

Agosto 2024
Vol. 11, No. 2

revie

Revista de Investigación y Evaluación Educativa

e-ISSN: 2409-1553
<https://revie.gob.do>

 **ideice**
Instituto Dominicano de Evaluación e
Investigación de la Calidad Educativa

DESCRIPCIÓN

La Revista de Investigación y Evaluación Educativa (**Revie**) surge en agosto del 2014, como una revista de difusión digital bajo el ISSN 2409-1553 con el fin de dar a conocer al público en general, los resultados de evaluaciones e investigaciones producidas en el Instituto Dominicano de Evaluación e Investigación de la Calidad Educativa (**Ideice**). En el 2019 se integra al *Open Journal Systems (OJS)* para la gestión y administración del proceso editorial, asumiendo una política abierta para los autores que deseen publicar artículos siguiendo los estándares científicos y arbitrajes editoriales. **Revie** es un espacio al servicio de autores nacionales e internacionales del ámbito educativo, cuyos trabajos convergen con el fin de presentar hallazgos, debatir e intercambiar ideas que propicien la transformación y mejora continua de los sistemas educativos.

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL IDEICE

Dra. Carmen Caraballo

EQUIPO EDITORIAL

Director

Dr. Julián Álvarez Acosta

Editora

Mtra. Dilcía D. Armesto Núñez

Editores de sección

Mtra. Lidia Moreta

Mtr. Francisco Javier Martínez Cruz

Corrección de estilo

M.A. María Rosario

Dr. Roque Santos Cueto

CONSEJO TÉCNICO

Analistas de producción

M.A. Edwin Santana

Analista de datos

Lic. Iván Vargas

Soporte de tecnología

Ing. Miguel Frías Méndez

Diseño y maquetación

M.A. Natasha Mercedes Arias

Lic. Yeimy Olivier Salcedo

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Julio Cabero Almenara

Dra. Carmen Llorente Cejudo

Dr. Héctor Valdés

Dra. Verónica Marín

Dr. Julio Ruiz Palmero

Dr. Juan Manuel Trujillo Torres

Dra. Consuelo Prado

Dr. Juan Jesús Gutiérrez Castillo

Dra. Margarita Carmenate

Dra. Mu-Kien Sang Ben

Dra. Jeanette Chaljub Hasbun

Dr. Alfredo Antonio Gorrochotegui

Dra. Ana María Ortíz

Dr. Daniel Enrique Ariza Gómez

Dr. Daniel Vargas Peña

Dr. Enrique Sánchez Rivas

Dra. Gladys Milena Vargas Beltrán

Dra. Gloria Calvo

Dra. Inmaculada Aznar Díaz

Dr. José Leopoldo Artiles Gil

Dra. Josefina Vijil

Dra. Liliana Montenegro

Lic. Luis Enrique Rodríguez

Dr. Marcos J. Villamán

Dra. Marta J. Lafuente

Dra. Morella Alvarado

Dr. Pablo Mella

M.A. Patricia Carolina Matos Lluberes

M.A. Pavel Corniel

Dr. Ramón Leonardo Díaz

Mag. Renato Operti

Dr. René Jorge Piedra de la Torre

Dr. Rodrigo Moreno Aponte

Dra. Aida Alexandra González Pons

Dra. Sandra Martínez Pérez

Dra. Sor Ana Julia Suriel Sánchez

Dra. Katusca Manzur Herra

Dr. Dustin Muñoz

Dr. Alexander Rubio Álvarez

Dr. Fernando Jafer Bárbara Rodríguez

Dra. Leidy Claret Hernández Flores

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Atribución-NoComercial-Sin-Derivar 4.0 Internacional.



ÍNDICE

- 04** **00. REFORMAS EDUCATIVAS: POTENCIALIDADES HUMANAS**
EDUCATIONAL REFORMS: HUMAN POTENTIALITIES
Julián Álvarez Acosta
- 07** **01. ESTUDIO OBSERVACIONAL DEL RAZONAMIENTO CUANTITATIVO EN QUÍMICA**
OBSERVATIONAL STUDY OF QUANTITATIVE REASONING IN CHEMISTRY
Graciela Ordóñez • Guaner Rojas Rojas
- 25** **02. TEMÁTICAS DE INVESTIGACIÓN DE LA MATEMÁTICA EDUCATIVA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA**
RESEARCH TOPICS OF EDUCATIONAL MATHEMATICS IN THE DOMINICAN REPUBLIC
Cila Eduviges Mola Reyes • Alicia Virginia Martín Sánchez • Carmen Evarista Matías de Rodríguez
- 43** **03. ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE LA ESCUCHA COMPRESIVA Y FLUIDEZ ORAL EN EL IDIOMA INGLÉS UTILIZADAS POR LOS DOCENTES DE SEXTO GRADO DE PRIMARIA DE LOS DISTRITOS 02-05 Y 02-06**
ANALYSIS OF STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF LISTENING COMPREHENSION AND ORAL FLUENCY USED BY SIX GRADE TEACHERS OF DISTRICTS 02-05 AND 02-06
Amaury Beltré-García • Victor Manuel Bello-Adames
- 66** **04. LA EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA REPÚBLICA DOMINICANA 2023**
THE EVALUATION BY COMPETENCIES IN HIGHER EDUCATION IN THE DOMINICAN REPUBLIC 2023
Juan José Mariñez Báez
- 88** **05. REFLEXIONES TEÓRICAS DEL FENÓMENO DE LA DESERCIÓN ACADÉMICA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR**
THEORETICAL REFLECTIONS ON THE PHENOMENON OF ACADEMIC ATTRITION IN HIGHER EDUCATION
Romer Concepción Gutiérrez • Hilda Patricia Núñez Rivas • Erasmo López López

ESTUDIO OBSERVACIONAL DEL RAZONAMIENTO CUANTITATIVO EN QUÍMICA

OBSERVATIONAL STUDY OF QUANTITATIVE REASONING IN CHEMISTRY



Graciela Ordóñez

Universidad de Costa Rica, Costa Rica



Guaner Rojas Rojas

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Recibido: 2023/11/09

Aceptado para su publicación: 2024/03/31

Publicado: 2024/08/01

RESUMEN

El objetivo de este estudio es determinar las habilidades de razonamiento cuantitativo presentes en cursos de Química de primer ingreso de una universidad. La metodología empleada fue observacional la cual es intencional, estructurada y controlada e integra dos vertientes: la cualitativa y la cuantitativa. Para el análisis de los resultados se empleó la Teoría de la Generalizabilidad como herramienta para determinar la confiabilidad de las observaciones realizadas por jueces expertos, ya que esta teoría permite determinar las fuentes de variación de las observaciones. Dentro de los hallazgos se tiene que la confiabilidad entre los jueces fue de 0.81 en la interacción de jueces, número de indicadores y cantidad de observaciones realizadas, siendo un valor robusto. Además, se determinó que los docentes de los cursos de Química emplean componentes del razonamiento cuantitativo como lo es cuantificar, relacionar, clasificar, ejemplificar, validar y generalizar para impartir los contenidos de los cursos. Sin embargo, la conciencia pedagógica sobre la enseñanza de estas habilidades pasa desapercibida por el propio profesorado.

PALABRAS CLAVE

Análisis cualitativo, análisis cuantitativo, observación, Química, resolución de problemas.

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the quantitative reasoning skills present in first-entry Chemistry courses at a university. The methodology used was observational, which is intentional, structured, and controlled and integrates two aspects: qualitative and quantitative. To analyze the results, the Generalizability Theory was used to determine the reliability of the observations made by expert judges, since this theory allows determining the sources of variation in the observations. Among the findings, it is found that the reliability between the judges was 0.81 in the interaction of judges, number of indicators, and number of observations made, being a robust value. In addition, it was determined that teachers of Chemistry courses use components of quantitative reasoning such as quantifying, relating, classifying, exemplifying, validating, and generalizing to teach the contents of the courses. However, pedagogical awareness about the teaching of these skills goes unnoticed by the teachers themselves.

KEYWORDS

Qualitative analysis, quantitative analysis, observation, Chemistry, problem solving.

1. INTRODUCCIÓN

El constructo razonamiento cuantitativo es complejo, definido y nombrado de diversas formas como aritmética, razonamiento inductivo-deductivo, cuantificación, razonamiento matemático, habilidad matemática, entre otros que se puede encontrar en la literatura (Leawson & Bealer, 1984; Thompson, 1990; Dwyer et al., 2003; Madison, 2006; Dingman & Madison, 2010; Mayes et al., 2013; Rocconi et al., 2013; Dumford & Rocconi, 2015; Vacher, 2014; Mayes & Myers, 2014; Karaali et al., 2016). Este tipo de razonamiento también se ha definido como *la capacidad que tienen los individuos de comprender y utilizar argumentos cuantitativos en varios contextos*; pero, y aunque se ha definido de diferentes formas, es catalogado como el eje central para las personas que ingresan a una carrera STEM (Beswick & Fraser, 2019); esto debido a que el razonamiento cuantitativo respalda el aprendizaje de la aritmética, el álgebra y el análisis de datos, desempeñando un papel esencial en el aprendizaje de conceptos fundamentales para el cálculo, la geometría, la trigonometría, la física, la química, entre otros.

Por otra parte, el razonamiento cuantitativo también es crucial para otras disciplinas, incluida la ciencia (Karagöz Akar et al., 2022), ya que este se representa como un componente del razonamiento basado en modelos que cierra la brecha entre las matemáticas y las ciencias (Duschl y Bismack, 2013); por esto Thompson (2011) consideró al razonamiento cuantitativo como el vínculo entre las matemáticas y la educación científica. También, los avances en el campo de la psicología cognitiva han enfatizado sobre la importancia de las habilidades cognitivas como elementos clave para la adquisición de conocimientos en cursos de introducción a las ciencias, como es el caso de Química, siendo de vital importancia determinar cuáles elementos o factores cognitivos permiten predecir el rendimiento del estudiantado, de esta manera observar si estos elementos son desarrollados en los cursos iniciales de la carrera o bien a lo largo de esta; ya que los estudiantes a menudo deben luchar con el currículum oculto de las matemáticas para solventar sus deficiencias en los cursos de sus carreras.

Ahora, cuando un docente desarrolla algún contenido, emplea dentro de su vocabulario algunos razonamientos, ya sea de forma implícita o explícita, para enseñar a resolver problemas o bien en la comprensión de los contenidos (Sánchez et al., 2021). Particularmente, en química se emplea un lenguaje que permite la creación de nuevos significados a partir de la aplicación del razonamiento cuantitativo, por lo que el análisis de los elementos subyacentes a este razonamiento se torna de importancia para su estudio. Igualmente, Rylands et al., (2013), Tariq (2013), Mayes et al., (2014), Mayer y Myers (2014) destacan que los universitarios que estudian dentro de las áreas de la ciencia requieren desarrollar conocimientos en los que el razonamiento cuantitativo es indispensable, esto porque la habilidad de pensar cuantitativamente permite tomar decisiones informadas independientemente del lugar en el que se encuentren.

Debido a la importancia que tiene el razonamiento cuantitativo en el desarrollo de aprendizajes es indispensable determinar sus elementos presentes en los cursos de Química, con la finalidad de brindar un aporte al profesorado en la implementación de estrategias de enseñanza que permitan desarrollar o fortalecer dicho razonamiento.

1.1. CATEGORÍAS QUE SUBYACEN AL RAZONAMIENTO CUANTITATIVO

Como se mencionó, el razonamiento cuantitativo se ha definido de diferentes maneras y relacionado con elementos diversos como la aritmética, el álgebra y el análisis de datos. Es importante mencionar que, a pesar de las diferentes formas de abordar la noción de las habilidades de razonamiento cuantitativo, en la literatura se coincide en que el constructo a medir u observar debe estar claramente definido, especificando sus factores o categorías asociadas (Dwyer et al., 2003; Rhodes, 2010; Mayes et al., 2013).

En la revisión de la literatura (Jeannotte y Kieran, 2017; Tosulini, 2014; Ruiz y Luciano, 2012), se determina que algunas dimensiones subyacentes al razonamiento cuantitativo son: 1) cuantificar, que implica establecer el significado de las mediciones de ciertas cantidades e interpretar resultados que se generó de algún cálculo; 2) relacionar-comparar, las cuales son los procesos de razonamiento más sencillos porque las personas deben identificar y asociar las semejanzas y diferencias entre los objetos involucrados y, de esta manera, determinar propiedades de reciprocidad (Tosulini, 2014; Ruiz y Luciano, 2012); 3) clasificar, la cual consiste en la identificación de las características esenciales de un concepto u objeto que le permitan englobarlo dentro de un conjunto. 4) ejemplificar que implica modelar, reproducir, mostrar, derivar y extraer algo, es el diseño de una situación guiada por un caso concreto, previo y distintivo; 5) validar son las relaciones verdaderas que existen entre las premisas o hipótesis y la conclusión de un argumento; para efectos de la investigación se considera la validación como las comprobaciones empíricas efectuadas por un grupo de personas y la elaboración de explicaciones para determinar si una proposición o argumento son válidos (Jeannotte y Kieran, 2017); 6) generalizar es la capacidad que tienen las personas para transmitir los patrones, determinar estructuras, datos, imágenes o la forma, y formular un problema simbólico general y un ejemplo que varía. Es el reconocimiento explícito de una propiedad común (patrón) en un conjunto de objetos que permitan expandir dominios de validez (Jeannotte y Kieran, 2017).

2. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo mediante una metodología observacional (MO) que integra una vertiente cualitativa y otra cuantitativa (Anguera et al., 2018). Ahora, la observación puede convertirse en un

método científico fundamental en los procesos de evaluación psicológica y educativa (García Sánchez et al., 2010); y al mismo tiempo, puede usarse como técnica. La aplicabilidad de la MO implica concretar, interrelacionar y solapar el acuerdo entre personas observadoras, la confiabilidad o consistencia, la validez y el control de fuentes de error (Anguera & Blanco-Villaseñor, 2006). Por otra parte, se emplea el alcance de investigación exploratoria que permite describir y caracterizar elementos utilizados por el profesorado a la hora de explicar los ejercicios o bien el contenido de la materia en sus clases.

2.1. PARTICIPANTES

Las personas participantes fueron tres docentes de Química, de los cuales dos impartieron el curso de Química General y uno el curso de Introducción a la Química en el segundo ciclo del año 2022 en la Universidad de Costa Rica. Es importante mencionar que lo que se observaron fueron los videos de las clases, ya que estas se impartían mediante la plataforma *Zoom*, debido a la emergencia por COVID-19. Los docentes permitieron el acceso al aula virtual de la plataforma de Mediación Virtual de la UCR, donde compartían las grabaciones de las clases con el grupo de estudiantes.

2.2. INSTRUMENTOS

El instrumento de observación es una escala tipo Likert formado por 28 indicadores que corresponden a las dimensiones del razonamiento cuantitativo. Este se elaboró considerando los procesos de respuesta realizado por un grupo de personas que resolvieron una prueba que mide el razonamiento cuantitativo y, también, a partir de los aspectos teóricos de este constructo en las dimensiones: cuantificar, relacionar, clasificar, ejemplificar, validar, generalizar.

Por otra parte, la escala consta de tres puntos por indicador según criterio. Para obtener evidencias de validez de contenido, se sometió a valoración por medio de jueces expertos en el constructo, con la finalidad de obtener el grado en que los indicadores del instrumento eran pertinentes, representativos, relevantes y claros. Para ello, cada experto analizó, para cada indicador, si este correspondía: (0: =) nada fuerte; (1: =) medianamente; (2: =) muy fuerte, con la dimensión del constructo propuesto.

El análisis de la congruencia entre jueces se realizó mediante la V de Aiken, dado que este índice permite evaluar la relevancia de cada ítem respecto a su constructo y dimensión, no solamente teniendo en cuenta el número de categorías ofrecidas en el instrumento sino también el número de experto (Pedrosa et al., 2014). De acuerdo con Pedrosa et al., (2014), sobre los datos se establece el grado de acuerdo basado en la distribución normal obteniendo una probabilidad asociada a cada ítem. Además, su valor oscila entre 0 y 1, donde el 1 indica un acuerdo perfecto entre los jueces respecto a la mayor puntuación de validez de los contenidos evaluados.

La operacionalización de las categorías que subyacen al constructo, y sus indicadores se presentan a continuación, de acuerdo con la categorización de Ordóñez Gutiérrez (2023):

- A. *Cuantificar*: definido como el proceso que implica conceptualizar un objeto y un atributo de este para que el atributo tenga una unidad de medida. Este es el proceso de concebir un atributo que puede medirse, decidir cómo se podría medir ese atributo (que podría incluir seleccionar una unidad de medida) y dar significado a las medidas que resultarán:
- Realiza operaciones numéricas o simbólicas (C1).
 - Considerar atributos que puedan medirse (C2).
 - Establecer una estrategia para medir un atributo (C3).
 - Dar significado a las medidas que resulten de algún cálculo (C4).
- B. *Relacionar*: definido como el vínculo entre las semejanzas y diferencias de propiedades o estructuras de los objetos matemáticos involucrados. Es un ordenamiento gradual que parte de criterios o de modelos con los cuales ya se cuenta, buscándose los aciertos y desaciertos, analizando diferencias y concordancias que presentan los objetos en relación con una misma propiedad.
- Identificar una cualidad o propiedad, o bien todas las posibles propiedades, en un primer objeto que le permiten vincularlo con otro u otros objetos (R1).
 - Describir propiedades inherentes entre los objetos (R2).
 - Emplear propiedades inherentes entre los objetos (R3).
 - Establecer semejanzas y diferencias existentes entre los objetos involucrados (R4).
- C. *Clasificar*: es el establecimiento de estructuras entre los objetos matemáticos basados en propiedades y definiciones matemáticas otorgándole alguna cualidad común.
- Ordenar, organizar, un universo de clases que sean mutuamente exclusivas y colectivas exhaustivas entre sí (CL1).
 - Identificar alguna propiedad en el objeto que le permita diferenciarlo de otros sin vincularlos entre sí (CL2).
 - Analizar conceptos asociados a la estructura del objeto que le permitan diferenciarlo de los demás (CL3).
 - Agrupar en categorías denominadas clases (CL4).

- Proporcionar alguna característica al objeto la cual sitúa dentro de una clase (CL5).
- D. *Ejemplificar*: corresponde a modelar, reproducir, mostrar, derivar, sacar, extraer y diseñar una situación guiada por un caso concreto previo y distintivo. Simbolizar cualquier objeto específico o particular y que representa a una clase más general, permitiendo que las personas se den una idea del comportamiento de los elementos u objetos matemáticos, pero no de todos ellos.
- Diseñar una situación guiada por un caso concreto previo y distintivo (EJ1).
 - Generar valores a partir de las proposiciones otorgadas en un enunciado previo (EJ2).
 - Proporcionar valores a las expresiones o términos que representan cierta cantidad (EJ3).
 - Generar valores a las expresiones, términos o proposiciones para determinar propiedades otorgadas implícitamente en estas (EJ4).
- E. *Validar*: realización de comprobaciones empíricas para determinar si una proposición o un argumento son válidos, sin recurrir a la demostración formal; esto significa que se considera suficiente el hecho de que los sujetos lleguen a una respuesta satisfactoria.
- Generar un juicio de valor sobre un objeto de acuerdo con la comprobación empírica de alguna proposición (V1).
 - Conjeturar con respecto a las proposiciones finales, de acuerdo con las propuestas iniciales (V2).
 - Elaborar explicaciones a partir de premisas establecidas u otorgadas (V3).
 - Proveer ejemplos que le permitan verificar la falsedad o veracidad entre igualdades, expresiones o proposiciones (V4)
- F. *Generalizar*: reconocimiento explícito de una propiedad común (patrón) en un conjunto de objetos que permitan expandir dominios de validez. Las propiedades comunes requieren de una descripción simbólica. Estos símbolos pueden ser de naturaleza verbal, icónica, geométrica o algebraica. En cualquier caso, los patrones se describen mediante estos símbolos y, por lo tanto, son fijos. Las propiedades comunes son simbolizadas y los símbolos se visualizan como variables objetivadas cuyas características están solo dadas por las cualidades y las relaciones abstractas y que son válidas por ellas mismas y no por sus referentes.
- Reconocer explícitamente una propiedad común en, o conforme a, un conjunto de objetos (GE1).

- Reconocer un patrón dentro de unas proposiciones o expresiones que son otorgadas (GE2).
- Determinar un patrón que es válido para todos los componentes que conforman un continuo, universo o conjunto (GE3).
- Determinar las reglas que definen un mismo patrón (GE4).
- Contrastar las reglas que caracterizan un mismo patrón numérico (GE5).
- Expresar de manera simbólica (ya sea verbal, icónica, geométrica o algebraica) un patrón determinado (GE6).
- Identificar una relación recursiva en un conjunto (EG7).
- Desarrollar reglas, ideas o conceptos generales a partir de ejemplos específicos (GE8).
- Relacionar sintácticamente (concordancia y jerarquía) dos o más elementos de una misma clase (GE9).
- Relacionar semánticamente (relación existente entre dos elementos con significado) dos o más elementos de una misma clase (GE10).

Luego de la valoración de los jueces cada categoría quedó con los siguientes indicadores:

Cuantificar

C1-Realizar operaciones numéricas o simbólicas.

C2-Considerar atributos que pueden medirse.

C3-Establecer alguna estrategia para medir un atributo.

C4-Dar significado a las medidas que resultan de algún cálculo.

Relacionar

R1-Identificar una cualidad, o bien todas las posibles propiedades, en un primer objeto que le permiten vincularlo con otro u otros objetos.

R2-Analizar las propiedades inherentes a un objeto en relación con otro objeto.

R3-Employar propiedades inherentes entre los objetos.

R4-Establecer semejanzas y diferencias existentes entre los objetos involucrados.

Clasificar

CL1-Definir un universo de clases que sean mutuamente exclusivas entre elementos.

CL2-Identificar alguna propiedad en el objeto que le permita diferenciarlo de otros objetos.

CL3-Analizar conceptos asociados a la estructura del objeto o elemento que le permitan diferenciarlo de los demás.

CL4-Agrupar objetos o elementos en categorías denominadas clases.

CL5-Proporcionar características a un objeto o elemento para situarlo dentro de una clase.

CL6-Identificar características de un objeto para situarlo dentro de una clase.

Ejemplificar

EJ1- Diseñar una situación guiada por un caso concreto previo y distintivo.

EJ2-Proporcionar valores a expresiones, elementos o términos que representan cierta cantidad.

EJ3-Generar valores a las expresiones, términos o proposiciones para determinar propiedades otorgadas en un enunciado previo.

Validar

V1-Generar un juicio de valor sobre un objeto de acuerdo con la comprobación empírica de alguna proposición.

V2-Conjeturar con respecto a las proposiciones finales, de acuerdo con las propuestas iniciales.

V3-Elaborar explicaciones a partir de premisas establecidas u otorgadas.

V4-Verificar la falsedad o veracidad entre igualdades, expresiones o proposiciones.

Generalizar

GE1-Reconocer explícitamente una propiedad común en, o conforme a, un conjunto de objetos.

GE2-Reconocer un patrón dentro de unas proposiciones o expresiones que son otorgadas.

GE3-Contrastar las reglas que caracterizan un mismo patrón (numérico o no numérico).

GE4-Expresar de manera simbólica (ya sea verbal, icónica, geométrica o algebraica) un patrón determinado

GE5-Identificar una relación recursiva en un conjunto.

GE6-Desarrollar reglas, ideas o conceptos generales a partir de ejemplos específicos.

GE7-Establecer concordancias y jerarquías entre dos o más elementos de una misma clase.

2.3. PROCEDIMIENTO

Para realizar las observaciones de las clases de Química, específicamente Química General e Introducción a la Química, primeramente, se envió vía correo electrónico una solicitud de consentimiento a la decanatura de la Facultad de Ciencias para tener acceso al programa y contenidos de los cursos, y obtener el aval para solicitar el consentimiento de la dirección de la Escuela de Química y luego el del grupo de docentes para analizar los videos de las clases.

Para las observaciones se contó con jueces; las cuales, en ese momento, eran estudiantes de cuarto año de la carrera de Química. El criterio de selección fue tener una visión amplia de la carrera y que hayan cursado más del 50 % de los créditos de la malla curricular, esto por el desarrollo de la madurez en la disciplina. Igualmente, se consideró que tuvieran un promedio ponderado mayor a 8 y que la calificación en el curso de Química fuera mayor a 9.

Los jueces fueron entrenados durante un mes en cuanto a las observaciones que se necesitaban realizar, empleando el instrumento elaborado. Además, se conectaban por medio de la plataforma *Zoom* con la investigadora, dos veces por semana durante 3 horas, aproximadamente. Cada sesión se valoraba a partir del instrumento de observación y estas se grabaron para capturar las intervenciones de los jueces. Luego las intervenciones, fueron transcritas mediante *Word* para el análisis respectivo. Se observaron 6 videos por cada docente participante, para un total de 18 videos. La duración de cada uno de los videos oscilaba entre 2 horas 30 y 3 horas, aproximadamente.

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para analizar las puntuaciones de las observaciones se empleó el diseño de facetas mediante la Teoría de la Generalizabilidad (TG) considerando las variables: *jueces, indicadores y cantidad de observaciones*, como situación de medida. Esto porque la TG permite medir la confiabilidad de las observaciones realizadas por los jueces mediante la cuantificación de la importancia de cada una de sus fuentes de variabilidad que pueden ser debido a los jueces, a los indicadores o al número de observaciones (Zúñiga-Brenes & Montero Rojas, 2007; Martínez Arias et al., 2006). Igualmente, la TG emplea el modelo estadístico general ANOVA (Análisis de la Varianza) que permite la partición de las fuentes de variación que influyen en la variable dependiente (puntuaciones observadas) en fuentes de variación separadas, las diferentes situaciones de medida y las interacciones entre las variables involucradas (Martínez Arias et al., 2006).

Además, los análisis de las puntuaciones otorgadas por los jueces en la escala de observación se realizaron mediante el *Software para la Aplicación de la Teoría de la Generalizabilidad (SAGT)*, por sus

siglas en inglés) versión 1.0. Por otra parte, las explicaciones del profesorado fueron analizadas considerando las categorías que subyacen al constructo razonamiento cuantitativo empleando la herramienta *Atlas.ti*. También, se examinaron tomando en cuenta los indicadores de la escala de observación.

3.1. RESULTADOS

Como primer resultado del estudio, se presenta el análisis del juzgamiento de los jueces de la escala de observación de los videos de las clases. Con la revisión se determinó que algunos indicadores no eran claros, por lo que fue necesario realizar las modificaciones de acuerdo con las observaciones de los jueces. Por lo que se procedió a eliminar algunos de ellos, sobre todo en la categoría generalizar y ejemplificar. En la Tabla 1 se muestran los índices de la *V de Aiken* de acuerdo con las puntuaciones otorgadas por los jueces en cuanto a la pertinencia teórica, representatividad, singularidad y claridad.

TABLA 1

VALORES DEL ÍNDICE DE AIKEN PARA CADA DIMENSIÓN SEGÚN VALORACIÓN DE LOS JUECES

DIMENSIÓN	PT	RE	SI	CL
Cuantificar	0.94	0.88	0.88	0.75
Relacionar	0.94	0.94	1.00	0.69
Clasificar	0.95	0.95	0.80	0.70
Ejemplificar	1.00	0.88	0.94	0.94
Validar	0.94	0.88	1.00	1.00
Generalizar	0.93	0.83	0.95	0.93
Total	0.94	0.87	0.93	0.85

Para las dimensiones cuantificar, relacionar y clasificar, de acuerdo con los jueces, alguno de los indicadores eran pocos claros y que se debían redactar de manera diferente. Sin embargo, hubo una fuerte concordancia entre los jueces en cuanto a la pertinencia teórica, la representatividad y la singularidad.

Como segundo resultado, se determinó la confiabilidad de las valoraciones de los jueces de acuerdo con el número de indicadores empleando el diseño de dos facetas (indicadores de observación y jueces = [INDOB][JUECES]). El análisis reveló que los componentes de la varianza que contribuyen al error absoluto son los [INDOB] y la interacción entre [INDOB][JUECES], pues la mayor variabilidad estaba asociada a la faceta de indicadores (53 %), seguido de la interacción [INDOB][JUECES] con un 32 %, para una varianza del error relativo de interacción ($e = 3.73$). La variabilidad de los jueces fue de un 15 %. El análisis de generalizabilidad en este diseño determina un coeficiente de confiabilidad (coeficiente G) absoluto y relativo de precisión considerada buena (0.69 y 0.76 respectivamente), para efectos de esta

investigación. En este caso la confiabilidad entre jueces sobre la interpretación de los indicadores, considerando a los indicadores como fuentes de observación, fue moderada. Sin embargo, se puede considerar que, para mejores estimaciones, es importante dedicar mayor tiempo en la capacitación de los jueces para que estos no varíen las interpretaciones de los indicadores por cada sesión observada y volver a juzgar los indicadores de observación para obtener mejor precisión en dichas observaciones.

TABLA 2

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS DISEÑOS [JUECES][INDOB] Y [INDOB][JUECES]

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADO	GL	MEDIA CUADRÁTICA	CORREGIDOS	%	ERROR ESTÁNDAR
[JUECES]	105.875	1	105.875	3.515	15.093	3.088
[INDOB]	866.054	27	32.076	12.304	52.839	4.324
[INDOB][JUECES]	201.625	27	7.468	7.468	32.069	1.961
Total	1173.554	55	145.419	23.281	100	9.373

*GL = grados de libertad, e-relativo = 3.734, G relativo 0.767, G absoluto 0.691

Para el análisis de las fuentes de variabilidad en las observaciones de los videos de las clases de Química, se consideraron los diseños integrados por los jueces ([JUECES]), los indicadores ([INDOB]) y la cantidad de observaciones ([NUMOBS]), para lo cual se estimó el valor de la consistencia entre los jueces con respecto a las valoraciones de los videos de las clases según número de observaciones con los indicadores elaborados. Los resultados arrojaron para el diseño [JUECES][INDOB][NUMOBS] una varianza de error relativo igual a 0.001, mientras que para para la interacción [JUECES][INDOB] fue de 0.000.

Ahora, para la interacción [JUECES][NUMOBS] la varianza del error relativo fue de 0.001, dando como resultado un coeficiente de generalizabilidad de 0.807. Cabe mencionar que la mayor variabilidad se proporciona en la interacción entre [JUECES][INDOB][NUMOBS] con casi el 50 % de la varianza, seguido de la cantidad de observaciones realizadas con el 22.7 % y la interacción entre los indicadores de observación y la cantidad de observaciones realizadas fue de un 16.81 %. La variabilidad asociada a los jueces fue de 1.45 %, lo cual indica que estos fueron bastante precisos a la hora de realizar el juzgamiento. Con respecto a la variabilidad en la interacción de [JUECES][INDOB][NUMOBS] se puede decir que esta es debido al número de observaciones que se realizaron. Sin embargo, el índice de confiabilidad fue bastante alto. En la Tabla 3 se muestra la varianza para el juzgamiento de los jueces en las observaciones de las clases.

TABLA 3

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LAS OBSERVACIONES DE LOS JUECES

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADO	GL	MEDIA CUADRÁTICA	CORREGIDOS	%	ERROR ESTÁNDAR
[JUECES]	5.882	1	5.882	0.009	1.46	0.010
[INDOB]	48.114	27	1.782	0.032	4.94	0.013
[JUECES][INDOB]	11.201	27	0.415	0.005	0.80	0.006
[NUMOBS]	157.791	17	9.282	0.143	22.18	0.054
[JUECES][NUMOBS]	17.743	17	1.044	0.026	3.99	0.012
[INDOB][NUMOBS]	247.404	459	0.539	0.109	16.82	0.021
[JUECES][INDOB][NUMOBS]	147.674	456	0.322	0.322	49.81	0.021
Total	635.809	1004	19.266	0.646	100	0.137

GL = grados de libertad, e-relativo = 0.002, desviación típica absoluta = 0.108, desviación típica relativa = 0.047, total de varianza objetivo = 0.009. G relativo = 0.81, G absoluto = 0.45

Como complemento de estos análisis, mediante la TG se proporcionan, a continuación, algunas de las verbalizaciones e imágenes aportadas por el grupo de docentes durante las explicaciones de las clases de Química y que están asociadas a las habilidades de razonamiento cuantitativo. Estas evidencias se presentan de acuerdo con las categorías del constructo (cuantificar, relacionar, clasificar, ejemplificar, validar y generalizar). En la tabla 4 se presentan algunos ejemplos de verbalizaciones del profesorado durante las explicaciones, para las categorías del constructo de acuerdo con algunos indicadores de valoración.

TABLA 4

ALGUNAS VERBALIZACIONES DEL PROFESORADO DURANTE SUS EXPLICACIONES

CUANTIFICAR	
Identificar atributos que pueden medirse.	- [...] vamos a cuantificar la luz [...]
Establecer una estrategia para medir un atributo.	- [...] la masa se puede medir... todas estas propiedades nos ayudan a identificar la materia, y para poder identificar algo hay que saberlo medir [...]
	- [...] vean que esta lámina describe totalmente cómo se debe escribir una ecuación química [...] en principio esto es lo que hay que hacer [...]
RELACIONAR	
Establecer semejanzas y diferencias existentes entre los objetos involucrados.	- [...] deben establecer la equivalencia entre la letra y el número [...]
	- [...] si usted puede separar una sustancia pura en cosas más sencillas, usando un método químico tiene una categoría y si no la puede separar tiene otra categoría [...]
Analizar las propiedades inherentes a un objeto en relación con otros.	- [...] lo que esté a la izquierda de la flecha se van a llamar reactivos y lo que esté a la derecha se van a llamar productos, los diferentes reactivos y productos se separan entre ellos con un símbolo más [...]

CLASIFICAR	
Definir un universo de clases que sean mutuamente exclusivas entre elementos. Identificar alguna propiedad en el objeto que le permita diferenciarlo de otros objetos.	<ul style="list-style-type: none"> - [...] la materia la debemos clasificar para poderla entender [...] y la materia en Química la clasificamos con respecto a su composición [...] - [...] las sustancias puras y las mezclas, y dentro de estas dos categorías tenemos dos categorías más [...] - El oro es un elemento, pero es una sustancia pura también, porque tiene propiedades que la identifican [...] - Yo puedo clasificarlas dependiendo de si yo las puedo o no separar en cosas más sencillas, usando métodos químicos [...]
EJEMPLIFICAR	
Proporcionar valores a las expresiones, elementos o términos que representan cierta cantidad o expresión.	<ul style="list-style-type: none"> - [...] si usted evalúa Ψ^2 en un cierto valor de posición, le dice a usted que aquí hay un 75% de probabilidad de encontrar al electrón, aquí hay un 15% de encontrar al electrón, aquí hay un 0% de probabilidad de encontrar al electrón [...] - [...] el volumen por densidad me va a dar igual a la masa, entonces masa es igual a densidad por volumen [...]
VALIDAR	
Generar un juicio valorativo sobre un objeto de acuerdo con la comprobación empírica de alguna proposición.	<ul style="list-style-type: none"> - Un número exacto viene de una definición, oigan mis palabras, número exacto viene de una definición [...] - No es algo físico per se, es una expresión matemática que se modela mediante una ecuación [...] - Con esto uno confirma que hay cambios químicos [...]
Verificar la veracidad o falsedad entre igualdades, expresiones o proposiciones.	<ul style="list-style-type: none"> - como este no sirve este conjunto no está permitido [...]
GENERALIZAR	
Reconoce explícitamente una propiedad común en, o conforme a, un conjunto de objetos.	<ul style="list-style-type: none"> - son todos los enteros y los enteros más pequeños posibles [...] - solo puede tener valores entre positivos, entre mayor sea el n mayor será la energía asociada con el orbital [...] - m_l representa la orientación en el espacio del orbital, los valores de m_l dependen de L, pueden asumir valores que van desde menos L hasta más L [...] - Los valores de L dependen de n, L solo puede asumir valores que van desde el 0 hasta $n-1$ [...]

4. DISCUSIÓN

Primeramente, se resalta la importancia de emplear la Teoría de la Generalizabilidad como herramienta para establecer la confiabilidad entre jueces a la hora de realizar las observaciones, o bien a la hora de realizar juzgamientos. Esta teoría permite en un solo análisis la valoración de múltiples fuentes de variabilidad de las puntuaciones de un instrumento, tal y como lo mencionan Zúñiga-Brenes & Montero Rojas, 2007. En este caso en particular el instrumento corresponde a una escala Likert, en la cual se analizó si las fuentes de variabilidad corresponden a las personas, los indicadores, la interacción entre ellos o la cantidad de videos de clases observados.

Segundo, en las observaciones de las clases se logró identificar que el razonamiento cuantitativo es indispensable para que el estudiantado logre comprender el contenido de la materia, ya que deben realizar cálculos algebraicos, usar proporciones, resolver ecuaciones, expresar lo desconocido, emplear la imaginación espacial, la geometría y la estereometría y la disposición resultante de átomos y formas de moléculas, deben efectuar tareas analíticas químicas e interpretar información. Además, se evidenció que el profesorado cuantificaba, esto porque realizaban operaciones tanto simbólicas como numéricas, además de establecer mediciones y dar significado a estas.

Por otra parte, el profesorado establece relaciones entre los objetos de la química donde vincula características entre estos y establece semejanzas y diferencias, clasificando de acuerdo con las estructuras de cada objeto. Es importante mencionar que la clasificación es un componente fuerte en química, ya que desde el inicio de los cursos los docentes indican que la clasificación de la materia es esencial para poderla entender, y que esta conlleva a otras clasificaciones según los elementos que la integren.

Con respecto a validar, es importante destacar que el proceso de validación en las clases difiere de las ciencias formales, esto porque en las ciencias formales validar alude al proceso de demostración con el propósito de obtener la aceptación o aprobación de una comunidad científica, y que requiere la elaboración de explicaciones (Balacheff, 2000; Martínez Recio, 2001). Sin embargo, la validación es también establecer el valor de verdad de una proposición, analizar si la propuesta es falsa o verdadera y conjeturar con respecto a esta, de tal manera que se pueda discernir que, por ejemplo, una igualdad sea verdadera o falsa; es un tipo de validación-verificación. Este tipo de validación fue la que más se evidenció en las clases. El profesorado reiteraba al estudiantado que hicieran la verificación para establecer si las reacciones químicas, o bien las ecuaciones químicas, estaban correctas.

Para la categoría generalizar, es indispensable considerar que el reconocimiento de patrones es esencial para que el estudiantado logre comprender la totalidad del contenido, no como componentes aislados, de carácter específicos. Fomentar el proceso de generalización permite la comprensión de conceptos, la generación de ideas, hipótesis y argumentaciones que le permitirá crecer profesionalmente, tal y como lo indica Castro et al., (2010). Es por esto por lo que el ejercicio de generalizar se debe fomentar desde la primera infancia e ir desarrollando en cada etapa del desarrollo, de tal manera que cuando la persona llegue a la educación superior no tenga dificultades para aplicar los cálculos algebraicos o aritméticos en química, usar proporciones, resolver ecuaciones, e interpretación de información.

Finalmente, debido a la importancia del razonamiento cuantitativo en la química, es indispensable que el profesorado desarrolle conciencia pedagógica. Esto es, capacidad para reflexionar críticamente sobre su práctica docente y en la manera de enseñar la materia; que tenga conciencia de la formación de

razonamiento cuantitativo que está enseñando (Ordóñez Gutiérrez, 2023). Esto porque al tenerlo presente se enfocaría más en el desarrollo de las habilidades de razonamiento cuantitativo como componente fundamental del contenido de aprendizaje de química y no solamente en el propio contenido.

5. FINANCIACIÓN

Este artículo es resultado de la investigación C0332, Habilidades de razonamiento cuantitativo demostradas por los estudiantes en la PHC y las requeridas en el curso qu-0100 de la Universidad de Costa Rica, financiada por la Universidad de Costa Rica. El objetivo del estudio fue analizar las evidencias de validez que permiten realizar inferencias sobre las habilidades de razonamiento cuantitativo demostradas por un grupo de examinados en la Prueba de Habilidades Cuantitativas y las requeridas en los cursos de Química General I e Introducción a la Química en la Universidad de Costa Rica.

REFERENCIAS

- Anguera, M. T., & Blanco-Villaseñor, A. (2006). ¿Cómo se lleva a cabo un registro observacional? *Butlletí La Recerca*, 4. <https://www.ub.edu/idp/web/sites/default/files/fitxes/ficha4-cast.pdf>
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J.L., & Portel, M. (2018). Pautas para elaborar trabajos que utilizan la metodología observacional. *The UB Journal of Psychology*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.anpsic.2018.02.001>
- Balacheff, N. (2000). *Procesos de prueba en los alumnos de matemáticas*. Una empresa docente.
- Beswick, K., & Fraser, S. (2019). Developing mathematics teachers' 21st century competence for teaching in STEM contexts. *ZDM*. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01084-2>
- Castro, E., Cañadas, M. C., & Molina, M. (2010). El razonamiento inductivo como generador de conocimiento matemático. *Uno*, 54, 55-67. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/26079>
- Dingman, S.W. & Madison, B.L. (2010). Quantitative Reasoning in the Contemporary World, 1: The Course and Its Challenges. <https://doi.org/10.5038/1936-4660.3.2.4>
- Dumford, A. D., & Rocconi L.M. (2015). Development of the Quantitative Reasoning Items on the National Survey of Student Engagement. *Numeracy*, 8(1) <http://dx.doi.org/10.5038/1936-4660.8.1.5>
- Dwyer, C. A., Gallagher, A., Levin, J., & Morley, M. E. (2003). *What is Quantitative Reasoning? Defining the construct for assessment purposes*. ETS. <https://bit.ly/3u63995>
- García Sánchez, J.N., Pacheco Sanz, D.I., Díez González, M.C., & García-Martín, E. (2010). La metodología observacional como desarrollo de competencias en el aprendizaje. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 3 (1) <https://www.redalyc.org/pdf/3498/349832326022.pdf>
- Jeannotte, D., & Kieran, C. (2017). A conceptual model of mathematical reasoning for school mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 96(1). <https://doi.org/10.1007/s10649-017-9761-8>
- Karaali, G., Hernandez, E.H.V., Taylor, J. (2016). What's in a name? A critical review of definitions of quantitative literacy, numeracy, and quantitative reasoning. *Numeracy* 9(1),11. <http://scholarcommons.usf.edu/numeracy/vol9/iss1/art2>

- Karagöz Akar, G., Özgür Zembat, I., Arslan, S., & Thompson, P.W. (2022). Editors. Quantitative Reasoning in Mathematics and Science Education. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-14553-7>
- Lawson, A., & Bealer, J. (1984). The acquisition of basic quantitative reasoning skills during adolescence: learning or development? *Journal Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.3660210409>
- Madison, B. L. (2006). *Pedagogical challenges of quantitative literacy*. In *Proceedings of the joint statistical meetings*. <http://www.statlit.org/pdf/2006madisonasa.pdf>.
- Martínez Recio, A. (2001). *Una aproximación epistemológica a la enseñanza y el aprendizaje de la demostración matemática*. Universidad de Córdoba
- Martínez, R., Hernández, M. J., & Hernández, M. V. (2006). *Psicometría*. Alianza Editorial.
- Mayer, R., & Myers, J. (2014). *Quantitative Reasoning in the Context of Energy and Environment*. Sense Publishers.
- Mayes, R. L., Peterson, F., & Bonilla, R. (2013). Quantitative Reasoning Learning Progressions for Environmental Science: Developing a Framework. *Numeracy*, 6(1). <https://doi.org/10.5038/1936-4660.6.1.4>
- Mayes, R. L., Peterson, F., & Bonilla, R. (2013). Quantitative Reasoning Learning Progressions for Environmental Science: Developing a Framework. *Numeracy*, 6(1). <https://doi.org/10.5038/1936-4660.6.1.4>
- Ordóñez Gutiérrez, G. (2023). *Habilidades de razonamiento cuantitativo requerido por estudiantes de Química en la Universidad de Costa Rica*. [Tesis doctoral, Universidad de Costa Rica].
- Pedrosa, I., Suárez-Álvarez, J., & García-Cueto, E. (2014). Evidencias sobre la Validez de Contenido: Avances Teóricos y Métodos para su Estimación. *Acción Psicológica*, 10(2). <https://doi.org/10.5944/ap.10.2.11820>
- Rocconi, L., Lambert, Amber D., McCormick, A.C., & Sarraf, S.A. (2013). Making College Count: An Examination of Quantitative Reasoning Activities in Higher Education. *Numeracy*, 6 (2). <http://dx.doi.org/10.5038/1936-4660.6.2.10>
- Ruiz, F.J. & Luciano, C. (2012). Relacionar relaciones como modelo analítico-funcional de la analogía y la metáfora. *Revista Latina de Análisis de Comportamiento*, 20. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274525194014>

- Sánchez, Germán Hugo, Quintero, Teresa y Lorenzo, María Gabriela. (2021). Características de las explicaciones docentes en clases universitarias de química. *Educación Química*, 32(2). DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76992>
- Thompson, P. W. (1990). *A Theoretical Model of Quantity-Based Reasoning in Arithmetic and Algebra*. ROUGH DRAFT. <http://pat-thompson.net/PDFversions/1990TheoryQuant.pdf>
- Thompson, P. W. (2011). Quantitative reasoning and mathematical modeling. In L. L. Hatfield, S. Chamberlain, & S. Belbase (Ed.), *New perspectives and directions for collaborative research in mathematics education*, 1, (pp. 33- 57). WISDOMe Monographs.
- Tosulini, A. (2000). *Comparar: una nueva lectura de la realidad plural*. Ediciones Narcea.
- Vacher, H. L. (2014). Looking at the Multiple Meanings of Numeracy, Quantitative Literacy, and Quantitative Reasoning. *Numeracy*, 7(2). <http://dx.doi.org/10.5038/1936-4660.7.2.1>
- Zúñiga-Brenes, M.E., & Montero rojas, E. (2007). Teoría G: un futuro paradigma para el análisis de pruebas psicométricas. *Actualidades en Psicología*, 21 <https://iip.ucr.ac.cr/es/publicaciones/publicacion-de-investigador/teoria-g-un-futuro-paradigma-para-el-analisis-de-pruebas>

CÓMO CITAR:

- Ordóñez, G., & Rojas Rojas, G. (2024). Estudio observacional del razonamiento cuantitativo en Química. *Revista de Investigación y Evaluación Educativa*, 11(2), 7-24. <https://doi.org/10.47554/revie.vol11.num2.2024.pp7-24>