

<https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1410>

*Artículos científicos*

**Una perspectiva sistémica en el proceso de enseñanza-  
aprendizaje de las matemáticas en el nivel educativo superior**

***A Systemic Perspective in the Teaching-Learning Process of Mathematics at  
the Higher-Level Education***

***Uma perspectiva sistêmica no processo de ensino-aprendizagem de  
matemática no nível superior***

**Esthela Salas Simental**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Zacatenco, México

[esalass@ipn.mx](mailto:esalass@ipn.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-0639-5248>

**Ricardo Tejeida Padilla**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Turismo, México

[rtejidap@ipn.mx](mailto:rtejidap@ipn.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-4882-8096>

**Oswaldo Morales Matamoros**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Zacatenco, México

[omoralesm@ipn.mx](mailto:omoralesm@ipn.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3184-4869>

**Jesús Jaime Moreno Escobar**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Zacatenco, México

[jmorenoe@ipn.mx](mailto:jmorenoe@ipn.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-4032-0511>

## Resumen

El trabajo colaborativo representa una base de mejora para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en el nivel educativo superior y las Comunidades Profesionales de Aprendizaje (CPA) constituyen una herramienta útil para tal propósito. En esta investigación se tuvo como objetivo aplicar los postulados de la Metodología de Sistemas Suaves (MSS) y CPA a fin de establecer las bases para la construcción de una metodología sistémica que promueva cambios en la práctica docente. Se efectuó un taller dirigido a profesores en donde se analizaron técnicas de colaboración entre pares y el desarrollo de materiales didácticos digitales para mejorar su práctica docente. Las entrevistas y observaciones se interpretaron mediante tres esquemas de codificación: 1) para comprender las respuestas de los participantes a lo largo del taller, 2) para examinar las propuestas de enseñanza que implementan con sus estudiantes y 3) para capturar oportunidades de aprendizaje en las CPA. Con base en el planteamiento teórico adoptado y los resultados obtenidos, se identificaron varios elementos de la MSS y CPA que abonan al mejoramiento de la práctica docente y a la calidad del aprendizaje de las matemáticas de nivel superior: desde aceptar la existencia del problema e interpretarlo en una forma ordenada hasta describir las definiciones raíz del sistema, así como sus interrelaciones.

**Palabras clave:** Comunidades Profesionales de Aprendizaje, metodología sistémica, práctica docente.

## Abstract

Collaborative work represents a basis for improvement in the teaching-learning process of mathematics at the higher educational level and Professional Learning Communities (PLC) constitute a useful tool for this purpose. The purpose of this research was to apply the postulates of the Soft Systems Methodology (SSM) and PLC were applied to establish the bases for the construction of a systemic methodology that promotes changes in teaching practice. A workshop was held for teachers where peer collaboration techniques and the development of digital teaching materials were analyzed to improve their teaching practice. The interviews and observations were interpreted using three coding schemes: 1) to understand the answers of the participants throughout the workshop, 2) to examine the teaching proposals that they implement with their students and 3) to capture learning opportunities in the PLC interviews. Based on the theoretical approach adopted and the

results obtained, several elements of the SSM and PLC were identified that contribute to the improvement of teaching practice and the quality of higher-level mathematics learning: from accepting the existence of the problem and interpreting it in an orderly manner to describing the root definitions of the system, as well as its interrelationships.

**Keywords:** Professional Learning Communities, systemic methodology, teacher practice.

## Resumo

O trabalho colaborativo representa uma base de melhoria para o processo de ensino-aprendizagem da matemática no ensino superior e as Comunidades de Aprendizagem Profissional (CAP) constituem uma ferramenta útil para esse fim. O objetivo desta pesquisa foi aplicar os postulados da Metodologia Soft Systems (MSS) e CAP a fim de estabelecer as bases para a construção de uma metodologia sistêmica que promova mudanças na prática docente. Realizou-se um workshop para professores onde foram analisadas técnicas de colaboração entre pares e o desenvolvimento de materiais pedagógicos digitais para melhorar a sua prática pedagógica. As entrevistas e observações foram interpretadas usando três esquemas de codificação: 1) para entender as respostas dos participantes ao longo da oficina, 2) para examinar as propostas de ensino que implementam com seus alunos e 3) para capturar oportunidades de aprendizagem no CAP Com base na abordagem teórica adotada e nos resultados obtidos, foram identificados vários elementos do MSS e do CAP que contribuem para a melhoria da prática pedagógica e para a qualidade da aprendizagem da matemática de nível superior: desde aceitar a existência do problema e interpretá-lo de forma ordenada maneira de descrever as definições de raiz do sistema, bem como suas inter-relações.

**Palavras-chave:** Comunidades Profissionais de Aprendizagem, metodologia sistêmica, prática docente.

**Fecha Recepción:** Agosto 2022

**Fecha Aceptación:** Enero 2023

## Introducción

Los países que reflejan buenos resultados en las evaluaciones de ciencias y matemáticas son aquellos que proporcionan sistemas de apoyo claros, consistentes y coherentes para los docentes (Fulton y Britton, 2011). En gran medida, esto sucede ya que en cada escuela de dichas naciones trabajan buenos maestros, que ejercen su profesión con liderazgo y cuentan con el apoyo para crear una cultura de enseñanza-aprendizaje entre sus colegas y alumnos.

Los planteamientos teóricos desarrollados alrededor de las Comunidades Profesionales de Aprendizaje (CPA) (Little, 2002) definen a estas como un grupo de personas que comparten y cuestionan críticamente su práctica docente de una manera continua, reflexiva, colaborativa, inclusiva, orientada al aprendizaje y que promueven el crecimiento profesional de todos los involucrados (Stoll, Bolam, McMahon, Wallace y Thomas, 2006). El trabajo colaborativo entre colegas ha tenido muy buenos resultados en diversos sistemas educativos y áreas del conocimiento, incluyendo las matemáticas (Horn, 2010; Vescio, Ross y Adams, 2008). El desarrollo de las CPA en niveles educativos de primaria, secundaria y preparatoria ha sido ampliamente estudiado y se han conseguido resultados importantes (Dooner, Mandzuk y Clifton, 2008; Ell y Major, 2019; Fulton y Britton, 2011; Horn, 2010; Huijboom, Van Meeuwen, Rusman y Vermeulen, 2021; King, 2014; Liu, Lu y Yin, 2022; McLaughlin y Talbert, 2007; Schneider y Kipp, 2015; Vescio *et al.*, 2008). Sin embargo, el estudio y desarrollo de las CPA con profesores de nivel superior de matemáticas es un tema poco tratado. Por lo anterior, resulta relevante contribuir a este campo de estudio desde el Paradigma Sistémico, a fin de promover entornos de enseñanza y de aprendizaje que mejoren tanto el rendimiento académico de los estudiantes como la práctica docente.

En las reuniones académicas con profesores que imparten clases de matemáticas comúnmente se habla y se discuten problemas a los que se enfrentan en el aula, tales como el bajo rendimiento de los estudiantes, el desinterés por aprender y el índice de abandono durante y al final del semestre. De lo anterior es que nos planteamos la siguiente interrogante: ¿qué elementos, relaciones y características debe tener una CPA de docentes de matemáticas de nivel superior, de tal manera que permitan mejorar el desempeño académico de los estudiantes universitarios que cursan asignaturas de matemáticas?

De acuerdo con Dogan, Pringle y Mesa (2016), Dooner *et al.* (2008), Fulton y Britton (2011), Horn (2010), McLaughlin y Talbert (2007), Popp y Goldman (2016) y Schneider y Kipp (2015), el establecimiento de una CPA tiene el potencial para gestionar el respeto, la

confianza y el trabajo colaborativo entre los docentes, lo cual se traduce en un trabajo más eficiente en el salón de clases. El que las reuniones de los profesores tengan un propósito claro relacionado con temas específicos de la disciplina se vuelve un eje crucial para que la comunidad no solo se reúna para coincidir y discutir cualquier tema. Para evitar situaciones redundantes, es de suma importancia el establecimiento de objetivos claros y que se expliciten las estrategias que se implementarán para lograrlos. El que los docentes tengan la oportunidad de reflexionar y cuestionar su quehacer en las aulas implica un cambio de paradigma acerca de la creencia de cómo enseñar matemáticas (Salas, 2012).

Dado que el problema a estudiar involucra a individuos haciendo un gran esfuerzo por organizarse, es necesario llegar a acuerdos para incidir positivamente en el proceso de aprendizaje de sus estudiantes; es por ello por lo que se sugiere una perspectiva sistémica para su abordaje. Dicha perspectiva la desarrollamos considerando los postulados de la Metodología de Sistemas Suaves (MSS) (Checkland, 2001) para proponer un constructo dinámico de CPA. Según Ramírez, Cardoso y Tejeida (2020), la MSS es una metodología de la Ciencia de Sistemas que ha sido considerablemente empleada y probada al momento de resolver problemas complejos que aquejan a organizaciones en diversos sectores de la población.

De lo anterior surge el objetivo de esta investigación, que es aplicar los postulados de la MSS y de las CPA a fin de establecer las bases para la construcción de una metodología sistémica que promueva cambios en la práctica docente y con ello contribuir al mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas de nivel superior. En esta investigación queremos promover nuevas formas de trabajo colaborativo, a través de fundamentos teóricos que nos permitan sentar las bases para generar una metodología sistémica que sirva de punto de partida para desarrollar e implementar las CPA con docentes de matemáticas de nivel superior, y con ello promover el mejoramiento del desempeño académico de los alumnos universitarios.

### **Marco teórico**

El modelo de las CPA ha tenido gran auge en los niveles básico y medio superior y ha ido evolucionando en su implementación; sin embargo, el camino no ha sido fácil. Según DuFour (2004), las intenciones son buenas, se comienza con un excelente entusiasmo, sin embargo, suele haber una confusión fundamental en la ejecución de los conceptos teóricos involucrados, ya que se cree que con solo tener reuniones del gremio docente será suficiente,

aunado a una inevitable adopción de problemas asociados a las reformas curriculares inherentes al sistema educativo. Por consiguiente, es necesario tener en consideración las siguientes bases para construir una CPA: 1) asegurar que los estudiantes aprendan, 2) construir una cultura de colaboración y 3) centrarse en los resultados y objetivos. Estas tres ideas requieren de un proceso sistemático en el cual los docentes trabajen en conjunto para analizar y mejorar su práctica docente, y en donde se promueva el aprendizaje significativo y colaborativo entre sus estudiantes mediante estrategias que se adapten a la realidad del salón de clases.

En el caso de la construcción de una cultura de colaboración docente, Little (2002) propone enfocarse en la representación de la práctica, el trabajo colaborativo orientado al aumento de la calidad del aprendizaje y las normas de interacción y de organización. En el caso de la representación de la práctica, Dogan *et al.* (2016) hacen referencia a que en el ambiente educativo convencional se requiere que los profesores de ciencias tengan un conocimiento profundo acerca del desarrollo de prácticas específicas de aprendizaje, consistentes en cómo aprenden sus estudiantes, por lo que el cambio en la práctica docente deberá verse impulsado por la incorporación de técnicas instruccionales, la integración de nuevos materiales, mejoras en los planes y programas de estudio y perfeccionamientos en el proceso de enseñanza. Además de estas características, estos autores agregan otros dos factores: *conocimiento del contenido disciplinar*, el cual refiere un grado de especialización de los docentes, y *conocimiento de estrategias pedagógicas*, el cual facilita el aprendizaje de los alumnos.

El trabajo colaborativo se conceptualiza como un proceso en el cual todas las personas involucradas interactúan de manera tal que pueden diferenciar, contrastar y discutir puntos de vista propuestos en el grupo, lo que se traduce en la construcción de conocimiento. En lo referente a las normas de interacción y de organización, Popp y Goldman (2016) encontraron cinco tipos de discurso que robustecen el trabajo en conjunto en las CPA: 1) interrogativo, donde se explicitan, califican y expanden las ideas de los miembros del grupo; 2) propositivo, en el cual las propuestas son necesarias para construir el conocimiento colectivo; 3) articulación de ideas, donde se provee de ejemplos de estrategias de enseñanza y de aprendizaje; 4) de negociación, en donde se establecen acuerdos con el propósito de dar solución a posibles conflictos que puedan presentarse, y, finalmente, 5) donde se explica el razonamiento, esto conlleva al escrutinio y análisis de las ideas para lograr consensuar temas complicados.

Los líderes escolares tienen una fuerte influencia en el desarrollo y éxito de las CPA, por lo que es importante considerar los factores de dirección: liderazgo, autonomía colectiva y facilidad de la dinámica grupal, analizados en Huijboom *et al.* (2021).

Como se puede apreciar, son varios los factores que se deben considerar para la creación de CPA desde el punto de vista pedagógico-didáctico, y para alcanzar el propósito de esta investigación y fortalecer nuestro planteamiento teórico es que empleamos como andamiaje algunos de los saberes del cuerpo de conocimientos de la Ciencia de Sistemas. Dentro de su cuerpo de conocimientos, se encuentran conceptos y teorías, un paradigma o método de investigación que para su tratado utiliza metametodologías, modelos y metodologías propias.

Precursora de la Ciencia de Sistemas, la Teoría general de los sistemas abre brecha en el camino de la proposición de soluciones a situaciones complejas a las que el ser humano ha tratado de buscar un orden (von Bertalanffy, 2018). En la actualidad, el día a día se encuentra organizado a través de instituciones, las cuales, en su mayoría, evidencian procesos de organización complejos que requieren mecanismos estructurados y bien definidos. La Ciencia de Sistemas se enfoca en descubrir e interpretar las dinámicas de las relaciones y condiciones entre los actores y entidades de un sistema, así como los principios e isomorfías que puedan ser discernidos y aplicados a este en cualquier nivel de anidación para alcanzar su propósito en equilibrio homeostático con su contexto.

Para van Gigch (2016), “un sistema es una reunión o conjunto de elementos relacionados” (p. 17); por supuesto, sus elementos pueden ser variados, dependiendo de lo que se esté estudiando, pero siempre existirá un propósito del sistema. Para comprender e interpretar un sistema la Ciencia de Sistemas tiene su paradigma, enfoque o pensamiento. Pham y Jaaron (2018) sostienen que el Pensamiento Sistémico normalmente se ve como una corriente sólida y favorable al momento de ofrecer fortalezas complementarias a las corrientes tradicionales de las disciplinas.

El Pensamiento Sistémico ofrece una visión integral al momento de abordar problemáticas complejas que se caracterizan por tener una gran variedad de actores e interrelaciones que se constituyen en subsistemas y forman parte de un sistema total. El uso de este pensamiento cada vez se hace más recurrente en el ámbito de la investigación educativa (Hurst, 2020; Kordova, Frank y Nissel, 2018; Molderez y Ceulemans, 2018; Nyemba, Carter, Mbohwa y Chinguwa, 2019; Parra, 2022; Paschalidou, Salta y Koulouglotis, 2022; Pham y Jaaron, 2017). En nuestra investigación, el sistema se estructura

de conceptos, objetos y sujetos interrelacionados con un propósito y el intercambio de información de un ambiente muy específico, el escolar. Los problemas que emergen de los sistemas son responsabilidad de los administradores, planificadores o analistas, entre otras figuras, quienes tienen que diferenciar entre el mejoramiento de un sistema o el diseño de uno. El mejoramiento transforma o cambia a un sistema de manera tal que se comporte de forma estándar o normal. En el caso del diseño, este es un proceso creativo que estudia, interpreta y cuestiona los supuestos desde los cuales se ha confeccionado el sistema. Sin embargo, las dificultades no solo recaen en la complejidad de los fenómenos de estudio, sino en todas las entidades involucradas (von Bertalanffy, 2018).

Un sistema está compuesto por diversas partes. Por lo cual, si conocemos el total de fragmentos y la relación que guardan entre ellos, se dice que el comportamiento del problema es derivable a partir del comportamiento de las partes. “Parece que lo primario es el comportamiento resultante de la interacción dentro del sistema; secundariamente está la determinación de los elementos a acciones que solo dependen de ellos, con lo cual se pasa a un comportamiento sumativo” (von Bertalanffy, 2018, p. 71).

Para estudiar y seleccionar, de manera fundamentada, la aplicación de una metodología sistémica en un problema determinado, en la Ciencia de Sistemas se han desarrollado metametodologías. Una de ellas es la Metametodología Intervención Total de Sistemas, la cual, mediante matrices, ayuda a identificar la relación de los participantes con la toma de decisiones y el tipo de sistema en el que emerge la problemática (Jackson, 2003). En la Matriz Contexto-Problema se categorizan los sistemas en simples y complejos (tabla 1). Un *sistema simple* se caracteriza por tener un número reducido de individuos, así como un pequeño número de interacciones entre ellos; por estas causas, este tipo de sistemas se muestran un tanto cerrados a su entorno, y por lo regular son estáticos. En el caso del *sistema complejo*, se tiene un número considerable de elementos y las interrelaciones son vastas; por lo general este tipo de sistemas interactúan activamente con su entorno y tienden a evolucionar. Respecto a las relaciones que entablan los participantes, estas se catalogan en tres categorías: *unitario*, en donde todos los involucrados están de acuerdo con los objetivos, comparten intereses y sus creencias y valores son compatibles; por lo cual, en la toma de decisiones, todos los individuos participan; *pluralista*, los participantes tienen valores y creencias distintas, tienen diferentes intereses y objetivos, sin embargo, existen acuerdos que los llevan a lograr sus objetivos; *coercitivo*, este tipo de relaciones están caracterizadas por el poco interés común entre los participantes, existen conflictos y el único consenso al que

se puede llegar es a través del uso de la fuerza y la dominación de uno o varios grupos sobre otros.

**Tabla 1.** Matriz Contexto-Problema

		Participantes		
		Unitario	Pluralista	Coercitivo
Sistema	Simple	Simple unitario	Simple pluralista	Simple coercitivo
	Complejo	Complejo unitario	Complejo pluralista	Complejo coercitivo

Fuente: Jackson (2003)

La Matriz Contexto-Problema, generada por Jackson (2003), se complementa con el Sistema de Metodologías de Sistemas (SMS), el cual incluye seis tipos de categorías de metodologías y modelos según el tipo de sistema y la caracterización de los participantes involucrados en la problemática identificada (tabla 2).

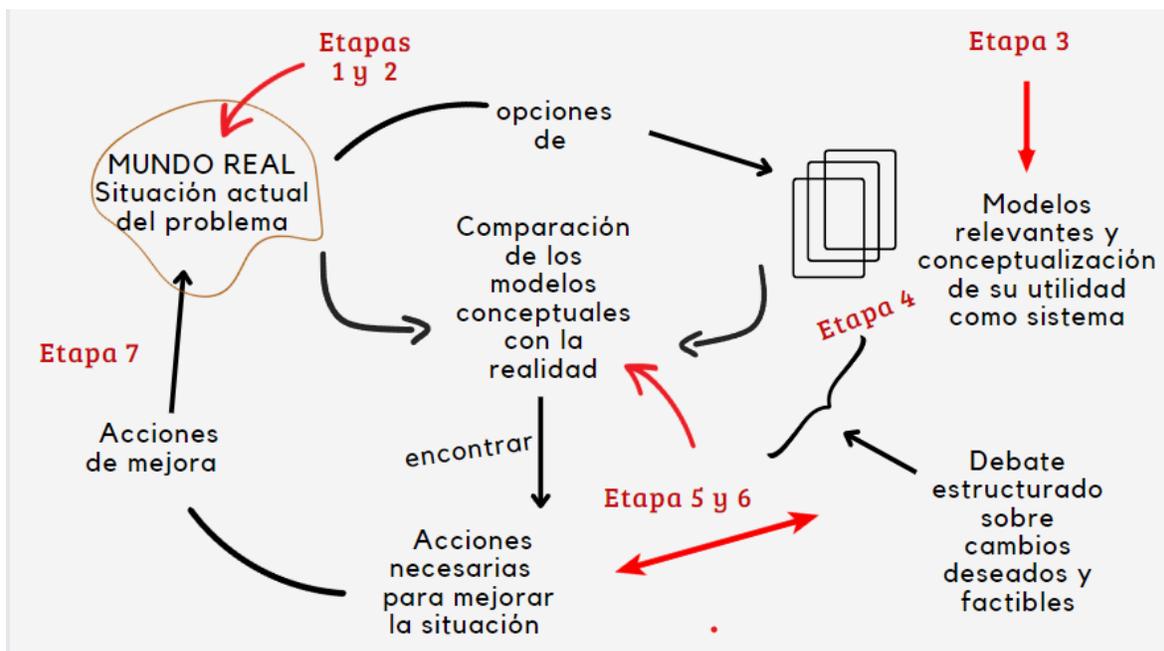
**Tabla 2.** Sistema de Metodologías de Sistemas

		Participantes		
		Unitario	Pluralista	Coercitivo
Sistema	Simple	Pensamiento de sistemas duros	Sistemas suaves	Sistemas emancipatorios
	Complejo	Dinámica de sistemas  Teoría de la complejidad  Cibernética organizacional		Sistemas posmodernos

Fuente: Jackson (2003)

Otra herramienta importante para los sistemas con alto contenido social en la Ciencia de Sistemas, como lo son los CPA, es la MSS, desarrollada por Checkland (2001). La MSS es una metodología flexible fundamentada en la fenomenología y la hermenéutica, contiene estadios que se dividen en el mundo abstracto y en el mundo real. Los estadios mantienen una secuencia lógica, pero no necesariamente deben ser desarrollados en su totalidad y en orden secuencial; más bien, esto dependerá de la experiencia del investigador sistemista, la naturaleza del sistema en estudio y de lo que se pretenda lograr para este (figura 1).

**Figura 1.** La Metodología de Sistemas Suaves



Fuente: Elaboración propia con base en Checkland (2000)

En las *dos primeras etapas* se define al problema a estudiar, comenzando por aceptar la existencia del problema, para luego interpretarlo de una forma estructurada, organizada, donde se incluyen las actividades e interrelaciones de los elementos que lo conforman. En la *tercera etapa* se describen las definiciones raíz de los sistemas relevantes; en esta descripción deberá hacerse explícito el siguiente planteamiento: “un sistema necesario que permita realizar una acción  $x$  mediante  $y$ , que involucra procesos de transformación, y así llegar al objetivo  $z$ ”. La construcción de estas definiciones raíz se fundamentan en seis factores: cliente (C), actores (A), transformaciones (T), cosmovisión (W), propietario (O) y medio ambiente (E), cuyas iniciales en inglés conforman el acrónimo *CATWOE*. En la *cuarta etapa* se elaboran modelos conceptuales que representan las actividades que se realizarán en el sistema; por lo cual existirán tantos modelos como definiciones raíz. Por la naturaleza de

nuestra propuesta, en la cuarta etapa partiremos del concepto de un sistema formal, donde el uso de un modelo general describirá la actividad humana utilizada para verificar que los modelos construidos no sean fundamentalmente deficientes. En la *quinta etapa* se comparan los modelos conceptuales con la realidad, esto es, emergen las diferencias existentes entre lo descrito en los modelos conceptuales y lo que en realidad sucede en el sistema. En la *sexta etapa* se proponen cambios con base en las diferencias detectadas en la etapa anterior. Dichos cambios deberán ser evaluados y aprobados por los actores del sistema, de tal manera que se garantice la viabilidad de dichos cambios. En la *séptima etapa* se ponen en marcha los cambios propuestos, diseñados para lograr el objetivo planteado inicialmente.

## Método

Como se mencionó, esta investigación adopta una perspectiva sistémica y utiliza el Paradigma Sistémico, por ende, para fundamentar su tratado, se utilizó la Metametodología Intervención Total de Sistemas, la cual fue descrita anteriormente.

Debido a las características de la población involucrada y a las relaciones e interacciones que se proyectan del trabajo colaborativo, en esta investigación se visualiza un sistema complejo-pluralista. Teniendo esta información, se utiliza la matriz SMS, la cual presenta enfoques de sistemas útiles, dependiendo del tipo de sistema caracterizado por la matriz contexto-problema.

Al ubicar el sistema complejo pluralista que se aborda, en la SMS se identifica que la categoría “Sistemas suaves” es la pertinente, motivo por el cual la MSS resultó idónea para esta investigación.

Derivado de lo anterior, se fundamenta el uso de la MSS, ya que nos permite darle estructura a algo que no lo tiene, esto es, sitúa el problema de tal manera que sus elementos internos y externos son identificados y toman relevancia en el sistema (Ramírez *et al.*, 2020). En adición a la selección fundamentada que proporciona la metametodología de intervención total de sistemas, la MSS se ha utilizado en la resolución de problemas en investigación educativa (Cesarino, Liboni, Oliveira y Caldana, 2016; Davis, Dent y Wharff, 2015; Luong, Huynh y Kim, 2022; Shahabi, Azar, Radfar y Asadifard, 2020), lo que proporciona fundamentos sólidos para su aplicación en el sistema de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en el nivel educativo superior.

Para la conformación del procedimiento investigativo, se consideró un enfoque metodológico basado en la sinergia y complementariedad de la teoría de las CPA con la MSS. En la tabla 3 se muestra la integración de las CPA con la MSS.

**Tabla 3.** Enfoque metodológico propuesto

		CPA			
		Garantizar que el estudiante aprenda	Cultura de colaboración docente	Centrarse en los resultados y objetivos	
MSS	Problema no estructurado	No se percibe el bajo rendimiento académico como consecuencia de la práctica docente.	La comunidad docente se reúne solo para tratar asuntos laborales.	Los docentes trabajan de forma aislada, atienden los objetivos del currículo de manera individualizada.	Se concibe a todos los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje un tanto ajenos al quehacer escolar, es por esta razón que no es explícito o evidente la existencia de una problemática en este entorno.
	Problema expresado	Se hace evidente la necesidad de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes.	Los docentes comienzan a poner sobre la mesa problemáticas asociadas a su práctica docente y que influyen en la forma en la que imparten sus clases.	El currículo se hace presente. El profesorado explicita los objetivos de cada unidad de aprendizaje y comienzan a surgir propuestas de cómo lograrlas.	Los involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje hacen consciente y evidente la existencia de diversas problemáticas que aquejan su desarrollo dentro

					del ámbito educativo.
Definiciones raíz	<p>C: estudiantes</p> <p>A: docentes y autoridades escolares.</p> <p>T: se busca transformar las estrategias de enseñanza y de aprendizaje implementadas en el salón de clases.</p> <p>W: mejoramiento del rendimiento académico de los estudiantes.</p> <p>O: CPA.</p> <p>E: ambiente escolar y extraescolar.</p>	<p>C: docentes</p> <p>A: docentes y autoridades escolares.</p> <p>T: se busca transformar la práctica docente a través del trabajo colaborativo y del crecimiento profesional.</p> <p>W: mejor servicio profesional por parte de los docentes y oportunidades de crecimiento profesional.</p> <p>O: CPA.</p> <p>E: ambiente escolar y extraescolar.</p>	<p>C: estudiantes</p> <p>A: docentes, autoridades escolares y modelo educativo vigente.</p> <p>T: se pretende alcanzar los objetivos planteados en el currículo.</p> <p>W: mejoramiento del rendimiento académico de los estudiantes, crecimiento profesional docente e infraestructura escolar adecuada.</p> <p>O: CPA.</p> <p>E: ambiente escolar y extraescolar.</p>	<p>Para cada una de las etapas será necesario definir nuestros factores CATWOE. Lo presentado es solo la generalidad del sistema.</p>	
Modelos conceptuales	<p>Describirán lo que el Sistema necesita hacer en cada etapa de manera ideal. Cómo es que cada actividad de los actores deberá estar conectada y relacionada una con otra de manera lógica. Estos modelos mostrarán lo que</p>			<p>Se establecen a partir de las definiciones raíz.</p>	

	debe suceder para lograr los objetivos planteados en el punto anterior.	
Comparación de los modelos conceptuales con la realidad	Cada modelo conceptual deberá explicitar propósito, funcionamiento, proceso de toma de decisiones, componentes que interactúan y los recursos con los que se cuenta para luego contrastar los resultados con la realidad, si es que los objetivos fueron alcanzados o no. Los integrantes de la CPA tendrán la oportunidad de analizar a profundidad su actuar dentro del salón de clases.	Para cada etapa de la CPA, deberán analizarse los resultados de las propuestas emitidas, de tal manera que permitan identificar áreas de éxito o de oportunidad.
Diseño de cambios	Con base en los resultados obtenidos de las etapas previas es que se propondrán cambios en caso de ser necesario. Nótese que los miembros de la CPA deberán analizar a profundidad los aciertos y errores de cada una de las propuestas implementadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.	La reestructuración de propuestas no será una actividad trivial, por lo que, en caso de ser necesario, la CPA deberá tener extremo cuidado en rediseñar y volver a implementar los cambios sugeridos en los modelos conceptuales.
Implementación de los cambios	En caso de que algún cambio haya sido sugerido y diseñado, este deberá implementarse en común acuerdo de todos los integrantes de la CPA, para luego volver a contrastar con la realidad, y en caso de requerir nuevamente algún ajuste, realizarlo.	

Fuente: Elaboración propia con base en Salas, Morales, Tejeida y Moreno (2021)

Es importante resaltar que esta propuesta metodológica engloba el problema que queremos estudiar; sin embargo, el trabajo realizado hasta el momento solo nos ha permitido interpretar a detalle las tres primeras etapas y estamos en proceso de análisis de las siguientes fases.

Como parte de las actividades de esta investigación, se efectuó un taller dirigido a profesores de matemáticas de nivel superior con interés en adquirir nuevas técnicas de colaboración entre pares y que están dispuestos a desarrollar materiales didácticos digitales que permitan mejorar su práctica docente. Por la dinámica propia de la pandemia de la enfermedad por coronavirus de 2019 (covid-19), todas las actividades se realizaron en una modalidad virtual a través de la cual se trabajó de manera sincrónica y asincrónica con los docentes. Se tuvieron tres fases cruciales para el desarrollo del trabajo colaborativo e individual de los profesores: 1) diagnóstico, para conocer a la población participante; 2) elaboración de situaciones de aprendizaje mediante el uso de recursos didácticos digitales, y 3) conclusión, en donde se presentaron los resultados y acuerdos finales de la comunidad.

Para generar la contrastación de los modelos conceptuales con la realidad, en las sesiones sincrónicas se siguieron algunos de los principios del modelo de integridad (Beer, 1994). Este modelo está orientado a la generación de consensos y la articulación de intereses en donde se organizan procesos de comunicación, en especial sistemas sociotécnicos, a través de cinco etapas: 1) apertura, en la cual se presenta el plan de trabajo y se invita a participar activamente entorno a éste; 2) agenda de trabajo, cada participante es motivado a utilizar su imaginación, creatividad, conocimientos y experiencias, de tal manera que se generen soluciones a la problemática planteada; 3) asignación de grupos de trabajo, es la etapa vital del proceso de integridad en donde cada participante elige tópicos a tratar en las sesiones; 4) trabajo en temas específicos, cada tema a tratar debe contar con docentes que estén a favor y en contra del tópico a estudiar, de tal manera que se genere consenso, al cual se le llamará *postulado integrístico*; finalmente, 5) la etapa de conclusiones, es la presentación final de los acuerdos logrados en las reuniones (Beer, 1994).

Con base en lo anterior, se generaron los instrumentos de investigación (anexo) y se interpretaron mediante tres esquemas de codificación: 1) para comprender las respuestas de los participantes a lo largo del taller, 2) para examinar las propuestas de enseñanza que implementan con sus estudiantes y 3) para capturar oportunidades de aprendizaje en las CPA. Dichos esquemas se desarrollaron bajo un proceso de refinamiento iterativo entre el análisis y síntesis de la enseñanza de los profesores y los elementos descritos en las reuniones.

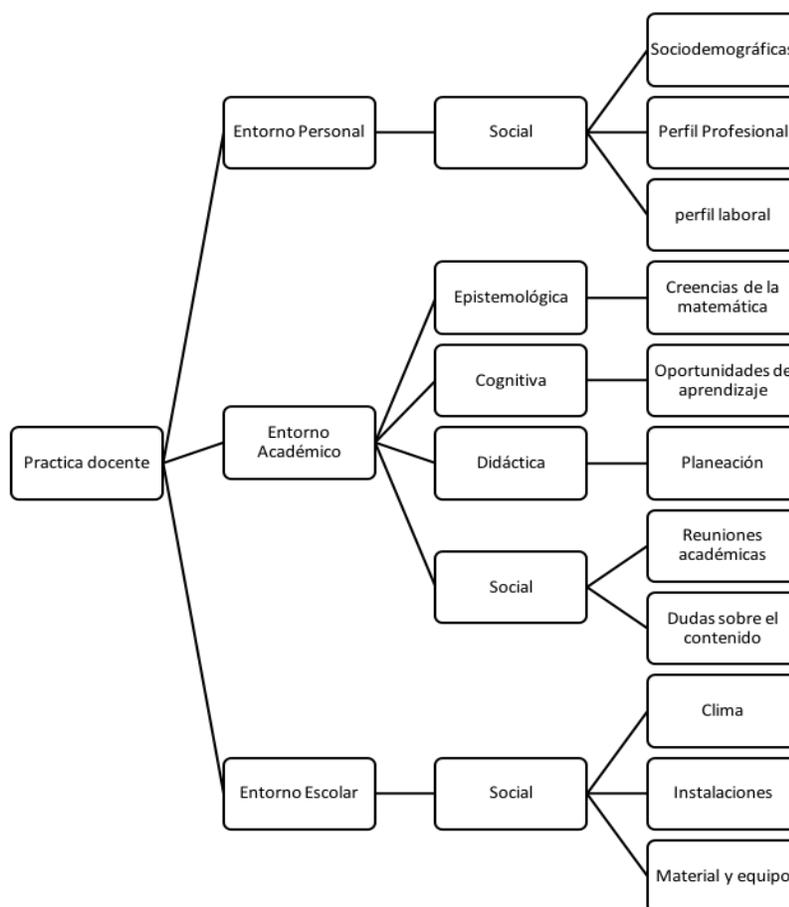
## Resultados

### Fase 1: Problema no estructurado

Como se indicó en la tabla 3, en esta fase no es explícita o evidente la existencia de una problemática en el entorno escolar en donde los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje trabajan de forma aislada, atendiendo a los objetivos del currículo de manera individualizada.

Para conocer y describir a la población docente participante en la acción de formación, en esta etapa se aplicó un cuestionario de contexto que permitió detectar técnicas de impartición de clase, hábitos de colaboración entre pares y los índices de aprobación y reprobación de sus alumnos. Para estudiar y comprender la práctica docente, consideramos la clasificación propuesta por Salas (2012), la cual abarca tres entornos: *personal*, *académico* y *escolar*. Estos ambientes permitirán detectar las acciones que rigen la práctica docente dentro y fuera del aula, como se muestra en la figura 2.

**Figura 2. Práctica docente**



Fuente: Salas (2012)

## Entorno personal

Estudiar las características propias del docente proporciona información específica acerca de su postura como profesional de la educación; además, advierte de los posibles campos de mejora y perfeccionamiento. Por esta razón, es indispensable para esta investigación indagar el contexto en el cual el docente se desenvuelve.

En el taller se contó con la participación de 13 docentes, de los cuales 23 % eran mujeres y 77 % hombres. Todos contaban con estudios de licenciatura, 62 % los realizó en matemáticas y 38 % en ingeniería. Aunado a este grado, 77 % de los participantes contaban con estudios de maestría, de los cuales 40 % se especializó en el área de matemáticas, 40 % en educación y 20 % en ingeniería u otras. Finalmente, solo uno de los participantes cuenta con estudios de doctorado en el área de matemáticas.

El promedio de años de servicio como docentes participantes era de 16 años; 38 % de los participantes tenía entre 21 y 30 años de servicio frente a grupo. La mayoría de los profesores conoce el modelo educativo institucional de su lugar de trabajo y lo tiene en consideración en la planeación de sus clases y actividades.

Todos los docentes participantes se encuentran en constante actualización, esto es, toman cursos de formación y actualización al menos una vez al año, lo cual hace referencia a un buen interés por parte de estos en mantenerse en formación constante.

## Entorno académico

La práctica docente, en general, se ve reflejada por las acciones que se implementan en el salón de clases, sin embargo, el quehacer del docente no se limita al aula. Para el profesor es ineludible echar mano de recursos que no necesariamente pertenecen al ámbito educativo. Estos medios le ayudan a planear las actividades que efectuará frente a sus estudiantes, y así anticipar las consecuencias de estas actividades para, finalmente, verificar si se están logrando los objetivos planteados o no.

Por lo anterior, es de suma importancia indagar acerca de las acciones que el profesor ejerce para planear sus clases, administrar los recursos educativos que emplea, establecer cómo proceder cuando tenga dudas acerca de algún tema en específico, determinar si registra o no los avances de su clase y saber cómo es que valida lo que está enseñando.

El rango de unidades de aprendizaje que imparten y han impartido los docentes es bastante robusto: álgebra, geometría, trigonometría, cálculo diferencial, cálculo integral, cálculo vectorial, probabilidad, estadística, métodos numéricos, ecuaciones diferenciales, así

como variable compleja. De esto podemos suponer un alto grado de especialización en matemáticas de los docentes. Además, es importante señalar que estas unidades de aprendizaje están enfocadas a una formación estudiantil en su mayoría de ingeniería.

Las creencias de los docentes acerca de la matemática permean la forma en la que los docentes preparan, aplican y evalúan las actividades que realizan en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje de las unidades que imparten (Ernest, 1989; Salas, 2012).

Por un lado, 77 % de los profesores participantes refieren que la matemática es:

Un campo de creación e invención continua, por lo cual sus resultados están abiertos a una revisión constante que dependen del contexto sociocultural y científico. Su núcleo está conformado por estructuras conceptuales, que permiten el entrelazado de conceptos y tópicos, así como los procedimientos matemáticos específicos y las estrategias generales.

Por otro lado, 23 % de los participantes refieren que la matemática es:

Un núcleo conformado por los resultados de carácter utilitario, cuya veracidad y existencia no están sujetas a discusión; estos resultados son entendidos como un grupo de reglas y herramientas, sin una vinculación teórica, ni práctica determinada. El objetivo del conocimiento matemático es el desarrollo de otras ciencias y técnicas.

Respecto a cómo se debe enseñar la matemática, la mayoría de los profesores concuerdan en que se debe tener un buen canal de comunicación con los estudiantes, esto es, que los contenidos se presenten de forma clara, sencilla y precisa, sin dejar de lado la rigurosidad que la asignatura requiere. Además, es importante incorporar elementos tecnológicos y herramientas digitales, yendo de lo más sencillo a lo complejo. Según la opinión de los involucrados, se requiere que el estudiante asuma un rol activo y participativo que le permita construir su propio conocimiento con la ayuda del docente, esto con la finalidad de lograr los objetivos de aprendizaje establecidos.

Dado que deseamos conocer la dinámica de trabajo entre pares, es que se establecieron varias preguntas para interpretar el trabajo colaborativo entre los docentes, de los cuales cerca de 50 % se reúne cada semestre para abordar temas tales como rendimiento académico de los alumnos y diseño de estrategias para mejorarlo; sin embargo, será importante ahondar en este tema en las sesiones que se tendrán con los participantes.

Para la preparación de clases, los docentes participantes hacen uso de libros especializados en matemáticas, y en pocas ocasiones utilizan revistas especializadas.

Respecto al uso de tecnología, se apoyan de *software* especializado como Mathematica, Matlab y Geogebra. Debido a la situación de pandemia, la mayoría de los docentes ha utilizado la plataforma Classroom para realizar sus actividades escolares.

Ya en las sesiones con sus estudiantes, los docentes siempre explican el tema a estudiar, abordan ejercicios contextualizados a una situación real y frecuentemente piden a los alumnos establecer estrategias para resolver ejercicios. Siempre atienden dudas y alientan a sus alumnos a que pregunten en caso de tenerlas. Aunado a lo anterior, también refieren que, por lo regular, verifican que el estudiante haya comprendido los temas tratados. En este último punto, la evaluación juega un papel importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A continuación, se interpretan las respuestas de los docentes respecto a este rubro.

Diversas opiniones se tienen respecto a lo que es la evaluación, sin embargo, la mayoría de los docentes refieren que “es un proceso continuo que permite verificar si el estudiante ha aprendido y asimilado los temas vistos” y que su principal función es “evidenciar las áreas de oportunidad de cada alumno”. La mayoría de los docentes aplica la propuesta de evaluación del programa de estudios vigente que imparten y realizan adecuaciones con base en el desempeño grupal. Las herramientas de evaluación más utilizadas por los docentes son: exámenes abiertos y cerrados, portafolios de evidencias, tareas individuales y grupales, así como el planteamiento de problemas formulados por los docentes.

### **Entorno escolar**

El indagar cuestiones concernientes al entorno escolar permitirá conocer la atmósfera social en la cual el profesor realiza sus actividades de trabajo. Para interpretar a detalle la práctica docente es necesario reconocer qué percepciones tienen los docentes respecto a su área laboral. Cabe resaltar que el entorno escolar está permeado por diferentes variables que afectan directa o indirectamente a todos los actores del sistema educativo, y que esto ejerce una influencia sobre cómo opera una unidad académica.

En general, los docentes participantes refieren una buena relación con sus estudiantes, colegas y directivos, de quienes, frecuentemente, permiten comentarios o aportaciones acerca de su práctica en el aula. Asimismo, comentan que el mobiliario en las instalaciones es bueno y que las instalaciones se mantienen higiénicas. El servicio de biblioteca es apropiado y cuentan con espacios individuales de trabajo en buen estado; lo

único que podría considerarse como un área de oportunidad es el acceso a internet, ya que refieren que es de baja calidad.

## Fase 2: problema expresado

Las sesiones sincrónicas con los profesores permitieron hacer evidente ante la comunidad la necesidad de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Los docentes pusieron sobre la mesa problemáticas asociadas a su práctica docente y que influyen en la forma en la que imparten sus clases; tal es el caso del trabajo aislado, individualizado. Uno de los participantes comentó:

La mayoría de los aquí presentes tenemos una formación matemática básica y desde esa perspectiva se nos enseñó a trabajar en solitario, creo que eso es una gran influencia en nuestras clases y en cómo nos relacionamos con otros profesores de matemáticas. Por esta razón son muy importantes este tipo de espacios, en donde podemos trabajar con otros colegas en la propuesta de estrategias de enseñanza, ver qué me funciona a mí y qué le funciona al otro.

También se interpretó la actuación del estudiante en su propia formación académica, en específico se tuvieron los siguientes puntos de vista:

Creo que los estudiantes deberían tener una participación activa en la construcción de su aprendizaje matemático, exponiendo los temas y resolviendo los problemas que sus compañeros expositores plantearan al resto del grupo. A mí no me ha funcionado, pero creo que así debería de ser.

Asimismo: “Debe saber escuchar para entender y aportar con el aprendizaje autónomo, sin perder la figura de profesor”. Y por último: “Un rol activo, de diálogo abierto con el docente”.

La interacción entre los participantes fue fundamental para establecer situaciones de aprendizaje en las cuales se tuvieran claros los objetivos del tema a estudiar, analizar y sintetizar, la secuencia didáctica a implementar, así como los resultados que se quieren tener. Para ello, cada docente realizó la elección de recursos didácticos digitales, estableció estrategias de enseñanza y seleccionó formas de evaluación.

Todos los docentes aportaron situaciones de aprendizaje para diferentes temas en matemáticas, tales como funciones lineales, optimización de funciones, división de polinomios, elementos de geometría analítica y ecuaciones diferenciales. Como recursos didácticos digitales, en su mayoría, se implementaron videos educativos y blogs. Es

importante señalar que estas situaciones de aprendizaje están por implementarse con los estudiantes, por esa razón aún no contamos con datos acerca de su efectividad en el aula; sin embargo, el trabajo colaborativo realizado por los docentes participantes fue muy beneficioso, y sin duda ha abonado a fomentar una cultura de colaboración entre pares.

### Fase 3: definiciones raíz

Recordemos que una definición raíz desmenuza el objetivo principal del sistema, esto es, para lograr un objetivo específico se requiere de ciertos procesos de transformación para llegar a la meta. Considerando los elementos interpretados e integrados en la tabla 3, los seis factores CATWOE y los resultados de las sesiones con los docentes encontramos que para *garantizar que el estudiante aprenda* los actores del sistema (docentes y autoridades escolares) deben estar conscientes de que el mejoramiento del rendimiento académico de los clientes (estudiantes) es prioridad; para ello, será necesario contar con los recursos académicos y de infraestructura que les permitan transformar sus propuestas de enseñanza. Les corresponde a los actores del sistema (autoridades escolares) fomentar una *cultura de colaboración docente* a través de la creación de espacios en los cuales los clientes (docentes) puedan reflexionar, cuestionar y mejorar su práctica docente mediante el trabajo colaborativo. Para contribuir al proceso de *mejoramiento de resultados y el cumplimiento de los objetivos*, creemos necesario que los actores (docentes y autoridades escolares) del sistema atiendan las necesidades de aprendizaje de los clientes (estudiantes) a través de la implementación de situaciones de aprendizaje que sean elaboradas en comunidad.

### Discusión

Con base en el planteamiento teórico adoptado en esta investigación y los resultados obtenidos, hemos podido identificar varios elementos de la MSS y CPA que abonan al mejoramiento de la práctica docente. El estudio de las primeras tres fases de la MSS propuestas por Checkland (2001) nos permitió darle estructura sistémica a lo que los docentes ya realizan en el aula: desde aceptar la existencia del problema e interpretarlo de una forma ordenada hasta describir las definiciones raíz del sistema, así como sus interrelaciones. Como lo refiere Little (2002), Ell y Major (2019) y Alhanachi, de Meijer, y Severiens (2021), es importante orientar el trabajo colaborativo entre los docentes hacia el mejoramiento de la calidad del aprendizaje. De las interacciones con los participantes observamos que expresan

problemáticas comunes al momento de enseñar matemáticas, y que el trabajo que realizan individualmente para la planeación de clases, elaboración de material didáctico, así como el establecimiento de situaciones de aprendizaje, tiene mejores resultados si socializan estas propuestas con sus pares. De las sesiones de trabajo y los resultados del cuestionario de contexto se aprecia que los docentes están en la mejor disposición de mejorar su práctica docente, sin embargo, es de suma importancia tratar de explorar los diferentes tipos de discurso propuestos por Popp y Goldman (2016), ya que ayudan a establecer adecuadamente las normas de interacción y de organización en la CPA, y con ello aminorar las situaciones de conflicto, en especial las referentes a cuestiones políticas y de toma de decisiones de las autoridades escolares, también reportadas en Alhanachi *et al.* (2021).

Con base en lo reportado por Ell y Major (2019), en el momento en que los participantes comienzan a interactuar es cuando se ven reflejadas ciertas dificultades asociadas al liderazgo y confianza entre pares. En las sesiones de trabajo también es que nos enfrentamos a estas situaciones, esto es, al inicio los docentes se mostraron un poco cerrados a participar o evaluar las propuestas de sus compañeros, sin embargo, estas actitudes fueron cambiando poco a poco en cada sesión consecutiva.

Varias investigaciones (Alhanachi *et al.*, 2021; Holmlund, Deuel, Slavit y Kennedy, 2010; King, 2014; Liu, Lu, y Yin, 2022) continúan haciendo énfasis en proporcionar facilidades a los participantes de una CPA para que esta sea fructífera, en lo cual también coincidimos. Según los resultados del cuestionario de contexto aplicado y de las sesiones de trabajo, los docentes tienen interés en mejorar su práctica docente y echan mano de los recursos que su institución les proporciona, por lo cual sentirse acompañados y respaldados en el proceso es factor de motivación para mejorar su entorno académico y laboral.

Según Huijboom *et al.* (2021), la importancia de un facilitador, la implementación de la investigación, así como la capacidad de entablar diálogo son tres factores que se consideran importantes para el aprendizaje colectivo en una CPA. En nuestro caso, la figura de un facilitador fue crucial para realizar las sesiones de trabajo con los docentes, así como exponer y sintetizar las dos primeras fases de la MSS, identificar el problema no expresado y posteriormente hacerlo visible para la comunidad. Sin embargo, dos puntos importantes a considerar son la incorporación de la investigación como crecimiento profesional de los participantes, así como establecer técnicas para mejorar la comunicación y llegar a facetas de diálogo fructíferas y con el menor riesgo de conflicto.

## Conclusiones

La inclusión del Paradigma Sistémico por medio de la MSS en la propuesta de las CPA en la educación universitaria nos ha permitido establecer las bases teóricas para proponer una metodología que ha permeado en el quehacer del profesor universitario de matemáticas; en efecto, se ha promovido la reflexión de la práctica docente como detonante del éxito académico de los alumnos.

La forma de trabajo docente ha estado cambiando progresivamente, sí, pero de una manera estable, a fin de no crear conflicto entre los participantes. Los agentes de cambio deberán ganarse la confianza de los receptores con el objetivo de que todos los involucrados puedan desempeñar su tarea, por lo cual deberán compartir un sistema de valores y expectativas que aseguren el consentimiento y la aprobación de las propuestas a implementarse. La creación de nuestra CPA se ha dado poco a poco y con muchos esfuerzos de todos los participantes; hasta el momento hemos realizado diversas actividades en las cuales se hace presente el gran interés de los docentes por mejorar la forma en la que imparten clases de matemáticas.

La interpretación de los textos estudiados en esta investigación muestra que el grado o nivel de reflexión al que llegan los miembros de la CPA es fundamental para proponer cambios significativos, y con ello lograr una renovación del actuar docente y estudiantil en el aula de clases. El incursionar en la creación y funcionamiento de una CPA no es un trabajo sencillo, requiere de compromiso por parte de las autoridades educativas, los docentes y los alumnos, de tal manera que se genere una cultura de cooperación y de organización que propicie el trabajo colegiado y el aprendizaje entre pares.

Asimismo, el desarrollo de una CPA es efectivo para promover la calidad de la enseñanza, por lo que todos los actores del sistema deberán ser conscientes de que la responsabilidad del éxito de los estudiantes es compartida y que no solo depende del desempeño del docente. A través del desarrollo e implementación de este tipo de metodologías podemos hacer mucho por enseñar a nuestros alumnos a convertirse en profesionales excepcionales.

## **Futuras líneas de investigación**

El desarrollo de las CPA respalda el aprendizaje de los estudiantes, genera crecimiento profesional y contribuye a un sistema educativo continuo y sostenible (Schneider y Kipp, 2015; Stoll *et al.*, 2006; Vescio *et al.*, 2008). Sin embargo, construir una CPA es un proceso complejo y requiere de una comprensión profunda de la dinámica que existe en ella, así como de los desafíos asociados con el trabajo colaborativo y las responsabilidades compartidas (Fulton y Britton, 2011; Schneider y Kipp, 2015; Stoll *et al.*, 2006). Por lo cual, seguir aportando a esta corriente teórica desde el contexto de la educación superior es uno de nuestros principales intereses.

Adicional a lo anterior, consideramos pertinente integrar plenamente los postulados y principios del modelo de integridad de equipos propuesto por Beer (1994) al enfoque metodológico propuesto en la parte de contrastación de los modelos conceptuales con la realidad, con miras a facilitar la organización de procesos de comunicación y gestionar la complejidad en sistemas sociotécnicos como el estudiado. Esto permitirá construir una mejor dinámica en las sesiones con el equipo de docentes que conforman las CPA. Además, según lo reportado por Hernández y Castillo (2017), la autoevaluación del desempeño influye positivamente en el espacio laboral, por lo cual resulta interesante añadir el elemento de autoevaluación de la práctica docente en las sesiones de trabajo de la CPA.

### **Agradecimientos**

Este artículo está soportado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), mediante el proyecto de investigación No. 20221492 otorgado por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN.

## Referencias

- Alhanachi, S., de Meijer, L. A. and Severiens, S. E. (2021). Improving culturally responsive teaching through professional learning communities: A qualitative study in Dutch pre-vocational schools. *International Journal of Educational Research*, 105, 1-11. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101698>.
- Beer, S. (1994). *Beyond Dispute: The Invention of Team Syntegrity*. England: John Willey y Sons.
- von Bertalanffy, L. (2018). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Cezarino, L. O., Liboni, L. B., Oliveira, M. F. and Caldana, A. C. F. (2016). Soft Systems Methodology and Interdisciplinarity in Management Education. *Systems Research and Behavioral Science*, 33(2), 278-288. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/sres.2383>.
- Checkland, P. (2000). Soft systems methodology: a thirty year retrospective. *Systems Research and Behavioral Science*, 17(S1), S11-S58.
- Checkland, P. (2001). *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester, United Kingdom: Wiley.
- Davis, A. P., Dent, E. B. and Wharff, D. M. (2015). A Conceptual Model of Systems Thinking Leadership in Community Colleges. *Systemic Practice and Action Research*, 28(4), 333-353. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11213-015-9340-9>.
- Dogan, S., Pringle, R. and Mesa, J. (2016). The impacts of professional learning communities on science teachers' knowledge, practice and student learning: a review. *Professional Development in Education*, 42(4), 569-588. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/19415257.2015.1065899>.
- Dooner, A.-M., Mandzuk, D. and Clifton, R. A. (2008). Stages of collaboration and the realities of professional learning communities. *Teaching and Teacher Education*, 24(2), 564-574. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tate.2007.09.009>.
- DuFour, R. (2004). What Is a "Professional Learning Community?". *Educational Leadership*, 61(8), 6-11.
- Ell, F. and Major, K. (2019). Using activity theory to understand professional learning in a networked professional learning community. *Teaching and Teacher Education*, 84, 106-117. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.05.010>.

- Ernest, P. (1989). The impact of beliefs on the teaching of mathematics. En P. Ernest, *Mathematics teaching: The state of the art* (págs. 249-254). Londres: The Falmer Press.
- Evert, K., y Cooper Stein, K. (2022). Teachers' networked learning communities: Does collective participation matter? *Teaching and Teacher Education: Leadership and Professional Development*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.tatelp.2022.100009>
- Fulton, K. and Britton, T. (2011). STEM Teachers in Professional Learning Communities. (Executive summary). National Commission on Teaching and America's Future, Washington.
- Hernández, G. del J., y Castillo, S. E. (2017). Adquisición de las competencias específicas, mediante una docencia centrada en comunidades profesionales de aprendizaje. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(15), 155-181. Recuperado de <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.295>.
- Holmlund, T., Deuel, A., Slavit, D. and Kennedy, A. (2010). Leading Deep Conversations in Collaborative Inquiry Groups. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(5), 175-179.
- Horn, I. S. (2010). Teaching Replays, Teaching Rehearsals, and Re-Visions of Practice: Learning from Colleagues in a Mathematics Teacher Community. *Teachers College Record*, 112(1), 225-259.
- Huijboom, F., Van Meeuwen, P., Rusman, E., y Vermeulen, M. (2021). Professional learning communities (PLCs) as learning environments for teachers: An in-depth examination of the development of seven PLCs and influencing factors. *Learning, Culture and Social Interaction*, 34, 1-14. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2021.100566>.
- Hurst, G. A. (2020). Systems thinking approaches for international green chemistry education. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 21, 93-97. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.004>.
- Jackson, M. C. (2003). *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*. Chichester, England: John Wiley y Sons.
- King, F. (2014). Evaluating the impact of teacher professional development: an evidence-based framework. *Professional Development in Education*, 40(1), 89-111. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/19415257.2013.823099>.

- Kordova, S., Frank, M. and Nissel, A. (2018). Systems thinking education: seeing the Forest through the trees. *Systems*, 6(3), 29. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/systems6030029> .
- Little, J. W. (2002). Locating learning in teachers' communities of practice: Opening up problems of analysis in records of everyday work. *Teacher and Teaching Education*, 18(8), 917-946. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(02\)00052-5](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(02)00052-5).
- Liu, S., Lu, J. and Yin, H. (2022). Can professional learning communities promote teacher innovation? A multilevel moderated mediation analysis. *Teaching and Teacher Education*, 109, 1-11. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103571>.
- Luong, T.-T., Huynh, V.-N. and Kim, E. (2022). A Hybrid Use of Soft Systems Methodology for Developing a Framework of Evidence-Based Teaching for Hospitality and Tourism Instructors in Vietnam. *Systemic Practice and Action Research*, 1-34. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11213-022-09609-9>.
- McLaughlin, M. W. and Talbert, J. E. (2007). Building professional communities in high schools: Challenges and promises practices. In Stoll, L. and Louis, K. S., *Professional Learning Communities: Divergence, Depth and Dilemmas* (pp. 151-165). Berkshire, England: Open University Press.
- Molderez, I. and Ceulemans, K. (2018). The power of art to foster systems thinking, one of the key competencies of education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 186, 758-770. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.120>.
- Nyemba, W. R., Carter, K. F., Mbohwa, C. and Chinguwa, S. (2019). A systems thinking approach to collaborations for capacity building and sustainability in engineering education. *Procedia Manufacturing*, 33, 732-739. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.092>.
- Parra, J. D. (2022). Decentralisation and school-based management in Colombia: An exploration (using systems thinking) of the Full-Day Schooling programme. *International Journal of Educational Development*, 91. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2022.102579>.
- Paschalidou, K., Salta, K. and Koulougliotis, D. (2022). Exploring the connections between systems thinking and green chemistry in the context of chemistry education: A scoping review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 29. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100788>.

- Pham, D. T. and Jaaron, A. A. M. (2018). Design for Mass Customisation in Higher Education: A Systems-Thinking Approach. *Systemic Practice and Action Research*, 31, 293-310. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11213-017-9426-7>.
- Popp, J. and Goldman, S. (2016). Knowledge building in teacher professional learning communities: Focus of meeting matters. *Teaching and Teacher Education*, 59, 347-359. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.06.007>.
- Ramírez, A., Cardoso, P. and Tejeida, R. (2020). A Methodological Proposal for the Complementarity of the SSM and the VSM for the Analysis of Viability in Organizations. *Systemic Practice and Action Research*, 34, 331-357. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11213-020-09536-7>.
- Ramos Gonçalves, D., y Vieira da Silva, M. (2019). Formación de profesores e identidad profesional: la contribución del trabajo colaborativo en educación. *Profesorado*, 23(2), 359-376. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i2.9691>
- Salas, E. (2012). *Un estudio de las creencias e implicaciones de evaluación educativa en matemáticas de secundaria*. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Salas, E., Morales, O., Tejeida, R. y Moreno, J. J. (2021). Hacia el diseño de una metodología sistémica para generar comunidades profesionales de aprendizaje con docentes universitarios de matemáticas. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 34(1), 103-112.
- Schneider, A. and Kipp, K. H. (2015). Professional growth through collaboration between kindergarten and elementary school teachers. *Teaching and Teacher Education*, 52, 37-46. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.08.006>.
- Shahabi, A., Azar, A., Radfar, R. and Asadifard, R. A. (2020). Combining Soft Systems Methodology with Interpretive Structural Modeling and System Dynamics for Network Orchestration: Case Study of the Formal Science and Technology Collaborative Networks in Iran. *Systemic Practice and Action Research*, 33(4), 453-478. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11213-019-09490-z>.
- Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M. and Thomas, S. (2006). Professional Learning Communities: A Review of the Literature. *Journal of Educational Change*, 7, 221-258. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10833-006-0001-8>.
- van Gigch, J. (2016). *Teoría general de sistemas*. México: Trillas.

Vescio, V., Ross, D. and Adams, A. (2008). A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and Teacher Education*, 24(1), 80-91. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tate.2007.01.004>.

## Anexo

### Cuestionario de contexto

- 1) ¿Cuál es su sexo?
  - a) Hombre
  - b) Mujer
- 2) ¿Cursó estudios de licenciatura o ingeniería?
  - a) Sí
    - i. ¿En qué área del conocimiento cursó sus estudios de licenciatura?
  - b) No
- 3) ¿Cursó estudios de maestría?
  - a) Sí
    - i. ¿En qué área del conocimiento cursó sus estudios de maestría?
  - b) No
- 4) ¿Cursó estudios de doctorado?
  - a) Sí
    - i. ¿En qué área del conocimiento cursó sus estudios de doctorado?
  - b) No
- 5) ¿Cuál es su escuela de adscripción?
- 6) ¿Cuántos años de servicio tiene frente a grupo en el Instituto Politécnico Nacional (IPN)?
- 7) ¿Conoce el Modelo Educativo Institucional (MEI) del IPN vigente?
- 8) ¿Toma cursos o talleres de capacitación enfocados a la docencia?
  - a) ¿Con qué frecuencia?
    - i. Cada semestre
    - ii. Cada año
    - iii. Cuando ofertan un curso de mi interés
- 9) ¿Qué asignaturas de matemáticas ha impartido?
- 10) Usted considera que la matemática es una ciencia cuyas características son:
  - a) Ser un campo de creación e invención continua, por lo cual sus resultados están abiertos a una revisión constante que dependen del contexto socio cultural y científico. Su núcleo está conformado por estructuras conceptuales, que permiten el entrelazado de conceptos y tópicos, así como los procedimientos matemáticos específicos y las estrategias generales.
  - b) Ser un cuerpo de conocimiento estático, preexistente, dotado de una estructura lógica, que le otorga un carácter objetivo, absoluto y universal. El objetivo perseguido por la creación del conocimiento matemático es su desarrollo; que aun cuando se esté consciente de sus posibles aplicaciones, se desarrollan de manera independiente respecto a ellas.

- c) Tener un núcleo conformado por los resultados de carácter utilitario, cuya veracidad y existencia no están sujetas a discusión; estos resultados son entendidos como un grupo de reglas y herramientas, sin una vinculación teórica, ni práctica determinada. El objetivo del conocimiento matemático es el desarrollo de otras ciencias y técnicas.

11) Desde su perspectiva, ¿cómo se debe enseñar la matemática?

12) ¿Cuál cree que debe ser el rol del estudiante en el salón de clases?

13) ¿Con qué frecuencia se reúne con sus compañeros de trabajo (profesores de matemáticas) para dialogar acerca de?

**Tabla 4.** Frecuencia con la que se reúne con sus compañeros

	Cada quince días	Cada mes	Cada semestre	Nunca
Diseño de situaciones de aprendizaje para aplicar con sus estudiantes.				
Intercambiar libros, revistas, videos, etc., que ayuden a planear sus clases de matemáticas.				
Rendimiento académico de sus estudiantes y cómo mejorarlo.				

Fuente: Elaboración propia

14) ¿Utiliza el programa de estudio de las asignaturas que imparte para estructurar sus clases?

15) ¿Con qué frecuencia utiliza los siguientes recursos educativos para preparar sus clases?

**Tabla 5.** Frecuencia con la que utiliza recursos educativos

	Siempre	Casi siempre	Casi nunca	Nunca
Libros especializados				
Revistas especializadas				
Wiki				
Blogs				
YouTube				
Ambientes educativos virtuales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Classroom</li> <li>• Moodle</li> <li>• MOOC</li> </ul>				
Programas computacionales (Matlab, Mathematica, etc)				

Fuente: Elaboración propia

16) ¿Con qué frecuencia realiza las siguientes acciones cuando tiene dudas sobre un contenido o tema a abordar en el salón de clases?

**Tabla 6.** Acciones que realiza cuando tiene dudas sobre un contenido o tema a abordar en el salón de clases

	Siempre	Casi siempre	Casi nunca	Nunca
Busca información en Internet				
Consulta libros especializados				
Pregunta a sus compañeros de trabajo				
Omite el tema				

Fuente: Elaboración propia

17) Durante su clase de matemáticas, ¿con qué frecuencia realiza las siguientes actividades?

**Tabla 7.** Frecuencia de actividades realizadas en el salón de clase

	Siempre	Casi siempre	Casi nunca	Nunca
Explica el tema				
Explica ejercicios de aplicación del tema a situaciones cotidianas				
Pasa al pizarrón a los/las alumnos/as				
Pide a sus estudiantes planteen estrategias para resolver ejercicios en clase				
Atiende dudas				
Alienta a sus alumnos/as a preguntar lo que no entiendan				
Verifica que todos los/as alumnos/as hayan comprendido el tema.				

Fuente: Elaboración propia

- 18) Para usted, ¿qué es la evaluación?
- 19) ¿Cuál cree que es la principal función de la evaluación?
- 20) ¿Aplica la propuesta de evaluación del programa de estudios vigente?
- 21) ¿Qué tipo de evaluación implementa?
- 22) ¿Da a conocer explícitamente a sus alumnos la forma en que usted los evaluará durante el curso?
- a) Sí
  - b) No
- 23) ¿Con qué frecuencia utiliza los siguientes instrumentos para evaluar el desempeño académico de sus estudiantes?

**Tabla 8.** Frecuencia de implementación de instrumentos de evaluación

	Siempre	Casi siempre	Casi nunca	Nunca
Exámenes orales				
Exámenes abiertos				
Exámenes cerrados (opción múltiple)				
Portafolios de evidencia				
Bitácora de observación				
Lista de cotejo				
Rúbricas				
Autoevaluación				
Coevaluación				

Fuente: Elaboración propia

24) ¿Con qué frecuencia pide a sus estudiantes lo siguiente?

**Tabla 9.** Actividades solicitadas a los estudiantes

	Cada clase	Cada semana	Cada mes	Cada semestre	Nunca
Tareas individuales					
Tareas grupales					
Ensayos					
Proyectos de investigación					
Resolver problemas formulados por usted o por otros autores					

Fuente: Elaboración propia

25) Si un alumno presenta bajo rendimiento académico, ¿qué suele hacer? (se puede elegir más de una opción)

- a) Habla con él o ella
- b) Le deja tareas adicionales
- c) Le dedica tiempo adicional (asesoría)
- d) No suele hacer algo especial

26) Si un alumno presenta un alto rendimiento académico, ¿qué suele hacer? (se puede elegir más de una opción)

- a) Le integra para que ayude a sus compañeras/os
- b) Le deja tareas adicionales

- c) Le dedica tiempo adicional (asesoría)
- d) No suele hacer algo especial

27) ¿Qué reconocimiento otorga a sus estudiantes cuando obtienen buenos resultados?

28) ¿Con qué frecuencia solicita que le hagan comentarios o aportaciones sobre su práctica docente?

**Tabla 10.** Comentarios sobre su práctica docente

	Muy frecuentemente	Frecuentemente	Rara vez	Nunca
Estudiantes				
Colegas				
Directivos				

Fuente: Elaboración propia

29) ¿Cómo calificaría el apoyo de los siguientes aspectos del entorno escolar a su práctica docente?

**Tabla 11.** Aspectos del entorno escolar

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Las normas y la disciplina de la escuela				
La propuesta pedagógica de la escuela				
Su relación con las/los estudiantes				
Su relación con las/los docentes				
Su relación con las/los presidentes de academia				
Su relación con las autoridades de su unidad académica				

Fuente: Elaboración propia

30) Respecto a la infraestructura de su centro de trabajo, ¿cómo calificaría lo siguiente?

**Tabla 12.** Infraestructura del centro de trabajo

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Mobiliario del salón de clases				
Aseo general de la escuela				
Biblioteca				
Aulas de cómputo				
Acceso a internet				
Cubículos				

Fuente: Elaboración propia

### **Sesiones virtuales sincrónicas con los docentes (modelo de integridad)**

En esta investigación requerimos conformar y consolidar una CPA que esté interesada en conocer integralmente la problemática del aprovechamiento y rendimiento académico de sus estudiantes, de tal manera que de las sesiones de trabajo virtuales sincrónicas se generen propuestas que sienten las bases para lograr el objetivo de crear los 12 postulados. Por ello, es que se tuvo la siguiente agenda de trabajo con los docentes participantes:

**Tabla 13.** Agenda de trabajo

Sesión	Actividad
1	Bienvenida, encuadre y presentación de resultados del instrumento de contexto
2	Análisis del rol del docente en la formación académica de los estudiantes
3	Análisis del rol del estudiante en su propia formación académica
4	Análisis del rol de las autoridades de la unidad académica en los índices de aprobación/reprobación en matemáticas
5	Propuesta de interacción entre los participantes para establecer planeaciones didácticas
6	Desarrollo de actividades a implementar en el salón de clases
7	Elección de recursos didácticos digitales
8	Establecer estrategias de enseñanza
9	Selección de estrategias de evaluación
10	Estrategias de implementación de las actividades en el salón de clases
11	Análisis de los resultados de cada participante
12	Estrategias para mejorar los resultados obtenidos
13	Conclusiones

Fuente: Elaboración propia