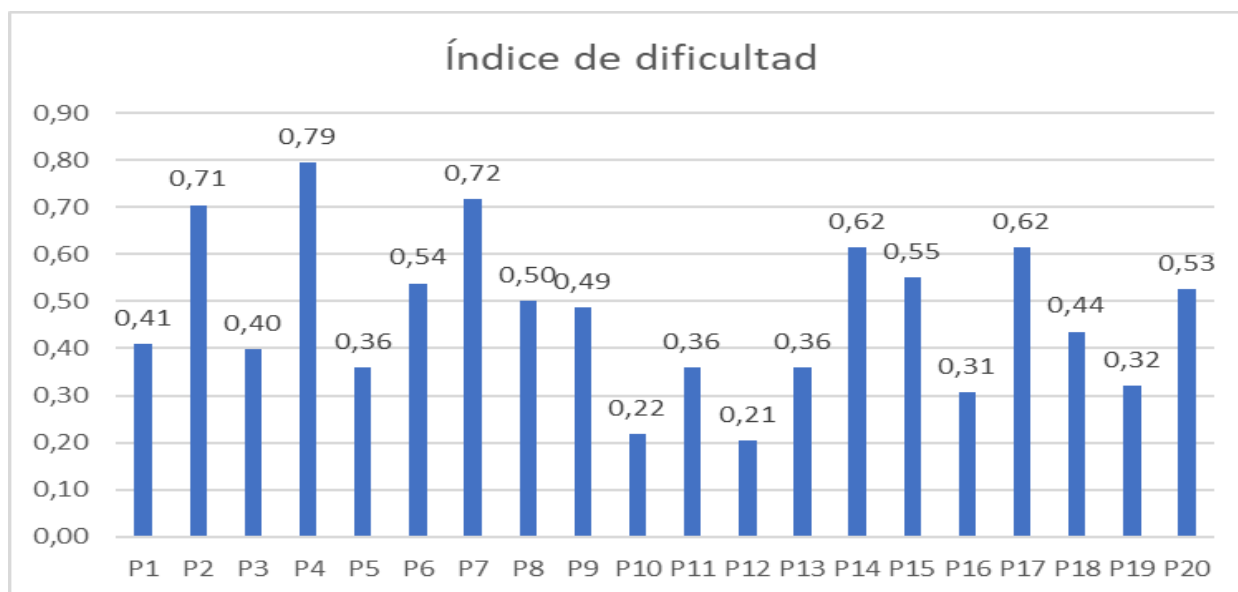
Se diseñó una prueba en el área de química general de 20 preguntas cerradas con cuatro opciones de respuesta y una única respuesta correcta, la cual se aplicó en el período 2023-2 a un grupo de 78 estudiantes de primer semestre del programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Se construyeron cinco (5) preguntas en el área de propiedades periódicas de los elementos, siete (7) de fundamentos y estructura de la materia, cinco (5) de enlaces y reacciones químicas y tres (3) de cálculos estequiométricos.

Índice de dificultad

En la figura se detallan los valores de índice de dificultad, de cada una de las preguntas de la prueba de química.

Figura 2

Índice de Dificultad para cada pregunta de la prueba



Se observa de la Figura 2, que la pregunta más fácil de la prueba fue la número 4 (pregunta relacionada a la temática de Fundamentos y Estructura de la Materia) con un índice aproximadamente de 0.79 y la pregunta más difícil fue la pregunta número 12 (pregunta relacionada al tema de Fundamentos y Estructura de la Materia) con un índice aproximadamente de 0.21. Aunque los valores del índice de dificultad en las preguntas 10 y 12 son los valores más bajos, se puede observar que estas preguntas discriminan bien de los estudiantes que saben y de los que no, por lo tanto, estas preguntas se consideran también como aceptables.

A continuación, en la Tabla 4, se muestra una clasificación del índice de dificultad por su nivel (preguntas muy fáciles valores mayores a 0.75, fáciles valores entre 0.55 a 0.75 (inclusive), normales: valores entre 0.45 a 0.55 (inclusive), difíciles valores de 0.25 a 0.45 (inclusive) y muy difíciles para valores menores a 0.25), relacionadas con las temáticas en química que nos brindaron los insumos para el análisis de la prueba.

Tabla 4

Resultado de la prueba en términos de Índice de Dificultad a partir de la Teoría Clásica de los Test (TCT)

	Nivel de Dificultad Calculado	
--	-------------------------------	--

Referente Teórico	Muy Fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy Difícil	Total Preguntas
Propiedades periódicas de los elementos	0	1	1	2	1	5
Fundamentos y Estructura de la Materia	1	3	1	1	1	7
Enlaces y reacciones químicas	0	0	1	4	0	5
Cálculos estequiométricos	0	1	1	1	0	3

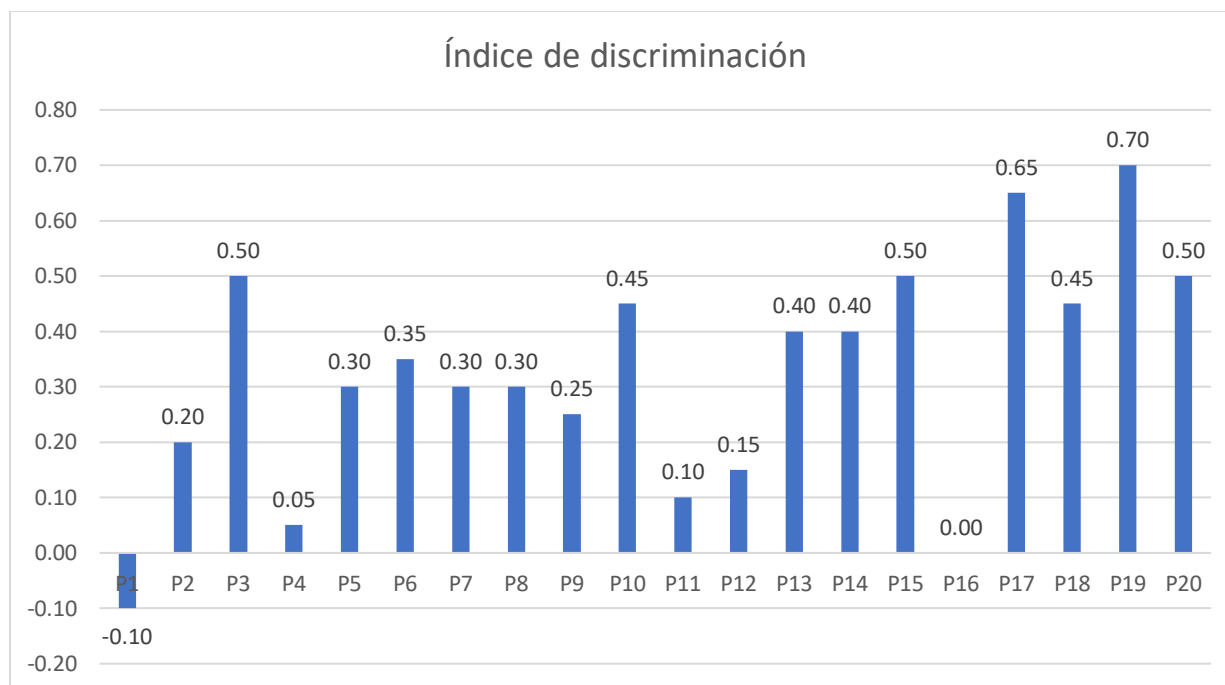
De acuerdo con la Tabla 4, se observa que existe una distribución adecuada de las preguntas según su dificultad en cada una de las temáticas propuestas.

Índice de discriminación

En cuanto a los valores del índice de discriminación de cada una de las preguntas de la prueba de química, se observa:

Figura 3

Valores del índice de discriminación de cada pregunta



Según la Figura 3, las preguntas 17 (Fundamentos y Estructura de la Materia) y 19 (Enlaces y Reacciones) son las que mejor discriminan, y según su escala se consideran preguntas muy buenas. En total, 13 preguntas están en la categoría Buena y Muy Buena, que corresponden al 65 % de las preguntas de la prueba.

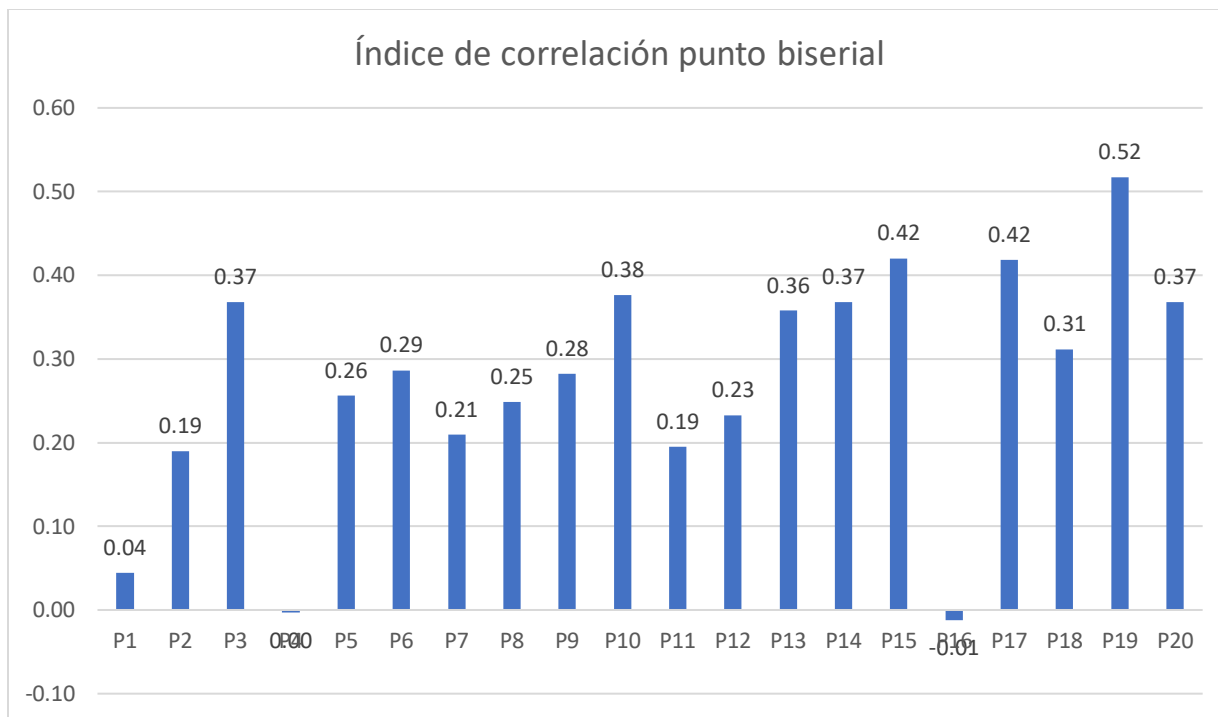
Hay cuatro preguntas, números 2, 9, 11 y 12 que son Justas, ya que apenas discriminan y podrían mejorarse. Y hay tres preguntas, 1 (Propiedades Periódicas de los Elementos), 4 (Fundamentos y Estructura de la Materia) y 16 (Enlaces y Reacciones), que son Pobres y no discriminan, por lo tanto, se deben mejorar o reemplazar.

Índice de correlación punto biserial

Ahora, se presentan los valores del índice de correlación punto biserial para cada una de las preguntas de la prueba.

Figura 4

Valores del índice de correlación punto biserial



Según la Figura 4, las preguntas con mejor índice son 15 (Fundamentos y Estructura de la Materia), 17 (Fundamentos y Estructura de la Materia) y 19 (Enlaces y Reacciones), es decir, que están midiendo adecuadamente el constructo que se quiere evaluar. Nuevamente, las preguntas 1, 4 y 16 son preguntas Pobres en la categoría de este índice, por lo que se deben revisar.

Ya en la Tabla 5, se resumen las categorías de las preguntas según los índices de correlación punto biserial y de discriminación.

Tabla 5

Resultado de la prueba en términos de Índice de Correlación Punto Biserial e Índice de Discriminación y temáticas

Referente Teórico	Índice de Correlación Punto Biserial			Índice de Discriminación		
	Pobre	Justa	Buena Muy Buena	Pobre	Justa	Buena Muy Buena
Propiedades periódicas de los elementos	1	2	2	1	2	2
Fundamentos y Estructura de la Materia	1	2	4	1	1	5
Enlaces y reacciones químicas	1	1	3	1	0	4
Cálculos estequiométricos	0	2	1	0	0	3

Coefficiente alfa de Cronbach

El coeficiente alfa de Cronbach para esta prueba arroja un valor aproximado de 0.4, lo cual indica que no alcanza a ser confiable en la prueba total, porque debería tener un valor mínimo de 0.6 (Sorenson y Hanson, 2021).

Esto quizás se deba a que se debe aumentar el número de preguntas por temáticas, para que la suma de la variabilidad interna de cada una de las preguntas sea más pequeña.

Conclusiones

Una prueba de rendimiento óptimo y estandarizada, como la presentada en este trabajo, que siga una metodología adecuada, es útil para recolectar información acerca de las competencias establecidas por los programas curriculares, con el propósito de apoyar los procesos de

enseñanza aprendizaje y, a su vez, responder por los resultados de aprendizaje que alcanzan los estudiantes en los distintos programas curriculares.

Para la elaboración de cualquier prueba de excelente rendimiento, es necesario tener en cuenta una serie de procedimientos o fases secuenciales como diseño, construcción y verificación, antes de las fases de ensamble, aplicación y calificación. En el diseño se delimitó el constructo de la prueba de química a estudiantes que ingresan a la universidad, en el que se estableció como marco de referencia las temáticas: *propiedades periódicas de los elementos, fundamentos y estructura de la materia, enlaces y reacciones y cálculos estequiométricos*. Estas temáticas están en concordancia con el resultado de aprendizaje que plantea el Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico, sobre evaluar los procesos fisicoquímicos, bioquímicos y genéticos en los seres vivos.

En el proceso de construcción, se elaboraron preguntas que, para cumplir los estándares de forma y contenido, debían tener la redacción clara y precisa, evitando enunciados negativos, así como no dando indicios de la opción correcta, de igual manera, debe referirse a una sola idea y tener validez conceptual, esto es, estar en el nivel del estudiante. En cuanto a las opciones de respuesta, se evitaron las opciones “todas las anteriores” o “ninguna de las anteriores”, así como se diseñan de forma que tengan similar extensión y plausibilidad.

En la fase de verificación, las preguntas se analizaron de dos formas: en forma cualitativa y en forma cuantitativa. Para el primer caso, se hizo una validación de las preguntas por parte de expertos, quienes evaluaron características como la correspondencia entre los enunciados con las temáticas propuestas, la dimensión del proceso cognitivo y la dimensión del conocimiento, en atención a la Taxonomía Revisada de Bloom.

En la verificación cuantitativa, se trabajó bajo la Teoría Clásica de los Test implementando una prueba piloto que tenía menos de 100 sustentantes. Se encuentra que la mayoría de las preguntas, 17 de 20, sirven para conformar la prueba definitiva ya que sus índices de dificultad, discriminación y correlación punto biserial están dentro de los parámetros adecuados según los estándares establecidos por distintos autores. Solamente tres ítems o preguntas deben ser revisados nuevamente y ajustar en atención a los resultados.

Por otro lado, el coeficiente alfa de Cronbach tuvo un valor aproximado de 0.4, lo que indica que esta prueba en conjunto, aún no es confiable para tomar decisiones; sin embargo, esto no debe tomarse como un resultado negativo, en atención a que aún se encuentra en la etapa de verificación cuantitativa, analizando de manera individual las preguntas que conformarán la prueba definitiva, por lo cual los resultados encontrados hasta el momento son insumos para retroalimentar las fases de construcción y verificación por parte de expertos de nuevas preguntas.

Finalmente, se diseñarán las nuevas preguntas para así tener un conjunto de al menos 40 preguntas verificadas por la TCT, para la fase de ensamble en una prueba que se pueda aplicar a todos los estudiantes que ingresen en próximo semestre al Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Adicional, se utilizará esta metodología para diseñar otras pruebas aplicables a lo largo de este programa académico, que permitan categorizar a los estudiantes a lo largo de sus estudios en los niveles de conocimiento en sus respectivas dimensiones del proceso cognitivo: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear; y en su dimensión del conocimiento factual, conceptual, procedimental y metacognitivo.

Referencias bibliográficas

- Abad, F., Garrido, J., Olea, J. y Ponsoda, V. (2006). *Introducción a la psicometría. Teoría Clásica de los Test y Teoría de la Respuesta al Ítem*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Acuerdo 02 de 2020 [Consejo Nacional de Educación Superior, CESU]. Por el cual se actualiza el modelo de acreditación de alta calidad. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-399567_recurso_1.pdf. 1 de julio de 2020.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. y Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman Inc. <http://bit.ly/3Epvkm7>.
- Cejas, C. y Álvarez, P. (2006). Evaluación de los resultados del aprendizaje. *Revista Argentina de Radiología*, 70(2), pp. 149-155.
- Chang, R. (2010). *Fundamentos de química*, 10ª edición, McGraw-Hill. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3609/1/Fundamentos%20de%20Quimica.pdf>
- Chávez, C y Saade, A. (2009). *Procedimientos básicos para el análisis de reactivos. Cuaderno técnico 8*. Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A. C. (Ceneval).
- Consejo Nacional de Acreditación CNA y Ministerio de Educación Nacional MEN (2022). *Actualización de los aspectos por evaluar para la autoevaluación con fines de acreditación en alta calidad en programas académicos*. https://www.cna.gov.co/1779/articles-412511_norma.pdf
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., & Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical review special Topics-Physics education research*, 2(1), 010105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.010105>

- Dos Santos-Fernandes, L. y Fernandes-Campos, A. (2014). Enseñanza del enlace químico desde una perspectiva situación-problema. *Formación universitaria*, 7(6), 45-52. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000600006>
- Euroinnova. (s.f.). ¿Sabes cómo usar los elementos de la tabla periódica en la vida cotidiana? *Elementos de la tabla periódica en la vida cotidiana*. <https://www.euroinnova.co/blog/elementos-de-la-tabla-periodica-en-la-vida-cotidiana>
- Gamboa, L., Guevara, M. G., Mena, Á., y Umaña, A. C. (2023). Taxonomía revisada de Bloom como apoyo para la redacción de resultados de aprendizaje y el alineamiento constructivo. *Revista Innovaciones Educativas*, 25(38), 140-155. <https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4529>
- García, L. y Méndez, N. F. (2019). Análisis cuantitativo de las preguntas de una prueba estandarizada para observar las dificultades del cálculo de probabilidades en estudiantes universitarios. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín y E. Molina-Portillo (Eds.), *Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística*. www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html
- Garzón-Daza, C. (2023). Los resultados de aprendizaje: Componente fundamental de la calidad en la educación superior. *Revista Boletín Redipe*, 12(8), 127-137.
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Leenen, I. (2014). Virtudes y limitaciones de la teoría de respuesta al ítem para la evaluación educativa en las ciencias médicas. *Investigación en Educación Médica*, 3(9): 40-55.
- Leiffer. (junio 18 de 2020). *Las mediciones en química, parte esencial*. Materiales de laboratorio. <https://materialesdelaboratoriohoy.us/quimica/las-mediciones-en-quimica/>
- Martínez, R. (1995): *Psicometría: Teoría de los Test Psicológicos y Educativos*. Editorial Síntesis S. A.

- Ministerio de Educación Nacional - MEN (2013). *Estructura de indicadores de perfilación y caracterización para las Instituciones de Educación superior en Colombia*. MinEducación. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-341202_archivo_pdf.pdf
- Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic medicine*, 65(9), S63-7.
- Muñoz, J. C. (2014). *Aplicación de una estrategia didáctica que permita la comprensión de la estequiometría a partir de un aprendizaje significativo*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21886/7811521.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sorenson, B. y Hanson, K (2021). Using Classical Test Theory and Rasch Modeling to Improve General Chemistry Exams on a Per Instructor Basics. *J. Chem. Educ.*, 98, 1529–1538.
- Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (s.f.). *Perfiles*. <https://www.unicolmayor.edu.co/atencion-servicios-ciudadania/programas/pregrados/bacteriologia-laboratorio-clinico/perfiles>