Artículos

Análisis del proceso cognitivo del estudiantado de ingeniería ante una situación matemática contextualizada

Analysis of the cognitive process of engineering students in the face of a contextualized mathematical

Trejo Trejo, Elia; Trejo Trejo, Natalia

Elia Trejo Trejo elitret@gmail.com
Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, México

Natalia Trejo Trejo nattrejo4@gmail.com
Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, México

Runae
Universidad Nacional de Educación, Ecuador
ISSN: 2550-6846
ISSN-e: 2550-6854
Periodicidad: Semestral
núm. 9, 2023
runae@unae.edu.ec

Recepción: 04/05/2023
Aprobación: 24/07/2023

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/676/6764383004/

Resumen: En el presente artículo se analizan los procesos cognitivos de tres estudiantes de Ingeniería en Procesos Alimentarios en situaciones matemáticas contextualizadas con un enfoque cualitativo no experimental y descriptivo. La investigación se dividió en tres etapas: identificación de un campo conceptual contextualizado (CCC), análisis cognitivo y caracterización de la transferencia del conocimiento matemático a contextos. Los datos se obtuvieron a partir de la propuesta didáctica basada en la matemática en contexto, abordando sistemas de ecuaciones algebraico-lineales en el balance de materia. El análisis cognitivo se basa en la teoría de campos conceptuales, identificando tipos y categorías de representaciones de invariantes operatorios. Los resultados incluyen una escala cognitiva de cuatro niveles: entendimiento, operacionalización, avance y dominio. Se concluye que el dominio del CCC es gradual y mediado, subrayando la necesidad de estrategias didácticas adecuadas para la enseñanza efectiva.

Palabras clave: campos conceptuales, ingeniería, matemática contextual, representaciones, transferencia del conocimiento.

Abstract: This article analyzes the cognitive processes of three Food Process Engineering students in contextualized mathematical situations with a non-experimental and descriptive qualitative approach. The research was divided into three stages: identification of a contextualized conceptual field (CCC), cognitive analysis, and characterization of the transfer of mathematical knowledge to contexts. The data was obtained from the didactic proposal based on mathematics in context, addressing systems of algebraic-linear equations in the material balance. The cognitive analysis is based on the theory of conceptual fields, identifying types and categories of representations of operative invariants. The results include a cognitive scale of four levels: understanding, operationalization, progress and mastery. It is concluded that the mastery of the CCC is gradual and mediated, underlining the need for adequate didactic strategies for effective teaching.

Keywords: conceptual fields, engineering, contextual mathematics, representations, transfer of knowledge.

Introducción

Formar estudiantes en diversas áreas de ingeniería implica comprender cómo estos adquieren y trasfieren el conocimiento matemático en contextos interdisciplinarios, donde su aplicación resulta fundamental para abordar situaciones cotidianas, tanto del ámbito académico como del profesional. En este sentido, Giler (2020) y Lutaif *et al.* (2021) sostienen que lo anterior es importante dado que trasciende lo específicamente académico y adquiere relevancia social y cultural, ya que una habilidad esencial que se espera de los profesionales en esta área es la capacidad de modelar fenómenos y tomar decisiones efectivas ante desafíos problemáticos.

Investigadores como Voskoglou y Salem (2020), Rodríguez (2020), Bolstad *et al.* (2021), Pepin *et al.* (2021) y Zayas *et al.* (2022) argumentan que una enseñanza matemática tradicional no logra este propósito. Sin embargo, persiste gracias a diversos factores. Por lo mismo, la principal crítica a este enfoque pedagógico radica en las limitaciones para fomentar competencias profesionales —esenciales en ingenieros— como el pensamiento crítico, resolución de problemas y transferencia de conocimiento matemático a otras áreas de aplicación. Asimismo, otras interpelaciones resaltan la necesidad de adoptar orientaciones más activas y participativas para tratar de contextualizar los contenidos matemáticos a fin de formar profesionales idóneos a partir de la aplicación del aprendizaje significativo —modelo planteado por Ausubel *et al.* (1993)— y el desarrollo de habilidades necesarias para la ingeniería.

En este marco, el presente artículo asume que la contextualización de las matemáticas en ingeniería es una estrategia que pretende fortalecer la comprensión y aplicación de conceptos relacionados en situaciones reales y relevantes para los estudiantes. Este enfoque reconoce, además, la importancia de vincular las abstracciones matemáticas con problemas y desafíos concretos que los ingenieros enfrentarán en su formación académica o práctica profesional.

En efecto, investigaciones recientes respaldan la eficacia de la contextualización en la mejora del aprendizaje de las matemáticas en la ingeniería. Camarena (2017, 2021)Mendoza *et al.* (2018), George (2022) y Wickeersham y Ranon (2023) han concluido que trabajar con este método no solo incrementa la motivación e interés de los estudiantes, sino que también facilita la comprensión profunda y la transferencia de conocimiento hacia situaciones prácticas de esta disciplina. Además, González *et al.* (2020), Rodríguez (2020), Giler (2020), Lutaif (2021), Loureiro *et al.* (2021), López y Peña (2021) y Valenzuela (2021) resaltan cómo la contextualización fomenta habilidades de resolución de problemas y razonamiento crítico, fundamentales para formar profesionales exitosos.

A pesar de los beneficios pedagógicos, la contextualización de las matemáticas en ingeniería puede plantear desafíos cognitivos significativos para los estudiantes. La integración de casos reales y aplicables puede requerir un procesamiento cognitivo más profundo debido a la necesidad de comprender tanto los conceptos matemáticos subyacentes como su aplicación en condiciones concretas (Camarena, 2017, 2021; Pepin *et al.*, 2021; Cordero *et al.,* 2022;

Philot *et al.,* 2023). En consecuencia, aun cuando la enseñanza bajo una matemática contextualizada enriquezca la formación, es esencial que los educadores consideren estas dificultades y diseñen estrategias de enseñanza para abordar y apoyar la superación de los desafíos cognitivos asociados con la aplicación de matemáticas en contextos de ingeniería.

Siguiendo la línea de lo expuesto, esta investigación se enfoca en analizan los procesos cognitivos de los discentes de ingeniería que les permiten transferir conocimientos matemáticos a situaciones contextualizadas. Se aborda como caso particular el estudio de sistemas de ecuaciones algebraico-lineales generados para resolver problemas de balance de materia. Por otro lado, para llevar a cabo esta investigación se ha acudido a teorías capaces de analizar el proceso cognitivo frente a una matemática contextualizada. Con este propósito, se han incorporado elementos de la teoría de la matemática en contexto (Camarena, 2017, 2021) junto con la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (Vergnaud, 1991, 1996).

Desde esta perspectiva, se exhibe el procedimiento que permite la integración de estas teorías para luego acercarlas al proceso cognitivo a través de las representaciones de los invariantes operatorios empleados por los estudiantes de ingeniería al resolver conflictos básicos vinculados con el balance de materia que requieren el uso de sistemas de ecuaciones algebraico-lineales. Finalmente, se caracterizan las etapas que facilitan el proceso de transferencia del conocimiento matemático.

La transferencia de saberes matemáticos mediante las matemáticas en contexto de las ciencias

Investigadores como Byrnes (1996), Mayer (2008), Gómez y Guzmán (2013), Zamora (2013), Puga y Jaramillo (2015), De Rosa (2020) y Valenzuela (2021) coinciden en destacar que, para facilitar la adquisición de competencias matemáticas diversas como la transferencia del conocimiento, es esencial presentar a los estudiantes situaciones y contextos matemáticos variados. A propósito, Burgoa (2014) señala que la transmisión de contenidos de esta disciplina puede lograrse a través de la instrucción matemática contextualizada. Siguiendo esta línea, Nakakoji y Wilson (2020) consideran que la mencionada es un proceso cognitivo que faculta aplicar sus saberes matemáticos para abordar problemas específicos de otras áreas.

Ahora bien, la complejidad del mismo radica en la separación curricular de dichos contenidos. En este sentido, es crucial comprender este procedimiento cognitivo, dado que tanto las ciencias como la ingeniería dependen de las matemáticas para modelar y explicar fenómenos diversos, lo que supone que esta disciplina se sublima dado que aporta a otras áreas del conocimiento.

Esta investigación postula que el proceso de transferencia puede fomentarse al trabajar en el aula con problemas matemáticos en situación, lo que lleva a la perspectiva de la matemática en contexto de las ciencias (MCC); teoría desarrollada por Patricia Camarena (2017, 2021) en el instituto Politécnico Nacional (IPN-México) y cuya premisa básica refiere que al incorporar el contexto en la educación matemática de los fututos ingenieros se mejoran los procedimientos de aprendizaje en general; es decir, de todas aquellas áreas a las que la matemática apoya.

De acuerdo con Camarena (2021), la MCC puede ser utilizada para abordar investigaciones en el área de la matemática educativa desde diversas aristas ya que cuenta con cinco fases bien estructuradas —epistemológica, curricular, didáctica, docente y cognitiva— en las que se reconoce la importancia e influencia de factores económicos, culturales, políticos y sociales.

Para la investigación, en específico, se aplica la fase didáctica matemática en contexto (MC) que resulta de interés ya que cuenta con un proceso metodológico de nueve pasos (Figura 1); mismos que permiten impulsar secuencias didácticas contextualizadas y cuyo fin último es la transferencia del conocimiento matemático a eventos, problemas o proyectos inherente del área de formación del estudiantado (Camarena, 2017).

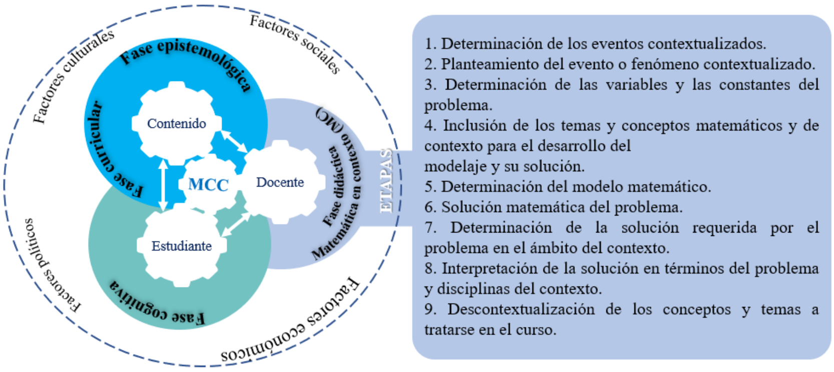

Figura 1.
Matemática en contexto de las ciencias
Fuente: adaptado de Camarena (2013; 2021)

Es relevante destacar que —según las recomendaciones de Camarena (2017)— al buscar facilitar la transferencia del conocimiento matemático, el problema contextualizado que posibilite este proceso debe presentar ciertas características. Una de ellas es que el evento o caso elegidos deben estar al alcance cognitivo de los discentes, evitando así la aparición de obstáculos de la misma índole durante su resolución (Simplicio *et al.*, 2020). Es decir, la elección de la situación debe ser precisa y puede derivarse de problemas de aplicación encontrados en la literatura técnica o científica, el sector productivo o incluso a partir de temas de interés propuestos por los propios involucrados. La investigadora también sugiere que estos eventos deberían ser abordados por grupos interdisciplinarios de educadores, especialmente si el profesor de matemáticas no está familiarizado con las áreas de aplicación. Por último, al implementar la secuencia didáctica que abarca el problema contextualizado, se recomienda trabajar con grupos focales compuestos por tres estudiantes, cada uno con roles específicos: académico, emocional y orientado a las tareas.

Con base en lo mencionado, la matemática en contexto posibilita identificar la situación bajo la cual se analizan las acciones de los estudiantes con el propósito de profundizar en el proceso cognitivo. La misma está relacionada con el proceso de balance de materia que, según Cedeño (2018), implica contabilizar las entradas y salidas de materiales en un sistema basado principalmente en la ley de conservación de la materia y energía (Figura 2); mismo que puede ser modelado mediante sistemas de ecuaciones algebraico-lineales con diferentes grados de complejidad.

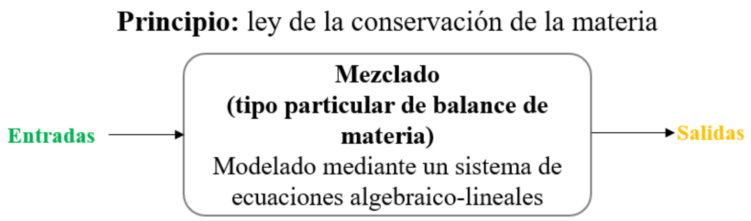

Figura 2.
Principio de un balance de materia
Fuente: adaptado de Cedeño (2018)

Se debe indicar que la situación se ha seleccionado dado que el estudio de un balance de materia es relevante en la formación de un ingeniero en alimentos ya que con base en los resultados del balance se pueden, por ejemplo, rediseñar nuevos procesos, determinar la cantidad de materia prima y definir volúmenes de producto final.

En este sentido, Valiente (2001) sugiere que diferentes procesos son modelados a partir de un balance de materia. Sin embargo, los más sencillos son los que requieren el mezclado de dos o más sustancias y/o ingredientes que permitan la obtención de un nuevo producto. Por medio de esta operación se preparan pastas, bebidas, mermeladas, néctares, embutidos, reactivos químicos, soluciones químicas, entre otros.

Ahora bien, los balances de materia más sencillos —como los de mezclado— se resuelven mediante un sistema de ecuaciones algebraico-lineales donde, a partir de identificar las constantes, variables y condiciones particulares del proceso, se pueden cuantificar las entradas y/o salidas de este. De acuerdo con lo anterior, en la investigación se propone el desarrollo de una situación contextualizada iniciando del mezclado de sustancias y/o materia prima. Es importante acotar que, al ser este un tipo de balance de materia, en este artículo se utilizará, de forma general, el término *balance de materia*.

Campos conceptuales de Vergnaud y articulación con la MCC

Como se ha referido, para lograr una aproximación al proceso cognitivo del estudiantado de ingeniería al resolver problemas matemáticos contextualizados, la investigación se apoya en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (TCCV) (Vergnaud, 1996) que indica que para analizar los mismos es necesario enfrentar a los discentes a múltiples casos que constituyen un campo conceptual. En términos del autor: “un campo conceptual se entiende como un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento conectados unos a otros y probablemente entrelazados durante el proceso de adquisición del conocimiento” (p. 181).

La TCCV, en este sentido, considera que todo concepto se constituye por tres elementos: 1) las situaciones (S) que son las que habrán de dar sentido al concepto analizado y que se definen a partir del evento contextualizado. 2) Los invariantes operatorios (I) a los que recurren los sujetos, mismos que pueden ser identificados y usados por el estudiantado para analizar y resolver situaciones. 3) Estos invariantes se manifiestan mediante diferentes tipos de representaciones (R) como el leguaje natural, gráficas, diagramas, esquemas, uso de fórmulas, entre otros.

Al respecto, Vergnaud (1996) asevera que las situaciones corresponden al referente del concepto, los invariantes operatorios al significado y las representaciones son el significante. Para Vergnaud (1991), las representaciones son todas aquellas herramientas visuales —notación, símbolo o conjunto de símbolos— a las que recurre un estudiante durante su proceso cognitivo, cuya función es la búsqueda de respuesta(s) y o solución a una situación particular.

Es fundamental comprender que, al involucrarse en un proceso cognitivo, una estrategia consiste en hacerlo a través de su manifestación más visible: las representaciones que los estudiantes realizan ante una situación problemática. No obstante, para que estas representaciones de los invariantes operatorios se manifiesten es necesario que el alumno recurra a sus esquemas; lo que posibilita que estos sean analizados indirectamente a través de sus representaciones.

En concordancia con la noción de Vergnaud (1991, 1996) y considerando que las representaciones constituyen la parte observable del proceso cognitivo durante la transferencia de conocimiento matemático, resulta esencial contar con marcos teóricos que faciliten su categorización frente a situaciones contextualizadas. Para abordar este propósito, se emplea la propuesta de categorías y tipos de representación planteada por Flores (2002) —y adaptada por Trejo y Camarena (2011)— que considera tanto los esquemas de comprensión como los de solución. A partir de los mismos se definen diversos tipos de representaciones de los invariantes operatorios que emergen cuando un estudiante resuelve una situación matemática contextualizada (Tabla 1).

Tabla 1

Clasificación de invariantes operatorios en una situación contextualizada

Tipo de esquema		Invariantes operatorios	
Entendimiento	Canónico	Categorías de representación	Tipos de representación
No canónico (resuelve un problema que no corresponde a lo que se solicita).	No algorítmico (uso de simbolización espontánea1).	No canónico no algorítmica (NCNA)	Proposicional (P): busca el entendimiento del problema.
			Figurativa no operativa (FNO): percibe la información y hace dibujos.
Canónico (hay comprensión del problema planteado).	No algorítmico (uso de simbolización espontánea1).	Canónica no algorítmica (CNA)	Figurativa operativa (FO): realiza dibujos y toma en cuenta la información numérica.
	Algorítmico (uso de simbolización espontánea y convencional2).	Canónica algorítmica (CA)	Analógica (A): es cuando se simplifica la información utilizando analógicas.
	Algorítmico aritmético2	Canónica algorítmica aritmética (CAAr)	Simbólica matemática (SM): el estudiante traduce el denunciado en tablas, gráficas, diagramas, expresiones algebraicas o aritméticas.
	Algorítmico tabular2	Canónica algorítmica tabular (AAt)	
	Algorítmico algebraico2	Canónica algorítmica algebraica (CAAl)	

Fuente: adaptado de Trejo y Camarena (2011)

Nota. 1Las invariantes operacionales se representan por símbolos genéricos (dibujos, trazos, objetos materiales, etc.).

Nota. 2Las invariantes operacionales son simbolizadas mediante notaciones convencionales de la aritmética, álgebra o algún otro tipo de algoritmo.

Una vez expuesto lo anterior, en la Figura 3 se expone la forma en la que se articula la MCC con la TCCV, lo que permite analizar el proceso cognitivo del estudiantado de esta disciplina. En suma, de las matemáticas se toma el concepto de ecuaciones algebraico-lineales y se contextualizan mediante un balance de materia con lo que se genera una secuencia didáctica. El análisis cognitivo de la transferencia de conocimiento matemático se realiza cuando los discentes de ingeniería resuelven dicha situación, para lo cual recurren a las representaciones de los diversos invariantes operatorios que dispone.

Figura 3.
Articulación de la matemática en contexto y los campos conceptuales
Fuente: elaboración propia

Materiales y métodos

Diseño de la investigación

La presente investigación se enmarca en un diseño no experimental, de naturaleza cualitativa, transversal y con un enfoque descriptivo (Merriam, 1998). Esta elección metodológica responde a la necesidad de abordar el intrincado proceso cognitivo que los estudiantes de ingeniería experimentan al enfrentarse a situaciones contextualizadas en matemáticas; procedimiento que no es fácilmente medible ni comparable mediante parámetros numéricos; por lo que los hallazgos de la investigación se enriquecen descriptivamente toda vez que el investigador está en intenso contacto con los participantes.

Población y muestra

Se trabajó con el estudiando de Ingeniería en Procesos Alimentarios formados en una universidad tecnológica en México. Durante el transcurso de la investigación, los mismos estaban inscritos en Matemáticas y Balance de Materia, asignaturas curricularmente desvinculadas. Para el análisis se laboró con un grupo de enfoque compuesto por tres integrantes, los cuales asumieron roles específicos —líder académico, emocional y de trabajo— en línea con la orientación propuesta por Camarena (2017). Por otro lado, la selección de los participantes se basó en criterios como disposición, interés y motivación hacia el aprendizaje y aplicación de las matemáticas, por lo que la muestra fue no probabilística.

Método

Para la obtención de datos, la investigación se llevó a cabo en tres etapas:

Etapa 1. Contextualización e identificación de un CCC

Esta se desarrolló mediante la implementación de la fase didáctica de la matemática en contexto (Camarena, 2021). Además, se trabajó de manera interdisciplinaria por un grupo de profesores. La ejecución comenzó con la selección de casos matemáticos contextualizados que reflejaban desafíos cotidianos que enfrentan los estudiantes y profesionales en el campo de la Ingeniería en Procesos Alimentarios. Después, con la definición de las situaciones y las fases de la MC, se elaboró la propuesta didáctica; misma que sirvió como instrumento que posibilitó interactuar y resolver —a través de las representaciones de los invariantes operatorios tanto matemáticos como del contexto— las situaciones planteadas.

Estas (A, B y C) se definieron de la siguiente manera:

A) Se requería la preparación de 500 L de una solución ácida al 25 % (Volumen/volumen). Para llevar a cabo la mezcla, se disponía de dos soluciones: una al 30 % y otra al 18 %. El objetivo era realizar un balance de materia para determinar el volumen necesario de cada una de las sustancias químicas.
B) Preparar 100 mL de una solución de sacarosa al 50 % utilizando dos sustancias con concentraciones del 60 % y 30 %, respectivamente. El reto consistía en realizar un balance de materia para resolver el problema.
C) El propósito era preparar néctar de mora con un 20 % de pulpa (12 °Bx finales con un índice de madurez de 15). Para lograrlo, se debía utilizar pulpa con 12 °Bx (12 % de azúcar) y 1.6 % de ácido ascórbico. El enfoque se centró en realizar un balance de materia para determinar los kilogramos de pulpa y sacarosa.

En la selección de las situaciones, se consideró que compartieran características comunes como la necesidad de resolver problemas mediante un balance de materia a través de la formulación de sistemas de ecuaciones algebraico-lineales y que tuvieran un nivel de dificultad gradual para que constituyeran un desafío cognitivo en términos de Vergnaud (1991).

Una vez definidas las situaciones, se llevaron a cabo dos actividades. En primer lugar, se procedió a diseñar la propuesta didáctica, la cual actuó como herramienta para facilitar la interacción de los estudiantes de ingeniería participantes y posibilitar la recopilación de datos. Cabe mencionar que, en este artículo, se presenta una visión general del desarrollo de la misma, ya que abordar todos los detalles de la secuencia implicaría extender considerablemente el contenido, lo cual no es el objetivo principal de este documento. En segundo lugar, el grupo interdisciplinario de docentes analizó los casos contextualizados con el propósito de identificar los conocimientos matemáticos y situacionales involucrados, con el fin de construir el campo conceptual contextualizado (CCC). En este proceso, se utilizaron elementos de la teoría de campos conceptuales de Vergnaud (1991) como situaciones (S), invariantes operatorios (I) y sus representaciones (R) en sus diversas categorías y tipos.

Etapa 2. Análisis cognitivo de los estudiantes frente a un CCC

Una vez concebida la propuesta didáctica que incluía las situaciones contextualizadas descritas anteriormente, se presentó al grupo focal. El objetivo principal era permitir a los participantes —mediante las representaciones de los invariantes operatorios— alcanzar o no una solución para cada situación planteada. Los datos correspondientes a esta etapa se obtuvieron mediante el análisis de las hojas de trabajo y las grabaciones de video del grupo.

Los datos recopilados se sometieron a un proceso de análisis e interpretación basado en las categorías y tipos de representación de los invariantes operatorios que los estudiantes de ingeniería emplean al enfrentarse a las situaciones contextualizadas. Para llevar a cabo la clasificación de estos invariantes operatorios se utilizó la taxonomía propuesta por Trejo y Camarena (2011):

Tabla 2.

Categorías y tipos de representación utilizadas para caracterizar el avance cognitivo de un CCC

Representaciones	
Categorías	Tipos
No canónico no algorítmica (NCNA)	Proposicional (P): busca el entendimiento del problema.
	Figurativa no operativa (FNO): percibe la información y hace dibujos.
Canónica no algorítmica (CNA)	Figurativa operativa (FO): realiza dibujos y toma en cuenta la información numérica.
Canónica algorítmica (CA)	Analógica (A): es cuando se simplifica la información utilizando analógicas.
Canónica algorítmica aritmética (CAAr)	Simbólica matemática (SM): el estudiante traduce el denunciado en tablas, gráficas, diagramas, expresiones algebraicas o aritméticas.
Canónica algorítmica tabular (AAt)	
Canónica algorítmica algebraica (CAAl)	

Fuente: adaptado de Trejo y Camarena (2011)

Etapa 3. Caracterización del proceso de transferencia de conocimiento matemático a situaciones de contexto

Se procedió a analizar los procesos cognitivos del grupo focal para evaluar las categorías y tipos de representaciones empleados para abordar los problemas contextualizados propuestos. Los procedimientos utilizados —que resultaron en respuestas matemáticas correctas o incorrectas— se sometieron a codificación; de esta forma se establecieron cuatro niveles que reflejaban, de manera jerárquica, los elementos de los invariantes operatorios empleados por los estudiantes durante su interacción con las situaciones contextualizadas planteadas. Las categorías de análisis del CCC se dividieron en cuatro niveles graduales que se definen como entendimiento, operacionalización, avance y dominio del CCC.

Instrumentos de observación

Para obtener los datos necesarios para el análisis cognitivo se recopilaron las hojas de trabajo y grabaciones que facultaron una base para verificar o ratificar el análisis realizado a partir de la información documentada. El enfoque del análisis fue cualitativo y se centró en las diversas representaciones de las invariantes que el estudiantado de ingeniería empleó en los esquemas que desarrollaron para comprender y resolver situaciones contextualizadas.

Implementación de las situaciones matemáticas contextualizadas

Las situaciones matemáticas contextualizadas se llevaron a cabo por los discentes en el aula de clases en diferentes sesiones que cubrieron un total de veintitrés horas.

Resultados y discusión

Proceso de contextualización

En la Figura 4 se presenta, de manera general, el resultado del proceso de contextualización que parte de las tres situaciones seleccionadas y descritas en la ejecución metodológica, las cuales se centran en resolver problemas de balance de materia mediante sistemas de ecuaciones algebraico-lineales. Este proceso se agiliza a través de las etapas de la matemática en contexto que establece que, después de definir las situaciones, es necesario identificar las variables y constantes. Esto da paso a la incorporación de los conceptos tanto matemáticos como de contexto que, en términos generales, abarcan: ecuaciones, ecuaciones lineales, sistemas de ecuaciones y sus métodos de solución, balance de materia, concentraciones y mezclas químicas.

Es relevante mencionar que, tradicionalmente, estos conceptos se abordan de manera aislada en los cursos. Sin embargo, a través de la matemática en contexto se presentan de forma integrada a los estudiantes lo cual, de acuerdo con Mendoza *et al*. (2018), Nakakoji y Wilson (2020), Giler (2020), De Rosa (2020), Valenzuela (2021), Bolstad (2022), Ellwein *et al*. (2022) y Wickersham y Ranon (2023) estimula la transferencia del conocimiento matemático por parte de los futuros ingenieros. El resultado de esta fase es el desarrollo de un modelo matemático que, al resolverse, permite obtener una solución con sentido al explicarla en términos del entorno.

Como último paso, se brinda retroalimentación a los estudiantes y, en función de su progreso, se revisan los problemas trabajados y/o se proponen nuevos. Esto tiene como objetivo fortalecer la transmisión del conocimiento matemático, tal como lo sugiere Camarena (2017, 2021).

Etapa de la MC			
1 **Determinar la *situación contextualizada***	**Balance de materia prima a resolver mediante un sistema de ecuaciones lineales**		
2 **Planteamiento del evento contextualizado**	**Situación A** Se requieren elaborar 500 L de solución ácida…	**Situación B** Preparar 100 mL de una solución de sacarosa al 50 % a partir…	**Situación C** Preparar néctar de mora con 20% de pulpa …
3 **Determinar variables y constantes**	mL de solución al 35 y 60 %. Concentración de soluciones (35 y 60 %). Volumen final (100 mL). Concentración final (50%)	mL de ácido al 30 y 18 %. Concentración de soluciones (30 y 18 %). Volumen final (500 mL). Concentración final (25 %).	Kg de pulpa con 12 ° Bx y 1.6 % de acidez. Kg de azúcar (100 °Bx) a mezclar néctar con 20 % de pulpa y 12 °Bix.
4 **Inclusión de temas matemáticos y de contexto**	Ecuación, ecuación lineal, sistema de ecuaciones algebraicas lineales, métodos de solución, balance de materia, concentración química, tipos de concentración y concentración porcentual.		
5 **Determinar el modelo matemático**	$0.35x + 0.60\,y = 50$ $x + y = 100$	$0.30x + 0.18\,y = 12.5$ $x + y = 500$	$12x + 100\,y = 54\,(100)$ $x + y = 100$
6 **Solución matemática**	(40, 60)	(291.6, 208.4)	(83.36, 13.36)
7 **Solución en términos del contexto**	Mezclar 40 mL de la solución al 35 % y 60 mL al 60 %. Con ello se tiene un volumen de 100 mL con 50 % de azúcar.	Mezclar 291.6 L de ácido al 30 % y 208.4 L de la solución ácida al 18 % para obtener un total de 500 L de solución ácida al 25 %.	En la mezcla habrá 83.36 % de pulpa con 12 ° Bx y 1.6 % de acidez, 13.36 % de azúcar (100 °Bx). Se obtiene 100 Kg de néctar de mora con 20 % de pulpa y 12° Bx finales, el índice de madurez es de 15.
8 **Descontextualización**	Se retoman los problemas analizados y si es necesario se trabajan otros problemas tipo con la finalidad de reforzar los conocimientos adquiridos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.		

Figura 4.

Situación contextualizada con base en la MC

Fuente: elaboración propia

Identificación del campo conceptual contextualizado

De acuerdo con la perspectiva de Vergnaud (1991), los conceptos matemáticos y del ámbito contextual abordados en la etapa cuatro de la MC se configuran como invariantes operatorios —conceptos y teoremas en acción—, dado que son esenciales para resolver las situaciones contextualizadas. La fusión de estos conocimientos da lugar a lo que en esta investigación se ha denominado sistema de ecuaciones algebraico-lineales en el contexto de un balance de materia. Por lo tanto, el CCC de referencia está compuesto por las tres situaciones contextualizadas (S) que adquieren significado gracias al empleo de los invariantes operatorios (I) utilizados por los estudiantes. Durante la ejecución de la actividad, estos se expresan a través de diversas categorías, representaciones y tipos de representación (R) a los que los alumnos recurren para abordar y resolver situaciones (Figura 5).

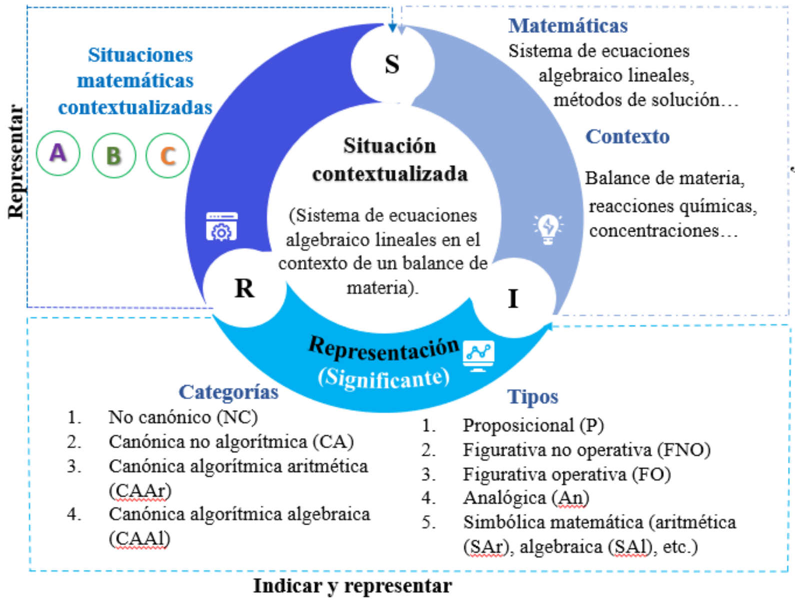

Figura 5.

Campo conceptual contextualizado: sistema de ecuaciones algebraico-lineales en el contexto de un balance de materia

Fuente: elaboración propia

Análisis cognitivo del estudiantado frente a un campo conceptual contextualizado

El análisis cognitivo del estudiantado se realiza mediante el uso de representaciones de invariantes operatorios durante la solución de las situaciones contextualizadas. Así, en la Figura 6 se muestra cómo el grupo de enfoque aborda el caso contextualizado A con diversas estrategias hasta lograr el objetivo establecido en dar una solución correcta y acorde a la misma. Inicialmente, recurren a una representación no canónica no algorítmica (NCNA) utilizando una representación proposicional (P) y figurativa no operativa (FNO). No obstante, esta aproximación solo deriva en un dibujo inicial sin solución. Al notar la falta de resultados, ajustan el dibujo para incorporar variables y constantes, empleando una representación figurativa operativa (FO), lo que convierte la representación en canónica no algorítmica (CNA) con predominio de simbolización convencional. Este paso, en términos de Vergnaud (1991, 1996), refleja un avance cognitivo inicial al comprender la situación contextualizada y comenzar una solución parcial.

El profesor colaborador, al percatarse que los estudiantes parecen tener los esquemas para representar matemáticamente la situación contextualizada, interviene indicándoles: “Ahora, ¿cómo representan matemáticamente lo que han dibujado?”. Tras discutirlo, el grupo de enfoque realiza una representación aritmética inicial, intentando sin éxito resolver mediante una regla de tres simple. A pesar de esto, el grupo utiliza una representación canónica algorítmica (CA) con notación simbólica matemática aritmética (SMAr). Sin embargo, no logran encontrar respuesta debido a la falta de un esquema de solución adecuado. En otras palabras, no identifican que la situación problema se resuelve con un sistema de ecuaciones algebraico-lineales (SEAL), según lo sugerido por Valiente (2001).

El grupo de enfoque logra plantear un SEAL al asociar una expresión algebraica al volumen y otra a la concentración de la solución. Esta acción permite clasificar las representaciones utilizadas como canónica algorítmica aritmética (CAr) y canónica algebraica (CAl) correspondientes a una representación simbólica matemática (SM). Con esta última obtienen el modelo matemático para resolver la primera situación planteada y logran una solución satisfactoria. Aunque, aún no se puede considerar que el grupo haya alcanzado una solución experta, ya que, según Vergnaud (1991), se requiere más de un caso para asegurar que los estudiantes hayan desarrollado los esquemas necesarios para comprender y transferir el conocimiento de manera efectiva.

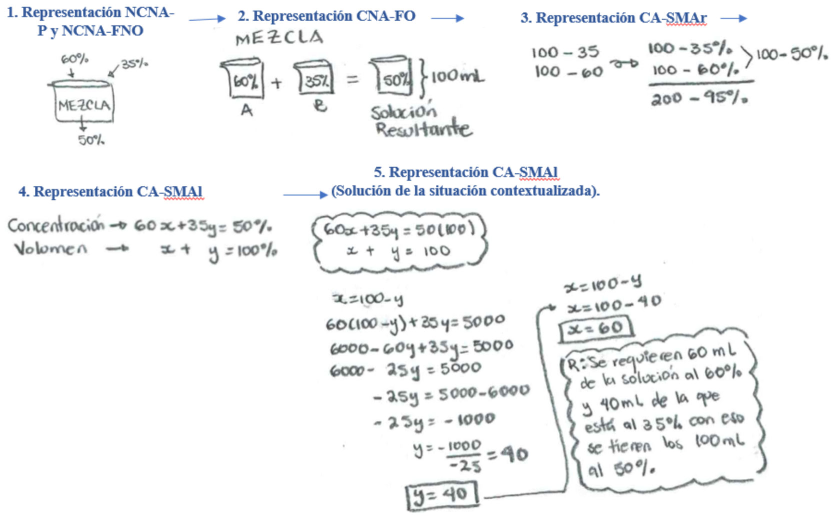

Figura 6.

Categoría y tipo de representaciones usadas por el grupo de enfoque en la situación contextualizada A

Fuente: elaboración propia

En relación con la situación B, el grupo de enfoque demuestra un mayor dominio en el desarrollo de los invariantes operatorios al iniciar con una representación canónica no algorítmica (CNA) en formato analógico (A). Esto significa que los estudiantes identifican similitudes entre este problema y el anterior, lo que los lleva a crear un dibujo (CNA-FO) para comprender la situación y abordar las variables y constantes de manera más competente. Esta aproximación conduce a una representación algebraica simbólica-matemática (SMAl) que deriva en una respuesta considerada como solución experta. A manera de resultado, se observa un dominio evidente del campo conceptual contextualizado con una transferencia exitosa del conocimiento matemático hacia una situación específica —la solución de un problema de balance de materia — (Figura 7). Lo que coincide con lo señalado por Mayer (2008), Guzmán (2013), Zamora (2013), Puga y Jaramillo (2015), De Rosa (2020), Nakakoji y Wilson (2020), Ellwein *et al.* (2022) y Cordero *et al.* (2022) quienes asumen que la trasferencia del saber matemático se genera cuando estos son capaces de aplicar sus principios para dar soluciones correctas a las situaciones que se les planteen en cualquier ámbito.

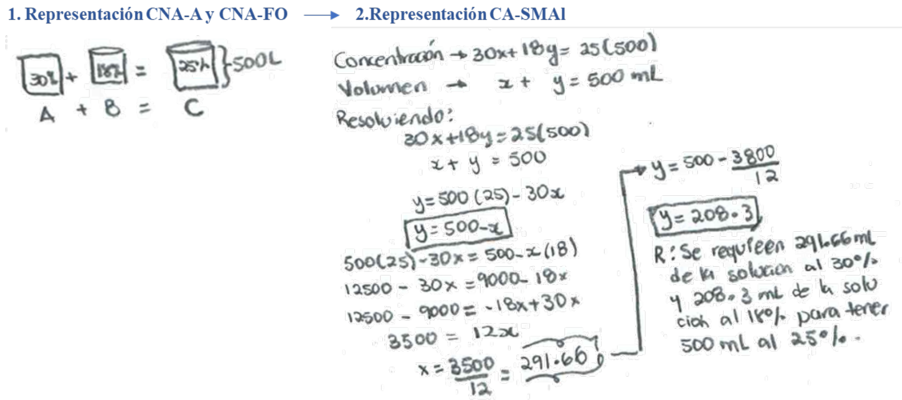

Figura 7.

Categoría y tipo de representaciones usadas por el grupo de enfoque en la situación contextualizada B

Fuente: elaboración propia

Por último, en la situación C (Figura 8), el grupo de enfoque interpreta la información técnica de manera precisa y emplea una representación canónica algorítmica con simbolización matemática algebraica (CA-SMAl). Luego, utilizando una forma de representación analógica, desarrollan un esquema para la mezcla de sustancias químicas. A continuación, se hace uso de una representación simbólico-matemática algorítmica (CA-SMAl) para modelar la situación contextualizada mediante un sistema de ecuaciones algebraico-lineales. Es en este punto donde se considera que el grupo de enfoque alcanza una solución experta, tal como lo indica Vergnaud (1996). Por lo tanto, se confirma que el grupo ha logrado transferir con éxito el conocimiento matemático a situaciones contextualizadas; y, por tanto, como sugieren Casado (2020), Rodríguez (2020), Giler (2020), Lutaif (2021), López y Peña (2021) y Loureiro *et al.* (2021), se ha estructurado —en el grupo de enfoque— la habilidad de resolución de problemas contextualizados.

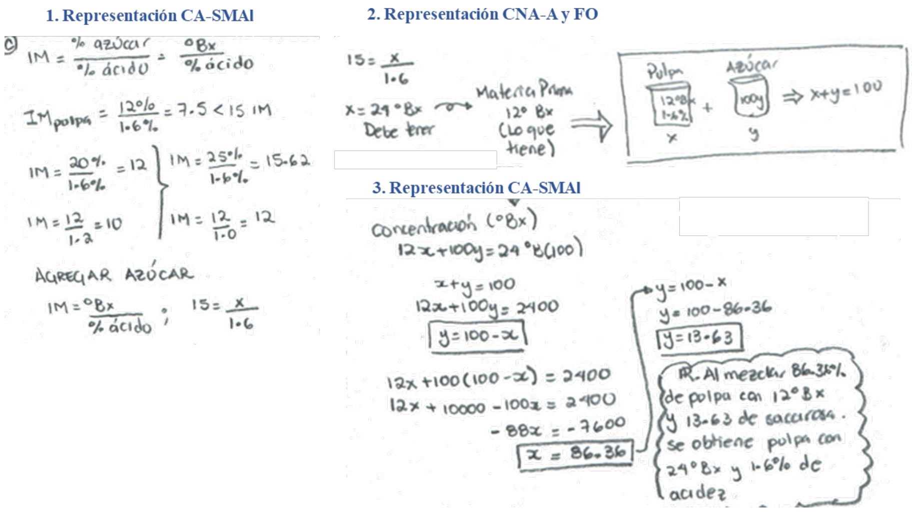

Figura 8.

Categoría y tipo de representaciones usadas por el grupo de enfoque en la situación contextualizada C

Fuente: elaboración propia

En la Figura 9 se hace un compendio de los esquemas de entendimiento y solución generados ante cada uno de los casos planteados, los cuales son reflejados a través de diversos tipos de representación. En este punto es relevante destacar que, en el marco de esta investigación, se considera que la transferencia de los conceptos matemáticos se produce cuando el grupo de enfoque recurre a una representación canónica-simbólica matemática (C-SM); misma que se vuelve evidente cuando los estudiantes, al enfrentar una situación contextualizada, demuestran comprender qué se le requiere, cómo resolverla y por qué se aborda de esa manera. En otras palabras, el alumno muestra dominio en la aplicación del conocimiento al comprender cuándo, dónde y cómo utilizarlo.

Es igualmente significativo señalar que un factor que potencia este proceso es la interacción entre los estudiantes que participaron en la investigación. Dicho de otro modo, el avance cognitivo se ve acelerado mediante el aprendizaje cooperativo, tal como sugieren Gómez y Guzmán (2013), Mendoza *et al.* (2018), González *et al.* (2020) y Wickersham *et al.* (2023). De esta manera, al presentar una matemática contextualizada no solo se logra la transferencia del conocimiento matemático, sino que también se fomenta el desarrollo de habilidades sociales en los estudiantes de ingeniería; las que incluyen la capacidad para comunicarse de manera argumentativa y actitud reflexiva, analítica y crítica; todo ello dentro de un entorno de responsabilidad, respeto y tolerancia. En consecuencia, se logra cumplir con el objetivo de proporcionar una formación científica completa, como recomiendan Burgoa (2014), Pepin *et al.* (2021), Bolstad *et al.* (2022) y Wickersham y Ranon (2023).

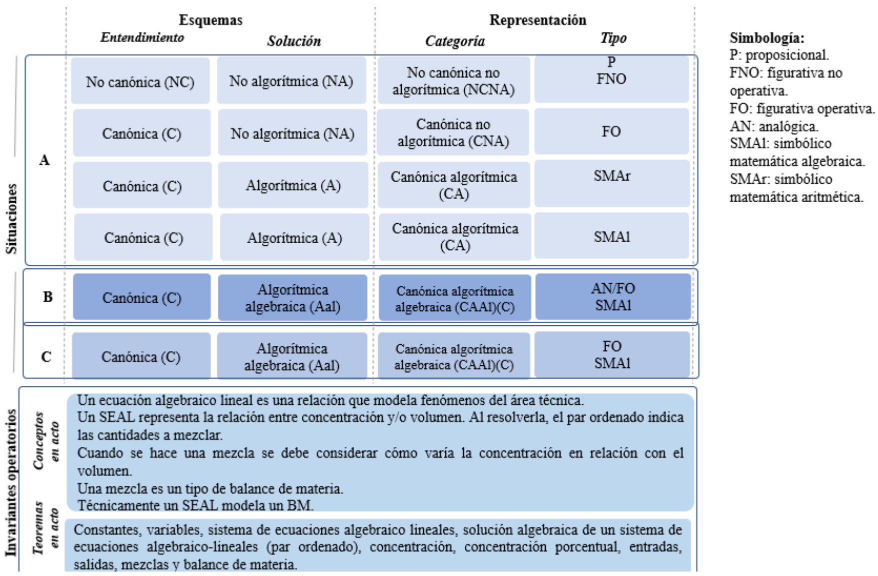

Figura 9.
Invariantes operatorios observados en el CCC
Fuente: elaboración propia

Durante el análisis cognitivo, en términos generales se observa que las representaciones de los invariantes operatorios desempeñan un papel fundamental en la resolución de las situaciones contextualizadas. Debido a este motivo, el proceso se caracteriza por transitar en diferentes tipos de representación hasta llegar a una simbólica que se ajusta a la solución del caso. Este punto marca el momento en el cual se determina que el grupo de enfoque ha logrado la transferencia de los conocimientos matemáticos a un área específica del saber. Este hallazgo concuerda, además, con lo expuesto por Vergnaud (1991,

1996) quien establece que los contenidos científicos requieren tiempo para ser internalizados; y es en ese proceso que se puede observar un desarrollo cognitivo en el estudiante. En consecuencia, resulta valioso crear situaciones contextualizadas que fomenten este aprendizaje orientado hacia la transmisión de saberes matemáticos.

Caracterización del proceso de trasferencia del conocimiento matemático a situaciones de contexto

Para caracterizar el progresivo dominio en la transferencia del conocimiento matemático a situaciones contextualizadas, se estimaron las representaciones utilizadas por los estudiantes ante las coyunturas. A partir de las mismas se propone una escala de cuatro niveles de conceptualización (Figura 10):

- N0 (entendimiento): en esta fase inicial, el grupo de enfoque carece de los invariantes operatorios necesarios para identificar un sistema de ecuaciones algebraico-lineales y emplearlos para resolver un problema de balance de materia. En sus acciones no logran una respuesta adecuada para la situación planteada, quedando en un nivel de entendimiento. En el mismo se observa el uso de una representación no canónica no algorítmica con un tipo de representación proposicional y figurativa no operativa.
- N1 (operacionalización): el grupo de enfoque utiliza algunos invariantes operatorios —considerados rudimentarios— para intentar vincular conceptos matemáticos con los del área de aplicación sin obtener conclusiones favorables. Como resultado, la situación planteada no se resuelve. El trabajo cognitivo, por su lado, se manifiesta principalmente en la conversión de variables y constantes en un esquema o dibujo de un balance de materia. En este nivel se recurre únicamente a una representación canónica no algorítmica mediante un tipo de representación figurativa operativa.
- N2 (avance): el grupo de enfoque comienza a integrar los conceptos matemáticos con los del contexto, identifica sistemas de ecuaciones algebraico-lineales y proporciona explicaciones parciales de significados científicos en el contexto. Aquí se observa el uso de casos similares o análogos a los que se enfrentaron previamente. Utilizan, además, limitadamente algunas operaciones y representaciones, situándose dentro de la categoría canónica algorítmica analógica, lo que les permite obtener una solución para la situación planteada.
- N3 (dominio): en esta etapa final se nota un mayor dominio de los conocimientos matemáticos por parte del grupo de enfoque, lo cual se refleja en su comprensión de la situación y su capacidad para brindar una solución adecuada. Utilizan una representación canónica algorítmica con una representación simbólica matemática algebraica. En otras palabras, plantean y resuelven con facilidad el sistema de ecuaciones, interpretando los resultados en términos del entorno. Esta habilidad en el manejo de diferentes representaciones de los invariantes operatorios evidencia

la transferencia exitosa del conocimiento matemático a un contexto específico.

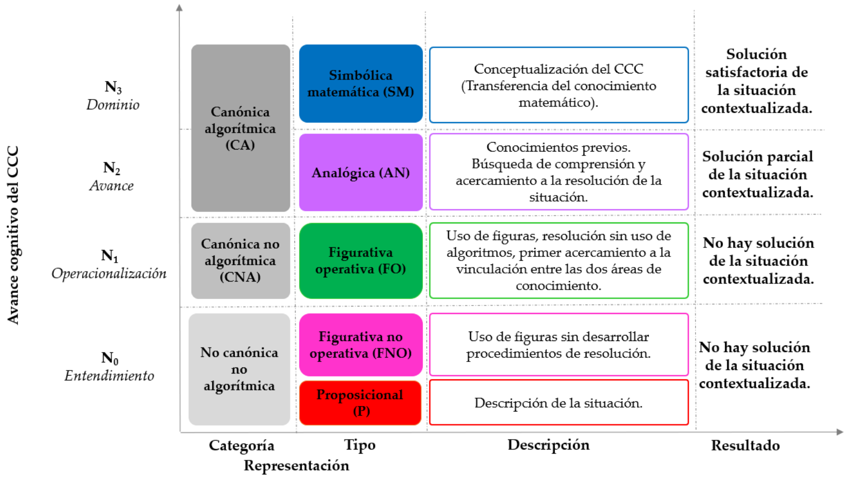

Figura 10.

Niveles de conceptualización en la transferencia de conocimiento matemático

Fuente: elaboración propia

Es esencial destacar que la selección adecuada de la situación contextualizada permite a los estudiantes acceder a diversas representaciones de los invariantes operatorios tanto matemáticos como situacionales. Estas representaciones juegan un papel fundamental, dado que facilitan la transferencia del conocimiento matemático. Para lograr este objetivo, la interacción social entre los participantes también desempeña un rol crucial. Por último, es menester advertir que la transmisión del saber matemático a contextos específicos es un proceso gradual y planificado y que está mediado por la situación didáctica y la guía del docente.

Conclusiones

Para este grupo de estudiantes, se ha demostrado que la teoría de los campos conceptuales, originalmente desarrollada para explicar investigaciones cognitivas en la educación básica, puede arrojar luz sobre el proceso cognitivo de los discentes de ingeniería al abordar situaciones problemáticas contextualizadas. Además, en este caso específico, se ha confirmado que la aplicación de la metodología de la matemática en contexto establece criterios valiosos para el diseño de secuencias de aprendizaje que fomenten la construcción y transferencia de conocimientos matemáticos. Esto ilustra cómo integrar exitosamente la teoría de los campos conceptuales en la instrucción de las matemáticas en situaciones reales dentro de la educación superior.

El artículo ha revelado una relación directa entre el progresivo dominio del campo conceptual contextualizado bajo análisis y las representaciones empleadas por los estudiantes de ingeniería. A medida que estos avanzan en la resolución de situaciones más complejas, recurren a representaciones de un nivel más elevado. Estos resultados enfatizan la importancia de fomentar la resolución de problemas complejos y la aplicación de conceptos en contextos reales, ya que esto estimula el desarrollo de representaciones cognitivas más avanzadas en los estudiantes de esta ciencia.

En términos de la transferencia de conocimiento, la investigación sugiere que los estudiantes de esta disciplina emplean la representación simbólica matemática para transmitir su comprensión matemática a otras áreas de estudio. No obstante, se requiere tiempo y estrategias didácticas apropiadas para que puedan llevar a cabo esta dinámica de manera efectiva. En este marco, se ha evidenciado que las actividades contextualizadas, como las presentadas aquí, contribuyen a agilizar el proceso de transmisión de conocimiento.

Al fin del estudio, se ha constatado que los participantes han adquirido los esquemas necesarios —según la terminología de Vergnaud— para transferir el conocimiento de sistemas de ecuaciones algebraico-lineales. Aunque, es esencial verificar este avance conceptual en diferentes ámbitos para asegurar que puedan aplicar sus principios, de manera efectiva, en diversas situaciones. Esto resalta la importancia de brindar a los estudiantes de ingeniería oportunidades de aprendizaje significativas y contextualizadas para fortalecer tanto su comprensión conceptual como sus habilidades de transferencia de saberes.

En conjunto, estos hallazgos resaltan la relevancia de continuar la investigación en este campo para potenciar la educación matemática en el ámbito de la ingeniería y asegurar que los estudiantes desarrollen bases sólidas en habilidades conceptuales y de transferencia de conocimiento en esta área académica.

Referencias bibliográficas

Ausubel, D.; Novak, J. y Hanesian, H. (1993). *Psicología educativa un punto de vista cognoscitivo.* Trillas.

Bolstad, T.; Hoyvik, I.; Lundheim, L.; Nome, M. y Ronning, F. (2022). Study programme driven engineering education: interplay between mathematics and engineering subjects. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA, 41*, 329-344. https://doi.org/10.1093/teamat/hrac010

Burgoa, E. (2014). La transferencia de contenidos matemáticos a contextos científicos: el concepto de función. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 32*(3), 703-704. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1525

Byrnes, J. (1996). *Cognitive development and learning in instructional contexts*. Allyn and Bacon.

Camarena, P. (2017). Didáctica de la matemática en contexto. *Educacáo. Matemática. Pesquisa, 19*(2), 1-26. https://doi.org/10.23925/1983-3156.2017v19i2p1-26

Camarena, P. (2021). *Teoría de la matemática en el contexto de las ciencias.* Edunse.

Cordero, F., Mendoza, H., E.J., Pérez, O. I., Huincahue, J., Mena, L. J. (2022). *A Category of Modelling: The Uses of Mathematical Knowledge in Different Scenarios and the Learning of Mathematics.* In: Rosa, M., Cordero, F., Orey, D.C., Carranza, P. (eds) Mathematical Modelling Programs in Latin America. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04271-3_12

Cedeño, L. (2018). *Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos.* Ediciones UTMACH. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12514/1/FunamentosBasicosDeIngenieriaQuimica.pdf

De Rosa, A. J. (2020). *Examining knowledge transfer between thermodynamics and mathematics paper presented* at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual On line . 10.18260/1-2--34610

Flores, R. (2002). *El conocimiento matemático en problemas de adicción y sustracción: un estudio sobre las relaciones entre conceptos, esquemas y representación* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. ResearchGate. https://n9.cl/31j41

George, K. (2022). The philosophical dimensions of mathematics in engineering education. *International Journal of Difference Equations, 17*(2), 329-345. https://www.ripublication.com/ijde22/v17n2p15.pdf

Giler, L. (2020). Estrategias de enseñanza de la matemática en la formación de profesionales de ingeniería. *Dominio de las ciencias, 6*(3), 273-285. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7562496.pdf

Gómez, A. y Guzmán, Y. (2013). La transferencia del aprendizaje en matemática: el caso de las funciones lineal, cuadrática y exponencial. *Revista U.D.C.A. Actualidad y divulgación científica, 16*(2), 543-551. https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n2.2013.931

López, M. y Peña, M. (2021). Mathematics training in engineering degrees: an intervention from teaching staff to students. *Mathematics, 9*(13), 1-21. https://doi.org/10.3390/math9131475

Loureiro, G.; Gomes, E. y Lutaif, B. (2021). Evento contextualizado en ingeniería: tareas docentes y conocimientos movilizados en ellas. *Paradigma, 42*(1), 82-105. https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.p82-105.id984

Lutaif, B.; Loureiro, G. y Gomes, E. (2021). Cultura matemática de um profissional: concepção semântica na teoria: a Matemática no contexto das Ciências. *Revista de Educação em Ciências e Matemática, 17*(39), 140-162. http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v17i39.10892

Mayer, R. (2008). Advances in applying the science of learning and instruction to education. *Psychological Science in the Public Interest, 9*(3), 1-2. https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01037.x

Mendoza, J.; Cordero, F.; Solís, M. y Gómez, K. (2018). El uso del conocimiento matemático en las comunidades de ingenieros. Del objeto a la funcionalidad matemática. *Boletim de Educação Matemática, 62*(32), 1219-1243. https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n62a23

Merriam, S. (1998). *Qualitative Research and Case Study. Applications in Education*. Jossey-Bass Publishers.

Nakakoji, Y. y Wilson, R. (2020). Interdisciplinary learning in mathematics and science: Transfer of learning for 21st century problem solving at university. *Journal of Intelligence,8*(3), 1-22. https://doi.org/10.3390/jintelligence8030032

Pepin, B.; Biehler, R. y Gueudet, G. (2021). Mathematics in engineering education: a review of the recent literature with a view towards innovative practices. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education,7*, 163-188. https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8

Philot, J.; Bianchini, B.; Gomes, E.; Lima, G. y Mattasoglio, O. (2023). *Elaboration of a Contextualized Event for Teaching Eigenvalues and Eigenvectors in the Control and Automation Engineering Course* [Ponencia]. 2023 ASEE Annual Conference & Exposition, Baltimore, Maryland. https://peer.asee.org/43254

Puga, L. y Jaramillo, L. (2015). Metodología activa en la construcción del conocimiento matemático. *Sophia*, (19), 291-314. https://www.redalyc.org/pdf/4418/441846096015.pdf

Rodríguez, A. (2020). Estrategia didáctica para el proceso enseñanza-aprendizaje contextualizado de matemáticas discretas en tecnologías de la información. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 14*(1), 69-83. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590397

Simplicio, H.; Gasteiger, H.; Vargas, B., Grimes, K.; Haase, V.; Ruiz, C.; Veiga, F. y Moeller, K. (2020). Cognitive research and mathematics education. How can basic research reach the classroom.*Frontiers in psychology, 11*, 1-5. doi: 10.3389/fpsyg.2020.00773.

Trejo, E. y Camarena, P. (2011). Análisis cognitivo de situaciones problema con sistemas de ecuaciones algebraicas en el contexto del balance de materia. *Educación Matemática, 23*(2), 65-90. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40521146004

Valenzuela, H. (2021). *Contextualized Mathematics: teaching and learning Math with contextualized mathematics*. Outskirts Press.

Valiente, A. (2001). *Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria*. Limusa.

Vergnaud, G. (1991). *El niño, las matemáticas y la realidad: problemas de la enseñanza de las matemáticas en la escuela primaria.* Trillas

Vergnaud, G. (1996). The theory of conceptual fields. En L. Stette, P. Nesher, P. Cobb, G. Goldin y B. Greer (Eds.), *Theories of mathematical learning* (pp. 219-240). Routledge.

Voskoglou, M. y Salem, A. (2020). Benefits and limitations of the artificial with respect to the Traditional Learning of Mathematics. *Mathematics,8*(4), 1-15. http://dx.doi.org/10.3390/math8040611

Wickersham, K. y Ranon, B. (2023). I never learned more in my life in such a short period of time: math contextualization as momentum toward community college student success. *Community College Journal of Research and Practice, 47*(4), 273-289, https://doi.org/10.1080/10668926.2021.1999341

Zamora, P. (2013). *La contextualización de las matemáticas* [Tesis de maestría, Universidad de Almería]. Repositorio Universidad de Almería. http://repositorio.ual.es/handle/10835/2323

Zayas, R.; Escalona, M. y Coloma, O. (2022). Caracterización del proceso de enseñanza aprendizaje de los conceptos de la matemática superior para ingenieros. *Revista Universidad y Sociedad,* 14(1), 192-201. https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2622