



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,  
Volumen 10, Número 3.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v10i3](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3)

# **MARCO DE TRABAJO PARA LA INTEGRACIÓN DE LA AUTORREGULACIÓN DEL APRENDIZAJE EN EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL**

**FRAMEWORK FOR INTEGRATING SELF-REGULATED  
LEARNING INTO THE DEVELOPMENT OF  
COMPUTATIONAL THINKING**

**Paulo César Coronado-Sánchez**  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

## Marco de Trabajo para la Integración de la Autorregulación del Aprendizaje en el Desarrollo del Pensamiento Computacional

Paulo César Coronado-Sánchez<sup>1</sup>

[paulocoronado@udistrital.edu.co](mailto:paulocoronado@udistrital.edu.co)

Doctorado Interinstitucional en Educación  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Colombia

### RESUMEN

El desarrollo del pensamiento computacional (PC) en estudiantes de primeros semestres de ingeniería sigue siendo limitado, en parte porque la autorregulación del aprendizaje (ARA) no se incorpora de manera intracurricular en la formación inicial en ciencias de la computación. A esto se suma la irrupción de la inteligencia artificial generativa, que permite producir artefactos técnicos sin que el estudiante transite por procesos de comprensión conceptual y seguimiento metacognitivo. En este artículo se reportan los aportes de una investigación doctoral que interpretó, desde una práctica educativa situada, las propiedades de una experiencia educativa en ciencias de la computación, que articula PC y ARA. El estudio se inscribió en el paradigma sociocrítico y adoptó la Investigación-Acción Educativa (IAE) con un diseño mixto CUALI-cuanti. Se desarrolló entre 2024 y 2025 en tres macrociclos semestrales subdivididos en seis microciclos, con tres docentes coinvestigadores y nueve grupos de estudiantes en una universidad pública colombiana. La triangulación se sostuvo en una red de catorce instrumentos cualitativos, sociotécnicos y cuantitativos. El aporte central es el marco SUA, modelo sociohistórico organizado en dieciséis dominios distribuidos en siete estratos epistemológicos y articulado en cuatro capas (servir, hacer, organizacional y motivación). El estudio documenta cuarenta transformaciones de la práctica educativa agrupadas en nueve categorías analíticas, que reconfiguran los operadores de mesogénesis, topogénesis, cronogénesis y contrato didáctico de la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta. SUA se ofrece como una traza interpretativa apropiable mediante adaptación reflexiva, no como una prescripción transferible.

**Palabras clave.** pensamiento computacional, autorregulación del aprendizaje, didáctica de las ciencias de la computación, investigación-acción educativa, marco sua, cambio didáctico docente

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [paulocoronado@udistrital.edu.co](mailto:paulocoronado@udistrital.edu.co)

# Framework for Integrating Self-Regulated Learning into the Development of Computational Thinking

## ABSTRACT

The development of computational thinking (CT) among first-year engineering students remains limited, partly because self-regulated learning (SRL) is not incorporated within the curriculum of introductory computing courses. This is compounded by the emergence of generative artificial intelligence, which enables students to produce technical artefacts without traversing the conceptual understanding and metacognitive monitoring that CT requires. This article reports the contributions of a doctoral study that interpreted, from a situated educational practice, the properties of an educational experience in computer science that articulates CT and SRL. The study was grounded in the sociocritical paradigm and adopted Educational Action Research (EAR) with a mixed-methods QUALI-quantitative design. It was carried out between 2024 and 2025 across three semester macrocycles subdivided into six microcycles, with three teacher co-researchers and nine student groups at a Colombian public university. Triangulation was sustained by a network of fourteen qualitative, sociotechnical and quantitative instruments. The central contribution is the SUA framework, a sociohistorical model organised into sixteen domains distributed across seven epistemological strata and articulated through four layers (serving, doing, organisational and motivation). The study documents forty transformations of educational practice grouped into nine analytical categories, which reconfigure the mesogenesis, topogenesis, chronogenesis and didactic contract operators of the Joint Didactic Action Theory. SUA is offered as an interpretive trace that can be appropriated through reflexive adaptation, not as a transferable prescription.

**Keywords.** computational thinking, self-regulated learning, didactics of computing, educational action research, sua framework, teacher didactic change.

*Artículo recibido 25 marzo 2026  
Aceptado para publicación: 25 abril 2026*



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo del pensamiento computacional (PC) constituye una competencia clave para el desempeño profesional en ingeniería y para la participación ciudadana en una sociedad atravesada por tecnologías digitales. El PC es un pensamiento de orden superior caracterizado por la capacidad de descomponer problemas, abstraer sistemas, reconocer patrones, modelizar y razonar algorítmicamente. No obstante, la literatura ha documentado que los estudiantes de primeros semestres universitarios, particularmente en cursos iniciales de ingeniería, presentan desarrollos limitados en este tipo de pensamiento, lo que dificulta su desempeño académico y su motivación hacia el estudio de las ciencias de la computación (Aguilera et al., 2025; Cheng y Osman, 2025).

A su vez, varios trabajos (Beyazhancer, 2026; Peteranetz et al., 2021) han mostrado que los estudiantes con mayores competencias en autorregulación del aprendizaje (ARA) presentan mejores desempeños asociados con el PC. Esta relación evidencia que desarrollar este tipo de pensamiento no depende únicamente de ejecutar procedimientos técnicos, sino que implica planificar estrategias de solución, hacer seguimiento a errores, ajustar representaciones, evaluar alternativas y sostener el esfuerzo ante problemas. Desafortunadamente, en estos procesos, los estudiantes de primeros semestres de ingeniería también suelen presentar debilidades (David et al., 2024).

A esto se suma que, aunque las estrategias de ARA son susceptibles de ser enseñadas (Karlen et al., 2023; Sáez-Delgado et al., 2022), los investigadores reportan que un grupo significativo de docentes de ingeniería tiene un conocimiento limitado tanto del contenido acerca de la ARA como del conocimiento didáctico para promoverla (Bruna et al., 2023). Esta situación limita la capacidad de los docentes para diseñar actividades didácticas que integren la autorregulación del aprendizaje en tareas computacionales. Como consecuencia, la ARA queda al margen de la práctica educativa, pues no aparece incorporada de manera explícita en los lineamientos curriculares o en los acuerdos microcurriculares de las asignaturas iniciales de ciencias de la computación.

En el contexto colombiano, la dificultad adquiere una forma particular. Aunque la investigación sobre ARA muestra una trayectoria creciente en el país, su abordaje ha sido transversal a distintas áreas del conocimiento, con pocos casos en los que se integre de manera situada en la formación inicial en ciencias de la computación (Mahecha et al., 2024).



Por tanto, es necesario comprender cómo la autorregulación del aprendizaje debe ser abordada desde las prácticas educativas asociadas a las ciencias de la computación, para obtener los beneficios que se describen en la literatura.

A esto se suma el fenómeno de la inteligencia artificial generativa, que está reconfigurando la enseñanza y el aprendizaje de introducción a las ciencias de la computación, en especial lo relacionado con los generadores de código. Teniendo en cuenta que estas herramientas permiten producir artefactos técnicos sin transitar necesariamente por procesos de comprensión conceptual, seguimiento metacognitivo y aprendizajes significativos, los estudiantes tienden a subvalorar la tarea y los docentes se ven obligados a transformar su práctica para que el aprendizaje se aparte de lo técnico e instrumental y se acerque a un enfoque que exija el desarrollo del PC. Vale aclarar que el riesgo formativo no reside en el uso de las herramientas en sí mismas, sino en su incorporación acrítica. En consecuencia, este escenario, lejos de hacer prescindible la ARA, parece intensificar su necesidad (Jose et al., 2025).

La tensión central que articula esta investigación es la necesidad de transformar la práctica educativa en ciencias de la computación para integrar la ARA de manera intracurricular y fortalecer su relación con el desarrollo del PC. Para ello, se requiere interpretar, de manera situada, cuáles son las propiedades de la experiencia educativa que emergen, se estabilizan y adquieren sentido cuando la comunidad transforma su propia práctica.

Esta investigación se fundamenta en la necesidad de interpretar y modelar, desde la transformación de una práctica educativa concreta, la relación que existe entre pensamiento computacional, autorregulación del aprendizaje y la didáctica de las ciencias de la computación. En general, se justifica abordar esta necesidad porque persisten problemáticas que pueden ser sobrepasadas si se integra efectivamente el ARA dentro del currículo específico, conforme a lo encontrado en las investigaciones ya reseñadas. En la actualidad, son pocos los trabajos que trabajan esta sinergia y la sistematización de los hallazgos podría contribuir a una mejor comprensión del enfoque. Además, el desarrollo desde la IAE ofrece un caso fundamentado que permite entender la investigación en el aula de ciencias de la computación no como un esfuerzo temporal, sino como una propiedad connatural a toda práctica cuyo eje sean los proyectos de desarrollo de software.



De manera complementaria, la relevancia profesional del estudio está en la responsabilidad que tiene el docente de ciencias de la computación frente a la formación inicial de ingenieros. Por su posición como mediador entre el saber disciplinar, las actividades de aprendizaje y los criterios de evaluación, el docente no puede limitar su práctica a la exposición de contenidos, lenguajes, procedimientos y productos técnicos. El desarrollo del pensamiento computacional exige que el estudiante aprenda a planificar, monitorear, justificar, revisar y regular su propio proceso de aprendizaje; por ello, el docente debe configurar mediaciones, actividades y formas de evaluación que hagan visible la relación entre los contenidos computacionales, las estrategias de autorregulación y las formas de pensamiento que se espera desarrollar. Desde esta perspectiva, la tesis aporta criterios para comprender la configuración intracurricular de la ARA, el uso de situaciones didácticas basadas en proyectos en diálogo con Brousseau y con la teoría de la acción didáctica conjunta de Sensevy y Mercier (2007), y el cambio didáctico docente como tránsito hacia prácticas más fundamentadas, en la tradición de Astolfi (1994), Develay (1992) y Mosquera (2011).

Desde una perspectiva social y contextual, esta tesis se inscribe en la formación pública de ingenieros en Colombia y reconoce que las dificultades iniciales en el aprendizaje de las ciencias de la computación no constituyen un problema académico individual, sino que configuran un mecanismo de exclusión disciplinar, teniendo en cuenta que los estudiantes ingresan con trayectorias formativas desiguales y no siempre encuentran en la universidad un entorno propicio que les permita comprender, regular y sostener su aprendizaje. En este sentido, la universidad pública, por su función social, tiene la responsabilidad de crear las condiciones para que no se reproduzcan esas desigualdades. Además, la ingeniería, por su papel en la producción de sistemas que median la vida social deben formar profesionales con competencias de pensamiento superior (crítico y computacional) que les permitan desarrollar una conciencia del aprender a aprender de manera autorregulada. En este contexto, los docentes, por su posición aún hegemónica en la práctica educativa, tienen la responsabilidad de aproximarse críticamente a la reducción del aprendizaje computacional a sus dominios técnico-operativos.



## **Preguntas de investigación**

La pregunta general (PG) que orientó el estudio fue la siguiente. ¿Cuáles son las propiedades fundamentales que debe tener una experiencia educativa que favorezca la autorregulación de las estrategias de aprendizaje necesarias para promover cambios hacia el pensamiento computacional?

De ella se derivaron tres preguntas subsidiarias. La PS-1 indagó qué elementos deben ser considerados en los currículos dedicados a la formación de ingenieros para fomentar la enseñanza de la autorregulación de las estrategias de aprendizaje requeridas para el desarrollo de competencias relacionadas con el pensamiento computacional. La PS-2 preguntó qué características debe tener la evaluación del aprendizaje para que se pueda hacer seguimiento a la autorregulación del aprendizaje como soporte para el desarrollo de competencias de pensamiento computacional. La PS-3 indagó qué cambios didácticos en el docente deben promoverse para viabilizar un programa intracurricular orientado a la promoción de la autorregulación de las estrategias de aprendizaje de las ciencias de la computación.

## **Objetivos**

El objetivo general (OG) consistió en definir los elementos fundamentales que debe tener una experiencia educativa que favorezca la autorregulación de las estrategias de aprendizaje necesarias para promover cambios hacia el desarrollo del pensamiento computacional desde el estudio de las ciencias de la computación.

Tres objetivos específicos articulan el propósito general. El OE-1 consistió en determinar un conjunto de componentes curriculares con capacidad de fomentar la enseñanza de la autorregulación de las estrategias de aprendizaje requeridas para el desarrollo de competencias relacionadas con el pensamiento computacional. El OE-2 buscó definir un conjunto de características que debe tener la evaluación del aprendizaje para que se pueda hacer seguimiento a la autorregulación del aprendizaje como soporte al desarrollo de competencias de pensamiento computacional. Y el OE-3 se planteó comprender el cambio didáctico en los docentes que participan en un programa intracurricular orientado a la promoción de la autorregulación de las estrategias de aprendizaje de las ciencias de la computación.



## **Aporte central**

El aporte central de esta tesis es un marco de trabajo denominado SUA, concebido como modelo sociohistórico de la interpretación que una comunidad investigadora hizo de una práctica educativa situada en proceso de transformación, orientada a articular el pensamiento computacional y la autorregulación del aprendizaje en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la computación. En esta condición, el marco SUA configura los significados que en esa práctica emergieron —los decires—, las acciones y transformaciones que allí sucedieron —los haceres—, las formas de relacionarse entre docentes y estudiantes —las relaciones— y las circunstancias culturales-discursivas, materiales-económicas y sociopolíticas que sostuvieron la práctica —los arreglos— (Kemmis et al., 2014).

El marco no fue concebido como modelo a priori cuya validez debiera ser comprobada por los datos, sino que se construyó siguiendo el modelo iterativo que fomenta la IAE. En este sentido, en cada ciclo semestral, constituido por dos microciclos, se introdujeron nuevas sistematizaciones que reconfiguraban el marco, y dado que en cada cierre de ciclo se resaltaron las transformaciones ocurridas, este análisis generó, modificó o desplazó elementos dentro del marco. A raíz de esto, la forma actual de SUA tiene un carácter sedimentario, pues conserva en su estructura el historial de decisiones, ajustes y formalizaciones que se sucedieron a lo largo de todos los ciclos de IAE. De esto se desprende que SUA sea una traza documentada, sistematizada e interpretativa del proceso de transformación de la práctica y, al mismo tiempo, una fuente de los recursos, ideas y recomendaciones que facilitaron tal transformación, considerando la perspectiva de la comunidad que la vivenció, interrogó y reorientó mediante la acción y la reflexión crítica (Freire, 2011).

El marco aporta, además, la interpretación colectiva del cambio didáctico docente como dimensión constitutiva de la integración PC-ARA. Se evidenció que la IAE creó las condiciones para que los docentes participantes interrogaran críticamente sus prácticas, explicitaran sus supuestos epistemológicos y didácticos, y reconocieran los límites de las formas clásicas de enseñanza basadas en la cátedra docente, la ejecución procedimental basada en ejemplos y la falsa premisa de que es el docente quien controla el contenido. Como aporte, se documentaron los desplazamientos progresivos en la práctica docente hacia una comprensión más crítica y situada de la enseñanza, con un enfoque hacia la centralidad en el estudiante y articulándola a proyectos situados que fomentaran el pensamiento



computacional. Desde esta perspectiva, esta tesis reafirma la premisa de que enseñar ciencias de la computación no debe reducirse a transmitir procedimientos o a conocer un determinado lenguaje o paradigma de programación, sino que implica la construcción de pensamiento computacional y el fomento de la autorregulación del aprendizaje para aumentar las posibilidades de agencia formativa de los actores. En este sentido, aunque SUA no se propone como una didáctica general de las ciencias de la computación, sí aporta a ese campo al hacer explícito un conjunto de condiciones, mediaciones y transformaciones que permiten interpretar la enseñanza y el aprendizaje del PC desde su relación con la ARA y el cambio didáctico del docente.

## **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico ofrece los referentes desde los cuales se interpreta la práctica educativa que dio origen al marco SUA. Su función no es presentar un estado del arte exhaustivo, sino explicitar las categorías que permiten leer la relación entre autorregulación del aprendizaje, pensamiento computacional, didáctica de las ciencias de la computación y cambio didáctico docente. Estos referentes se movilizan porque la práctica estudiada no involucra únicamente el aprendizaje de contenidos computacionales, sino también la regulación del propio aprendizaje, la construcción de formas específicas de pensamiento, la mediación didáctica del saber y la transformación de los supuestos docentes que orientan la enseñanza.

La autorregulación del aprendizaje se considera desde la convergencia entre el modelo cíclico de Zimmerman (2000, 2002) y la formulación de Pintrich (2000), permitiendo identificar las estrategias de autorregulación cognitiva, metacognitiva, motivacional-afectiva y de gestión de recursos durante la ejecución de la tarea. Por su parte, el pensamiento computacional se concibe desde Wing (2006) y desde el marco operacional de Brennan y Resnick (2012), en diálogo con referentes de competencias en ciencias de la computación (CC2020 Task Force, 2020; Washizaki, 2025). En esta investigación, el PC no se interpreta como simple habilidad de programación, sino como forma de razonamiento que se expresa en la descomposición de problemas, la abstracción, la modelización, la identificación de patrones, el razonamiento algorítmico y la producción justificada de artefactos computacionales.

Por su parte, la didáctica de las ciencias de la computación se aborda desde referentes que cumplen funciones diferenciadas. Por una parte, Shulman (1986, 1987), Magnusson et al. (1999), Park y Oliver



(2008), Hubbard (2018) y Yadav et al. (2016) permiten interpretar el conocimiento didáctico del contenido como saber especializado del docente para transformar el saber disciplinar en objeto enseñable, y desde Chevallard (1991) se comprende la transposición didáctica como selección y transformación del saber, mientras que Tall y Vinner (1981) aportan la distinción entre definición formal e imagen personal del concepto. Estos referentes permiten interpretar cómo un contenido de las ciencias de la computación deja de ser objeto disciplinar y se convierte en objeto de enseñanza, de aprendizaje y de evaluación dentro de una práctica situada.

Para analizar críticamente la acción didáctica, esta tesis se apoya en la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC) de Sensevy y Mercier (2007). Sus operadores de mesogénesis, topogénesis y cronogénesis permiten interpretar cómo se reconfiguran el medio didáctico y las posiciones de docentes y estudiantes dentro de la temporalidad de la enseñanza motivada. Así, la TADC resulta central para analizar las transformaciones documentadas en la práctica, porque permite observar cómo cambian los objetos puestos en juego, las responsabilidades asumidas por los actores y los tiempos de regulación, retroalimentación y producción de artefactos.

De manera complementaria, el cambio didáctico docente se interpreta desde Astolfi (1994), Develay (1992) y Mosquera (2011) como desplazamiento desde formas de actuación poco explicitadas hacia prácticas fundamentadas, reflexivas y abiertas a revisión crítica. Este eje es central porque la integración entre ARA y PC no depende únicamente del diseño de actividades, instrumentos o recursos, sino de la transformación de los supuestos desde los cuales el docente se enfrenta al saber computacional para dirigir su enseñanza, evaluación y promover la agencia del estudiante. En consecuencia, el cambio didáctico no se trata como resultado accesorio, sino como una condición de posibilidad del docente para que la autorregulación del aprendizaje pueda integrarse de manera intracurricular.

Finalmente, la perspectiva del aprendizaje situado de Lave y Wenger (1991) sostiene la lectura del marco como saber producido por una comunidad situada. Freire (2011) y Kemmis et al. (2014) permiten ubicar la investigación en una perspectiva crítica, emancipatoria y orientada a la transformación de la práctica. En conjunto, estos referentes operan como matriz interpretativa para leer las transformaciones de la práctica educativa y su sedimentación en los dominios, capas, procesos, servicios, actores, relaciones y arreglos del marco SUA.



**Tabla 1** Articulación de los referentes teóricos con los dominios del marco SUA

Eje teórico	Referentes principales	Dominios SUA
Autorregulación del aprendizaje	Zimmerman (2000, 2002); Pintrich (2000); Weinstein y Mayer (1986)	P-3, P-12, P-13
Pensamiento computacional y competencias	Wing (2006); Brennan y Resnick (2012); CC2020 (2020); Washizaki (2025)	P-4, P-5, P-7
Didáctica y CDC	Shulman (1986, 1987); Magnusson et al. (1999); Hubbard (2018); Yadav et al. (2016); Chevallard (1991); Tall y Vinner (1981); Peirce (1986)	P-8, P-9, P-10, P-11
Acción didáctica conjunta	Sensevy y Mercier (2007)	P-10, P-14
Cambio didáctico del docente	Astolfi (1994); Develay (1992); Mosquera (2011)	Transversal a P-8 - P-11
Aprendizaje situado y comunidad de práctica	Lave y Wenger (1991); Freire (2011); Kemmis et al. (2014)	P-1, P-2 y estructura del marco como saber situado

Nota. Los códigos P-1 a P-16 corresponden a los dieciséis dominios del marco SUA descritos en la sección 4.2.

## METODOLOGÍA

### Paradigma e Investigación-Acción Educativa

La investigación se inscribe en el paradigma sociocrítico (Anderson y Herr, 2007; Carr y Kemmis, 1986; Popkewitz, 1988). Debido a esto, la realidad educativa no se concibe como estructura externa que el investigador observa, sino como un sistema histórico y socialmente configurado en donde la práctica educativa es una praxis histórica, situada y socialmente mediada, con capacidad de ser transformada para superar sus problemáticas conforme al nivel de agencia que tengan los que en ella intervienen. Por estas características, se adoptó la Investigación-Acción Educativa (IAE), entendida desde la investigación-acción crítica participativa, como método de investigación. En este tipo de investigación, la indagación se sitúa en la práctica no solo para producir conocimiento acerca de ella, sino para orientar transformaciones reflexivas y deliberadas (Kemmis, McTaggart y Nixon, 2014). La IAE se desarrolló por una comunidad de investigación situada de docentes y estudiantes que organizó microciclos iterativos de problematización, planificación, acción, observación y reflexión, operando no como fases secuenciales, sino como dimensiones simultáneas y recursivas. Como estrategia para facilitar la apropiación de la IAE dentro de la práctica educativa, se propuso una articulación de los procesos de la IAE con las disciplinas de la ingeniería de software, constituyendo una contribución metodológica.

En este modelo, la problematización se asimila con los requerimientos, la planificación con la arquitectura, la acción con la construcción, la observación con la verificación y validación, y la reflexión con las pruebas, evaluación y despliegue. De esta manera, los docentes que participaron asociaban el proceso de IAE que estaban considerando al mapear con la disciplina que estuviesen transitando en los casos de uso didácticos.

### **Criterios de calidad y rigor**

La IAE requiere criterios de calidad propios. Los criterios de la investigación experimental resultan inadecuados para valorar un proceso que no busca relaciones causales universales, sino comprender y transformar prácticas situadas. El estudio adoptó siete criterios como principios reguladores del diseño desde el inicio, esto es, rigor práctico (coherencia entre propósitos, decisiones e instrumentos), validez dialógica (justificación intersubjetiva mediante deliberación colectiva), validez catalítica (capacidad para estimular reflexión crítica y aprendizaje colectivo), validez transformativa (capacidad del marco para incorporar aprendizajes emergentes), trazabilidad (rastros documentales continuos), reflexividad (atención a supuestos y decisiones del investigador) y auditabilidad (transparencia de razones y decisiones). Los siete criterios operaron como principios reguladores del diseño y no como lista de verificación al cierre.

### **Diseño, contexto y temporalidad**

El estudio adoptó un diseño mixto CUALI-cuanti (Creswell y Plano Clark, 2018). El componente cualitativo constituyó el eje desde el cual se problematizaron las prácticas, se interpretaron sus transformaciones y se tomaron decisiones sobre la evolución del marco. De manera complementaria, el componente cuantitativo aportó información para caracterizar dimensiones del proceso formativo, sin asumir lógica experimental en una visión orientada a la conexión, triangulación y complementariedad. Esto conllevó que las decisiones de análisis de resultados se tomaran en deliberación intersubjetiva con base en triangulación crítica y no en uno u otro componente por separado. El estudio se organizó en tres macrociclos semestrales desarrollados entre febrero de 2024 y junio de 2025, con duración total de diecisiete meses. Cada macrociclo correspondió a un semestre académico y se subdividió en dos microciclos —seis en total— asociados a las unidades didácticas estructuradas en torno a proyectos de aula.



El estudio se desarrolló en una universidad pública colombiana en cursos de introducción a las ciencias de la computación dirigidos a estudiantes de primer semestre de ingeniería. El profesorado participante estuvo conformado por tres docentes —D1, D2 y D3— vinculados de manera continua durante los tres macrociclos. La participación estudiantil se organizó por cohorte semestral, con tres grupos por macrociclo que sumaron nueve grupos a lo largo del estudio.

Conviene una clave de lectura sobre la temporalidad del estudio que se mantendrá vigente a lo largo del documento. La práctica docente-investigativa, esto es, los tres docentes coinvestigadores, los instrumentos del sistema, los protocolos de análisis y el marco SUA, siguió una trayectoria acumulativa de refinamiento entre  $\mu C1$  y  $\mu C6$ . La participación estudiantil, en cambio, no fue continua, ya que los tres grupos del macrociclo 1 fueron cohorte distinta de los del macrociclo 2, que a su vez fueron cohorte distinta de los del macrociclo 3. Los seis microciclos no deben leerse como continuidad longitudinal de los mismos estudiantes, sino como tres bloques sucesivos donde cada bloque comienza con cohorte nueva. En consecuencia, en los microciclos impares — $\mu C1$ ,  $\mu C3$  y  $\mu C5$ — tendieron a reaparecer estados iniciales semejantes en los estudiantes, mientras que la práctica docente-investigativa no sufrió regresión alguna sino que continuó refinándose. La estabilización es producto del refinamiento acumulativo de las mediaciones docentes operando sobre cohortes que arrancan en condiciones similares a las primeras.

### **Sistema de instrumentos**

El sistema de instrumentos se diseñó como una red de evidencias para triangular la interpretación de la práctica educativa y sus transformaciones. Su potencia no reside en la acumulación de instrumentos, sino en la posibilidad de contrastar lo dicho por los actores, lo realizado en la práctica, lo registrado en los entornos sociotécnicos y lo valorado mediante instrumentos académicos, autorregulatorios y de desempeño. Esta arquitectura permitió observar la práctica desde planos complementarios, esto es, los sentidos atribuidos por docentes y estudiantes, las decisiones tomadas en cada microciclo, las huellas materiales de participación y producción técnica, los patrones autorreportados de autorregulación, los desempeños asociados con pensamiento computacional y los resultados académicos situados.

La selección, adaptación y creación de instrumentos respondió a la necesidad de hacer observables dimensiones de la práctica que no podían ser captadas por una única fuente de información. Algunos



instrumentos fueron retomados de referentes consolidados, otros fueron adaptados al contexto de la formación inicial en ciencias de la computación y otros fueron construidos durante la investigación, como parte del proceso de sistematización de la experiencia. En conjunto, el sistema permitió sostener las decisiones de inclusión, ajuste, reconfiguración, exclusión, consolidación y diferimiento mediante las cuales el marco SUA se fue construyendo a lo largo de los microciclos.

**Tabla 2** Instrumentos empleados en el estudio

Código	Línea de evidencia	Técnica	Instrumento/Artefacto	Función metodológica
C1	Cualitativa	Escritura reflexiva	Diario de experiencia / aprendizaje	Trazar tensiones, decisiones, supuestos, aprendizajes; sostener reflexividad.
C2	Cualitativa	Reflexión analítica	Registro de análisis reflexivo	Explicitar justificaciones, dilemas, cambios propuestos.
C3	Cualitativa	Producción narrativa	Video-narrativas	Capturar significados, autointerpretaciones y agencia.
C4	Cualitativa	Deliberación colectiva	Tertulia Pedagógica Dialógica	Abrir espacio comunicativo para problematizar prácticas.
C5	Cualitativa	Entrevista en profundidad	Entrevistas semiestructuradas	Profundizar en condiciones, mediaciones y consecuencias.
C6	Cualitativa	Observación / documentación	Registro de clase / notas de campo	Describir lo dicho, hecho y relacionado en la práctica real.
C7	Cualitativa	Evaluación formativa	Informe de proyecto/producto de	Justificar decisiones; narrar proceso; evidenciar aprendizaje situado.
GC-1	Gestión del ciclo	Diagnóstico	Informe de diagnóstico del ciclo	Sintetizar situación problemática y focos de mejora.
GC-2	Gestión del ciclo	Planificación del ciclo	Plan de acción del ciclo	Explicitar hipótesis prácticas, acciones y riesgos.
S1	Sociotécnica	Análítica de participación	Registros de actividad en LMS	Caracterizar mediaciones, participación y ritmo de trabajo.
S2	Sociotécnica	Análítica de desarrollo	Repositorios de software	Evidenciar compromiso, colaboración y autorregulación.
Q1	Cuantitativa	Cuestionario	MSLQ, LASSI, EMA, Inventario ARA-CC	Diagnóstico y seguimiento de dimensiones motivacionales y de SRL.
Q2	Cuantitativa	Evaluación estructurada	Rúbricas de pensamiento computacional	Valorar desempeños comparables dentro del ciclo.
Q3	Cuantitativa	Instrumentos académicos	Evaluaciones institucionales	Apoyar lectura contextual del desempeño académico.

Nota. El sistema no opera como suma de instrumentos independientes, sino como red de evidencias complementarias. La triangulación crítica se realizó contrastando lo dicho, lo hecho, lo registrado y lo evaluado en cada microciclo.

## **Análisis de datos**

El análisis de datos se desarrolló de manera iterativa, en correspondencia con la lógica reflexiva de la IAE. Las evidencias producidas en la práctica fueron los insumos para interpretar tensiones, contrastar decisiones y reconocer desplazamientos en la práctica o alguno de sus aspectos. En general, el análisis se orientó por criterios de situacionalidad, reflexividad, triangulación contextual, revisabilidad y deliberación pública. Cada tipo de instrumento fue analizado conforme a la técnica que fuera afín. Por ejemplo, las tertulias pedagógicas dialógicas, pertenecientes a C4, consideraron el análisis del discurso y los videos de live coding se analizaron por segmentos narrativos.

La revisión progresiva del marco SUA fue una operación analítica central. En cada microciclo, las evidencias permitieron valorar los componentes del marco, así como decidir su inclusión, exclusión o adaptación. Estas operaciones se basaron en decisiones sustentadas con respecto a las tensiones identificadas, las evidencias trianguladas y la deliberación de la comunidad investigadora. De este modo, el análisis favoreció la sedimentación progresiva de SUA desde el saber producido en la práctica y sus transformaciones.

## **Aspectos éticos y limitaciones**

En esta investigación, el tratamiento de la información se fundamentó en la confidencialidad, la mínima intrusividad y la devolución crítica. A este respecto, la confidencialidad se formalizó mediante consentimiento informado y se implementó con la anonimización de todos los registros, empleando códigos aleatorios, asignados de manera automatizada. Por otra parte, la mínima intrusividad —es decir, el evitar saturar con actividades propias de la investigación— se procuró integrando la recolección de evidencias al desarrollo ordinario de las situaciones didácticas, y la devolución crítica se realizó mediante espacios de deliberación en los que las interpretaciones fueron contrastadas con la comunidad participante.

La relación docente-estudiante exigió cuidados adicionales. Primero, la participación en el componente investigativo fue voluntaria y revocable, y segundo, la evaluación académica se mantuvo separada del uso investigativo de las evidencias. Por ejemplo, un repositorio bien organizado podría tener una alta valoración académica, pero un mínimo valor investigativo dada su baja entropía. Por esta razón, durante los microciclos, las evidencias se emplearon de manera pedagógica, agregada o formativa para orientar



la práctica, sin afectar la calificación ni la participación investigativa de los estudiantes. El análisis individualizado con fines de reporte se realizó después del cierre académico correspondiente.

## **RESULTADOS**

### **Lógica de los resultados**

En esta investigación, los resultados no son hallazgos desde una observación neutral externa ni vienen desde una intervención diseñada externamente. En coherencia con el paradigma sociocrítico y con la IAE adoptada, se reportan como interpretaciones situadas de la comunidad de investigación a través de los tres ciclos del estudio.

### **Marco SUA**

#### *Naturaleza del marco*

El marco SUA es un modelo sociohistórico de la interpretación que una comunidad investigadora hizo de una práctica educativa situada y transformadora, orientada a articular el pensamiento computacional y la autorregulación del aprendizaje en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la computación. Configura los significados que en esa práctica emergieron —los decires—, las acciones y transformaciones que allí sucedieron —los haceres—, las formas de relacionarse —las relaciones— y las circunstancias culturales-discursivas, materiales-económicas y sociopolíticas —los arreglos— (Kemmis et al., 2014). Es el conocimiento explícito que posee la comunidad investigadora acerca de su práctica educativa. Su desarrollo iterativo definió varias versiones que apoyan la hermenéutica no solo del estado actual del marco, sino también de su evolución, característica que la comunidad asume como propiedad principal, esto es, dejar huellas para soportar interpretaciones ulteriores de una práctica educativa históricamente definida. El nombre SUA alude a la deidad muisca asociada al sol, la creación y la tierra como fundamento de la existencia humana, y no a una sigla.

#### *Estructura del marco*

El marco se organizó considerando quién lo configuró —actores—, qué referentes son de interés —agrupados en dominios—, qué se hace dentro de él —procesos— y qué ofrece a la comunidad —servicios—. Esta organización en cuatro capas articuladas —del servir, del hacer, organizacional y de motivación— se mantuvo en las versiones posteriores y constituye la estructura del marco al cierre del estudio.



La primera versión intentó una representación unificada del sistema de la práctica, donde un único esquema debía dar cuenta simultáneamente de sus dimensiones pedagógicas, organizacionales, materiales y discursivas. Los límites de esa estrategia se hicieron evidentes cuando la comunidad comenzó a formular preguntas que el esquema unificado no podía responder sin saturarse. La forma actual de SUA es sedimentaria, en tanto conserva capas sucesivas de decisiones, ajustes y formalizaciones, y los componentes que en una etapa temprana se trataron de manera intuitiva fueron progresivamente formalizados. Bajo esta perspectiva, el marco se entiende mejor como traza materializada del proceso investigativo que como producto terminado.

En SUA, un concepto es una unidad que integra los decires y entenderes que sobre un elemento ha elaborado la comunidad de investigación. Un elemento aparece en el marco como concepto desplegado en tres planos interpretativos. El primero es el plano de la definición, donde la selección de unos referentes de las ciencias de la computación entre los muchos posibles —acto interpretativo y nunca neutral (Chevallard, 1991)— constituye los entenderes disciplinares. El segundo es el plano didáctico, donde el docente decide cómo poner esa definición en circulación y constituye los entenderes didácticos y los decires. Y el tercero es el plano del significado, donde se elabora la propia interpretación del elemento, distinción que recoge la diferencia formulada por Tall y Vinner (1981) entre la definición formal del concepto y la imagen personal del concepto. Esta tridivisión semiótica encuentra sostén en la tríada de Peirce (1986), esto es, signo, objeto e interpretante. Este desdoblamiento del concepto permite abordar una problemática habitual en el aprendizaje de las ciencias de la computación que tiende a colapsarlo en su correlato evaluable más visible, por ejemplo, reducir el concepto de clase a escribir una clase en un lenguaje específico, operación que puede ejecutarse sin que el elemento haya sido efectivamente conceptualizado.

### **Dominios y estratos**

Los conceptos del marco SUA se organizan en dieciséis dominios que delimitan aspectos de la práctica educativa, agrupados en siete estratos epistemológicos. Cada dominio se caracteriza por su función predominante —teórica, práctica u operativa—. La agrupación tiene un objetivo representativo y no sustenta fronteras rígidas entre estratos o dominios. Los dominios no constituyen un sistema cerrado, sino un estado acordado del conocimiento que la comunidad de investigación tiene sobre su práctica.



No son prescriptivos, ya que solo pueden ser apropiados si se someten a un tratamiento crítico-reflexivo que sopesa su valor dentro del contexto en el cual se pretenden emplear.

**Tabla 3** Dominios del marco SUA por estrato

Estrato	Dominios	Función dentro del marco SUA
Fundacional	P-1 Corrientes Teóricas; P-2 Teorías Específicas	Proveer el sustrato epistemológico para comprender aprendizaje, práctica y transformación
Modelos	P-3 Modelos de Aprendizaje; P-4 Modelo de Competencias; P-5 Modelo de Resultados; P-6 Modelos de Evaluación	Traducir referentes teóricos en estructuras formativas, evaluativas y de seguimiento
Contenido formativo	P-7 Contenidos	Delimitar los saberes de ciencias de la computación, PC y ARA en juego
Mediación didáctica	P-8 Enfoques Didácticos; P-9 Conocimiento Didáctico del Contenido	Orientar la transformación del saber disciplinar en saber enseñable
Aspectos didácticos	P-10 Prácticas Docentes; P-11 Técnicas de Enseñanza	Organizar la acción docente, el contrato didáctico y las mediaciones de enseñanza
Aspectos formativos	P-12 Estrategias de ARA; P-13 Técnicas de Estudio	Describir la actividad autorregulatoria y los procedimientos de estudio del estudiante
Sociotécnico-instrumental	P-14 Casos de Uso Didácticos; P-15 Espacios de Interacción; P-16 Mediadores Materiales	Materializar la práctica en proyectos, entornos, artefactos y recursos abiertos

Nota. La elaboración extensa de cada dominio se desarrolla en el documento de tesis. Los códigos P-1 a P-16 operan a lo largo de toda la síntesis.

### Capas del marco

La capa del servir describe el conjunto de prestaciones que la práctica educativa pone a disposición de sus participantes. Un servicio educativo no se reduce a un contenido enseñado ni a un proceso desplegado. Es una capacidad vivencial puesta a disposición de los participantes, sostenida por uno o varios procesos de la capa del hacer y prestada por uno o varios actores de la capa organizacional. La capa del hacer describe los procesos que concretan la práctica educativa, esto es, secuencias de gestos con sentido formativo cuya ejecución moviliza referentes en uno o varios dominios del saber. La capa organizacional diferencia roles —responsabilidades específicas dentro de la práctica— de actores —personas concretas que asumen esos roles—. Y la capa de motivación recoge los arreglos culturales-discursivos, materiales-económicos y sociopolíticos que legitiman la práctica (Kemmis et al., 2014).



**Tabla 4** Capas del marco SUA y sus categorías

Capa	Categorías	Función
Servir	Servicios didácticos, de aprendizaje, de apoyo socioemocional, tecnológico, académico y curricular	Hacer visibles las prestaciones que la práctica ofrece, más allá de los contenidos.
Hacer	Procesos didácticos, de aprendizaje, de apoyo socioemocional, tecnológico, académico y curricular; rutinarios, no rutinarios y cíclicos	Organizar la materialidad de los procesos en su articulación cotidiana con las situaciones formativas.
Organizacional	Roles, actores y redes (familiares, sociales, académicas, tecnológicas)	Distribuir responsabilidades entre actores; reconocer la naturaleza colectiva de la práctica
Motivación	Arreglos culturales-discursivos, materiales-económicos y sociopolíticos	Hacer visibles las condiciones de legitimidad que sostienen la práctica.

Nota. La correspondencia entre categorías de procesos y categorías de servicios no es de uno a uno. Una sesión de retroalimentación puede operar simultáneamente como proceso didáctico, socioemocional y curricular, multivalencia que reconoce que la acción didáctica situada opera en varios planos simultáneos

### Representaciones y transferibilidad

La práctica educativa es compleja y por eso el marco SUA modela elementos de naturaleza heterogénea. Sus componentes se expresan en distintos formatos según el interés de quienes interactúan con él, esto es, forma documental para quien participa en una reforma curricular, centro documental para quien recupera recursos bibliográficos, descripción arquitectónica en lenguaje formal (The Open Group, 2019) para quien quiera conocer la estructura del marco, representación ontológica (Keet, 2023) para quien requiera explorar dicha estructura con apoyo de razonadores automáticos, portal web, aula virtual especializada (Coronado-Sánchez, 2026a) y metaverso SUA (Coronado-Sánchez, 2026d) para quien se interese en escenarios de interacción, y catálogo de recursos educativos abiertos para quien desee identificar o utilizar herramientas desarrolladas por la comunidad. El Centro Documental y el subdominio de recursos educativos abiertos se incorporaron en  $\mu C3$ , y el metaverso en  $\mu C5$ , en cada caso en respuesta a tensiones específicas que las representaciones precedentes no podían procesar adecuadamente.

SUA tiene un carácter abierto tanto por la disponibilidad de un conjunto de recursos como por el uso de tecnologías libres, pero sobre todo, por su condición de marco revisable, apropiable y discutible. Sus componentes pueden ser utilizados por otras comunidades, pero no bajo la lógica de una réplica mecánica, sino desde una apropiación crítica que reconozca las condiciones históricas, institucionales,

curriculares y sociotécnicas en las que el marco fue producido, así como las diferencias del contexto en el que se pretenda emplear. Por tanto, su transferibilidad es críticamente condicionada. En consecuencia, SUA no debe entenderse como un cierre definitivo de la investigación, sino como sedimentación conceptual y operativa del trayecto recorrido. Así, su valor no consiste en prescribir cómo debe integrarse la autorregulación del aprendizaje en el desarrollo del pensamiento computacional, sino en mostrar cómo una comunidad investigadora hizo inteligible, discutible y apropiable el saber producido en una práctica que busca dicha integración.

### **Transformaciones de la práctica educativa**

La sistematización de los microciclos permitió identificar las transformaciones que sucedieron en la práctica educativa. Para facilitar su lectura, cada transformación se enuncia como un desplazamiento documentable entre un estado anterior y un estado emergente de la práctica, sostenido en datos verificables y no en inferencias sobre estados cognitivos internos. En esa misma línea, estas transformaciones constituyen las huellas que la comunidad de investigación dejó al transformar su propia práctica, y son el material empírico desde el cual el marco SUA se sedimentó como modelo sociohistórico.

Las transformaciones de los estudiantes y los docentes son diferenciales, no solo por su naturaleza sino por el hecho de que los estudiantes de los grupos rotaban cada ciclo y que los docentes participantes sí estuvieron todos los ciclos. Por esta razón, en los microciclos impares ( $\mu C1$ ,  $\mu C3$  y  $\mu C5$ ), se presentó una tendencia a reaparecer estados iniciales asociados con baja familiaridad con la autorregulación del aprendizaje, dependencia del campo, uso instrumental del código, débil apropiación de criterios evaluativos y comprensión limitada de los artefactos de ingeniería de software. Sin embargo, estos reinicios relativos no implicaron una regresión total de la práctica, puesto que los docentes-investigadores, los instrumentos, los supuestos de acción, los protocolos de análisis y el marco SUA siguieron una trayectoria acumulativa de refinamiento. En consecuencia, las transformaciones no son cambios lineales de una misma cohorte, sino estabilizaciones progresivas de la práctica educativa frente a cohortes sucesivas.



**Tabla 5** Distribución de las transformaciones por categoría analítica

Código (n)	Categoría analítica	Función dentro del catálogo
T01–T05 (n=5)	Clima del aula	Desplaza el aula de escenario de transmisión a comunidad epistémica de práctica
T06–T-11 (n=6)	Conocimiento didáctico del contenido	Documenta el desarrollo del CDC específico de las ciencias de la computación
T-12–T-16 (n=5)	Integración de andamiajes	Operacionaliza andamiajes progresivamente retirados según indicadores de PC y ARA
T-17–T21 (n=5)	Evaluación formativa	Sustituye la evaluación sumativa tardía por evaluación formativa con artefactos como evidencias de proceso
T22–T26 (n=5)	Instrumentos de evidencia de aprendizaje	Configura el ecosistema de evidencias que hace posible la evaluación formativa
T27–T31 (n=5)	Educación centrada en el estudiante autorregulador	Núcleo paradigmático, esto es, desplazamiento del centro epistémico hacia el estudiante como agente
T32–T34 (n=3)	Marco pedagógico, didáctico y de contenido	Articula la IAE como condición de posibilidad de las demás transformaciones
T35–T37 (n=3)	Proyectos de software como proyectos de aula	Constituye el proyecto de aula como dispositivo curricular central
T38–T40 (n=3)	Procesos de software articulados con la IAE	Documenta la integración operativa entre el ciclo de vida del software y el ciclo de la IAE

Nota. Las transformaciones operan en distintos niveles funcionales, esto es, transformaciones nucleares (T27–T34) que reconfiguran las posiciones epistémicas, las transformaciones derivadas (T01–T-11, T-17–T21, T35–T37) que se concretan en formas didácticas y las transformaciones instrumentales (T-12–T-16, T22–T26, T38–T40) que materializan dispositivos concretos.

El análisis del catálogo permite observar que el cambio en la práctica fue un proceso sistémico y no un conjunto de ajustes inconexos. Además, desde la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta, se puede analizar que las transformaciones reconfiguraron cuatro operadores didácticos —mesogénesis, topogénesis, cronogénesis y contrato didáctico—. Las variaciones positivas observadas en desempeño académico, autorregulación del aprendizaje y pensamiento computacional pueden interpretarse en relación con la sinergia de estas transformaciones. Estas variaciones se sostienen en evidencias trianguladas, a saber, las rúbricas calibradas de PC (Q2) aplicadas en  $\mu C2$ ,  $\mu C4$  y  $\mu C6$ , los reportes del MSLQ, LASSI, EMA y el Inventario ARA-CC (Q1) en momentos clave del semestre, las evaluaciones institucionales (Q3), las métricas de los repositorios (S2), y las evidencias cualitativas de los diarios (C2), las videonarrativas (C3) y las TPD de cierre (C4).



## Ejemplos de transformaciones representativas

Cuatro transformaciones se reseñan brevemente como ejemplos del catálogo, esto es, T05 (co-gestión del contrato didáctico), T-11 (integración pedagógica de PC, ARA y CC), T-19 (autoevaluación fundamentada) y T27 (estudiante autorregulador). El desarrollo extensivo de las treinta y seis restantes se encuentra en el material complementario (Coronado-Sánchez, 2026, Documento Transformaciones T01–T40).

T05. La co-gestión del contrato didáctico desplaza la práctica desde una distribución asimétrica del contrato —donde el docente definía unilateralmente las normas, los criterios, los tiempos y las rutas de revisión— hacia la corresponsabilidad estudiantil en normas, criterios, tiempos y compromisos. La evidencia de esta transformación tuvo en cuenta las TPD de cierre (C4), los registros de análisis reflexivo (C2) de los tres docentes y las videonarrativas de los estudiantes (C3). Asimismo, desde la TADC, esta transformación reconfiguró la topogénesis y el contrato didáctico. Es de anotar que el movimiento hacia la co-gestión no implicó simetría plena, ya que el docente conserva alta responsabilidad didáctica de los contenidos, pero comparte con el estudiante la responsabilidad del aprendizaje desde la agencia sobre ciertas condiciones de su enseñanza.

T-11. La integración pedagógica de PC, ARA y ciencias de la computación. Esta transformación se evidenció desde la rúbrica de PC, la cual fue aplicada al cierre de los microciclos  $\mu C2$ ,  $\mu C4$  y  $\mu C6$ . De ella se obtuvo que los resultados de aprendizaje relacionados con descomposición de problemas, identificación de variables e implementación mostraron valores altos desde el primer bloque y crecimiento moderado interbloques. Mientras que los resultados de aprendizaje de abstracción y generalización presentaron valores iniciales bajos en el primer bloque y crecimientos mayores en los demás. Como estrategia de triangulación, se consideraron los datos del repositorio de software (S2) y los videos de live coding (C3), donde el uso de vocabulario técnico de PC pasó del 22% en  $\mu C2$  al 38% en  $\mu C4$  y al 54% en  $\mu C6$ . La interpretación desde la TADC muestra que la transformación reconfiguró la mesogénesis y cronogénesis, afectando los dominios P-2, P-5, P-8 y P-14 del marco SUA.

T-19. La autoevaluación soportada en criterios explícitos de PC y ARA se estabilizó progresivamente entre  $\mu C3$  y  $\mu C6$ . El uso de vocabulario técnico pasó del 24% en MC-1 al 78% en MC-3, mientras que el uso de estrategias del Inventario ARA-CC pasó del 8% al 69%, la coincidencia entre autoevaluación



y heteroevaluación pasó del 41% al 74%, y la argumentación basada en evidencias del repositorio pasó del 12% al 66%. En este caso, la transformación reconfiguró el contrato didáctico, la mesogénesis y la topogénesis, afectando los dominios P-6, P-7 y P-12.

T27. El desplazamiento desde el estudiante como receptor pasivo hacia el estudiante como agente autorregulador constituye uno de los movimientos más importantes del estudio. La medición de esta transformación empleó los cuestionarios Q1 aplicados al inicio y al cierre de cada microciclo. Las cuatro subescalas de regulación exhibieron tendencia ascendente entre bloques con incrementos de 0.5 a 0.9 puntos en escala 1–7 entre MC-1 y MC-3. La subescala con mayor crecimiento fue la regulación metacognitiva, consistente con el énfasis didáctico en la explicitación del propio aprendizaje. Los datos provenientes de las videonarrativas (C3), de las TPD (C4) y de los diarios (C1) sirvieron para soportar la interpretación de esta transformación. Desde la TADC, la transformación reconfiguró la topogénesis y el contrato didáctico.

### Síntesis comparativa de los microciclos

Los seis microciclos siguieron la misma lógica metodológica —cinco procesos de la IAE como dimensiones simultáneas y recursivas, sistema de instrumentos, trazabilidad de evidencias, operaciones sobre el marco y retroalimentación dialógica—. La Tabla 6 sintetiza el foco problémico, las acciones principales, las evidencias clave, las transformaciones dominantes y el efecto sobre el marco SUA por microciclo.

**Tabla 6** Síntesis comparativa de los seis microciclos

$\mu$ C	Foco problémico	Acción principal	Evidencias clave	Transformaciones dominantes	Efecto sobre SUA
$\mu$ C1	Diagnóstico inicial heterogéneo de PC y ARA en cohorte nueva	Geocienciasvisor de Bogotá; chequeo de entrada; diario con preguntas detonantes	C1, C4, C6, C7, S1, S2, GC-1, GC-2	T01, T-17, T22, T26 (primeras mediaciones)	Emergencia de dominios iniciales; ocho operaciones sobre el marco
$\mu$ C2	Ajuste del seguimiento; articulación de retroalimentación con autorregulación	Variante geocienciasvisor (movilidad y aire); andamiajes diferenciados; rúbrica de PC	C1, C2, C3, C7, Q1, Q2, S2	T-16, T-19, T36 (evaluación formativa)	Consolidación de evaluación y resultados

<b>μC</b>	<b>Foco problemático</b>	<b>Acción principal</b>	<b>Evidencias clave</b>	<b>Transformaciones dominantes</b>	<b>Efecto sobre SUA</b>
μC3	Cohorte nueva; reaparición de estados iniciales; nueva familia de casos	Gestor de granjas urbanas; refinamiento de mediaciones; Centro Documental y REA	C1, C3, C4, S1, S2, Q1, Q2	T-18, T31 (diferenciación de apoyos)	Ajuste de procesos y servicios; cápsula μC3
μC4	Mayor trazabilidad técnica; emergencia del foco IA generativa	Materia inteligente; anexo de explicitación del uso de IA; trazas Git sistemáticas	S1, S2, C3, C6, C7	T08, T34, T37 (mediación sociotécnica)	Consolidación capa del hacer
μC5	Cohorte nueva; estados iniciales semejantes; reconfiguración de casos de uso	Asistente con IA conversacional; metaverso SUA	C3, C4, C7, Q1, Q2	T-11, T-15 (casos de uso didácticos)	Consolidación P-14; cápsula μC5 (metaverso)
μC6	Cierre y estabilización del marco	Analista de datos; sistematización final	C2, C3, C4, C7, Q1, Q2, S2	T27, T32, T39 (integración del marco)	Consolidación de la versión final del marco SUA

Nota. La aplicación de Q1 y Q2 se dirigió a μC2 por decisión de la comunidad en la planificación de μC1, ya que se privilegió la observación cualitativa en el microciclo exploratorio y la calibración de las rúbricas con base en las evidencias del propio μC1. Las videonarrativas (C3) se incorporaron a partir de μC2 con consentimiento informado renovado.

Las claves diferenciales pueden resumirse así. El macrociclo 1 (μC1–μC2) consolidó cinco condiciones del marco, esto es, la operatividad del sistema de instrumentos, la pertinencia del paradigma sociocrítico y de la IAE, la productividad del repositorio Git como mediador material, la pertinencia de los andamiajes diferenciados como técnica de enseñanza y la primera versión de la rúbrica de PC. El macrociclo 2 (μC3–μC4) consolidó tres condiciones adicionales, a saber, la transferibilidad situada de los componentes consolidados a cohortes y situaciones distintas, la incorporación del foco sobre inteligencia artificial generativa como dimensión de los dominios de casos de uso didácticos y de mediadores materiales, y la pertinencia del dispositivo de explicitación como práctica didáctica articulada con los procesos autorregulatorios. El macrociclo 3 (μC5–μC6) operó como cierre del estudio, orientando la consolidación de la versión final del marco y la verificación de sus componentes, con el metaverso SUA incorporado como espacio de interacción.

## Matriz de trazabilidad preguntas-objetivos-resultados

Esta matriz articula cada pregunta y objetivo del estudio con los hallazgos del análisis. Cumple dos funciones, esto es, ofrecer al lector una lectura sintética de cómo el estudio responde a sus preguntas y objetivos, y exponer la trazabilidad entre el problema, las evidencias instrumentales que lo abordan, las transformaciones que lo documentan, los dominios del marco SUA que lo organizan y el resultado consolidado en el aporte.

**Tabla 7** Matriz de correspondencia entre preguntas, objetivos, evidencias, transformaciones, dominios SUA y resultados

Pregunta	Objetivo	Evidencias clave	Transformaciones nucleares	Dominios SUA	Resultado consolidado
PS-1. Componentes curriculares para fomentar ARA orientada a PC	OE-1. Determinar componentes curriculares con capacidad de fomentar ARA-PC	Q2 (rúbrica PC), Q1 (Inventario ARA-CC), C7, GC-2	T-11, T35, T28, T-15	P-3, P-4, P-5, P-7, P-8, P-12, P-13, P-14	Componentes curriculares articulados, andamiajes diferenciados, casos de uso territoriales y mediaciones sociotécnicas
PS-2. Características de la evaluación para seguimiento a ARA-PC	OE-2. Definir características de la evaluación	Q2 (rúbricas calibradas), C1, C3, C7, Q1	T-17, T-19, T20, T21, T22	P-5, P-6, P-7, P-11, P-12	Cinco condiciones articuladas, esto es, formativa-procesual, especificidad evidencial, triangulación, voz del estudiante y contrato didáctico explicitado
PS-3. Cambios didácticos en el docente	OE-3. Comprender el cambio docente	C2, C4, C6, GC-1, GC-2	T05, T09, T-10, T-13, T33	P-8, P-9, P-10, P-11, P-14, P-15	Cambio didáctico como tránsito desde formas poco explicitadas hacia prácticas fundamentadas que articulan tres registros del conocimiento, esto es, contenido, didáctico para ARA y didáctico para PC
PG. Propiedades fundamentales de la experiencia educativa para ARA-PC	OG. Definir los elementos fundamentales	Triangulación entre las transformaciones y las versiones del marco	T27, T32, T39 y la sinergia de T01-T40	P-1 a P-16	Marco SUA como modelo sociohistórico con dieciséis dominios, cuatro capas, representaciones plurales y propiedades constitutivas

Nota. La matriz no establece correspondencias unívocas, ya que cada transformación afecta varios dominios y cada dominio se ve afectado por varias transformaciones. Las columnas de evidencias y transformaciones nucleares enumeran las más representativas sin agotar las que atienden cada pregunta.

Desde la Tabla 7 se pueden sostener tres afirmaciones. Primera, las tres preguntas subsidiarias se atienden con la misma estructura analítica, esto es, evidencias trianguladas que sostienen transformaciones específicas, transformaciones que reconfiguran dominios concretos del marco, y dominios que se consolidan como respuesta organizada al objetivo. Segunda, las tres preguntas subsidiarias convergen en el objetivo general, a saber, los componentes curriculares (PS-1), las características de la evaluación (PS-2) y los cambios didácticos del docente (PS-3) son tres dimensiones del mismo aporte central, el marco SUA. Y tercera, el marco SUA no opera como suma aritmética de las respuestas a las tres preguntas subsidiarias, sino como organización articulada que las hace inteligibles conjuntamente. Esta tercera afirmación es la que distingue al marco como aporte doctoral, en contraste con un eventual reporte por separado de los tres OE.

## **CONCLUSIONES**

Las conclusiones se organizan en correspondencia con los tres objetivos específicos del estudio, cierran con el cumplimiento del objetivo general y explicitan los aportes específicos, las limitaciones y las líneas de continuidad. La exposición se sostiene en las evidencias reportadas en la sección de resultados y en la elaboración teórica del marco teórico.

### **Sobre los componentes curriculares (OE-1)**

La determinación del conjunto de componentes curriculares con capacidad de fomentar la enseñanza de la autorregulación de las estrategias de aprendizaje requeridas para el desarrollo de competencias relacionadas con el pensamiento computacional se materializó en los dominios del marco SUA, distribuidos en estratos epistemológicos. La sistematización mostró que la enseñanza intracurricular de la autorregulación no se sostiene en la suma de componentes aislados, sino en la articulación entre los modelos de aprendizaje, el modelo de competencias, los enfoques didácticos, las prácticas docentes, las técnicas de enseñanza, las estrategias de autorregulación, las técnicas de estudio y los casos de uso didácticos en los que la situación se concreta.

El estudio aporta evidencia de que los andamiajes diferenciados por perfiles autorregulatorios y los casos de uso didácticos articulados con preguntas territoriales constituyen componentes curriculares productivos. Estos componentes operan, además, sobre mediaciones sociotécnicas específicas —el repositorio Git como mediador material de soporte a la autorregulación situada en producción técnica,



el aula virtual especializada como articuladora entre la práctica presencial y la mediación digital, el metaverso SUA como espacio inmersivo y los entornos de inteligencia artificial generativa— cuya incorporación didáctica forma parte del repertorio curricular que el marco hace disponible.

### **Sobre las características de la evaluación del aprendizaje (OE-2)**

Las características que debe tener la evaluación del aprendizaje para que se pueda hacer seguimiento a la autorregulación del aprendizaje como soporte al desarrollo de competencias de pensamiento computacional se delimitaron a través de cinco transformaciones documentadas en T-17–T21 y se concretaron en el modelo de evaluación que el dominio de modelos de evaluación pone en relación con los dominios de modelo de competencias y modelo de resultados de aprendizaje. La evaluación opera bajo cinco condiciones articuladas. Es formativa y procesual, esto es, se sostiene en evidencias de proceso que el sistema de instrumentos del marco hace observables. Preserva la especificidad evidencial de cada constructo, ya que las rúbricas calibradas para PC operan sobre evidencias propias del campo y los instrumentos para ARA operan sobre evidencias propias del proceso autorregulatorio, sin colapsar uno en el otro. Articula instrumentos cualitativos y cuantitativos bajo lógica de triangulación crítica. Incorpora la voz del estudiante mediante el diario de aprendizaje, las videonarrativas y los anexos de explicitación. Y se inscribe en un contrato didáctico explicitado y deliberado con los participantes.

### **Sobre el cambio didáctico del docente (OE-3)**

El cambio didáctico en los docentes que participan en un programa intracurricular orientado a la promoción de la autorregulación de las estrategias de aprendizaje de las ciencias de la computación se documentó en las cuarenta transformaciones del estudio, en particular en las categorías referidas al conocimiento didáctico del contenido (T06–T11), a la integración de andamiajes (T-12–T-16), a la educación centrada en el estudiante autorregulador (T27–T31) y a la articulación de la IAE con los procesos del ciclo de vida del software (T38–T40). El estudio aporta evidencia de que el cambio didáctico, en la línea de Astolfi, Develay y Mosquera, no opera como actualización de herramientas ni como adopción de estrategias activas. Opera como tránsito desde formas de actuación poco explicitadas hacia prácticas didácticas fundamentadas y reflexivas que articulan tres registros del conocimiento, esto es, el del contenido disciplinar de las ciencias de la computación, el del conocimiento didáctico para la promoción de la autorregulación y el del conocimiento didáctico para el desarrollo del pensamiento



computacional. La doble función del docente como diseñador e investigador de su propia práctica, sostenida en la IAE, se mostró productiva para configurar este tránsito.

### **Cumplimiento del objetivo general**

El cumplimiento del objetivo general se concretó en la definición del marco SUA presentada en la sección 4.2 y en su elaboración como modelo sociohistórico de la interpretación que la comunidad investigadora hizo de su práctica educativa. SUA define los elementos fundamentales que la comunidad reconoció como constitutivos de una experiencia educativa que favorezca la autorregulación de las estrategias de aprendizaje necesarias para promover cambios hacia el desarrollo del pensamiento computacional desde el estudio de las ciencias de la computación. Estos elementos no se ofrecen como prescripción universal, sino como conocimiento explícito que la comunidad posee acerca de su práctica, organizado en dieciséis dominios distribuidos en siete estratos epistemológicos, soportado por las capas del servir, del hacer, organizacional y de motivación, y materializado mediante representaciones documental, arquitectónica, ontológica, portal, aula virtual, metaverso y catálogo de recursos educativos abiertos.

El marco recoge los decires, entenderes, haceres y relaciones que la comunidad fue haciendo explícitos durante el proceso investigativo, junto con los arreglos culturales-discursivos, materiales-económicos y sociopolíticos que configuraron la práctica. De este modo, SUA convierte una práctica educativa situada en objeto de interpretación, representación y proyección. Por tanto, hace trazable una forma de saber pedagógico, didáctico y sociotécnico que no surge de la aplicación externa de una teoría, sino de la reflexión sistemática de una comunidad sobre su propia práctica para comprender cómo esta se configuró y, al mismo tiempo, para sostener nuevas preguntas sobre su continuidad, sus límites y sus posibilidades de transformación.

### **Aportes específicos, limitaciones y líneas de continuidad**

El estudio aporta varias contribuciones que se distinguen del marco como aporte central, sin agotarlo. Primero, el Inventario de Estrategias de Autorregulación del Aprendizaje en Ciencias de la Computación, que es un instrumento original que operacionaliza las categorías estándar de estrategias autorregulatorias en el dominio de la formación inicial en ciencias de la computación. Segundo, la articulación entre los procesos de la IAE y los procesos del ciclo de vida del software, que ofrece un



andamiaje a los docentes desde su práctica profesional hacia la concepción de la práctica educativa como IAE. Tercero, las transformaciones de la práctica educativa documentadas en categorías analíticas, que constituyen un catálogo apropiable por otros docentes en contextos afines. Cuarto, las herramientas analíticas específicas para extracción y análisis del repositorio de software como mediador material de soporte a la autorregulación, desarrolladas durante el estudio y disponibles como recursos educativos abiertos. Quinto, las familias de casos de uso didácticos que materializan la opción didáctica de inscribir el conocimiento técnico en preguntas territoriales que derivan en proyectos contextualizados.

Por otro lado, esta investigación reconoce varios aspectos que limitan la generalización de sus hallazgos. Una relacionada con el contexto del estudio, que se limitó a nueve cursos de ciencias de la computación en una universidad pública colombiana, durante un periodo de tres semestres. Otra respecto al carácter situado del marco, que implica que su transferibilidad solo es posible desde una apropiación crítica y no de la replicación mecánica.

A partir de los resultados de esta tesis se pueden describir varias líneas de continuidad investigativa entre las que se destacan la elaboración del marco SUA en otros contextos de formación inicial en ingeniería —ingenierías civil, electrónica, industrial— para indagar la transferibilidad situada de sus componentes, la profundización del análisis de la autorregulación emocional que en la IAE no fue problematizado en extenso, y por último, el despliegue de las dimensiones del marco asociadas con la inteligencia artificial generativa, que el estudio incorporó como respuesta a una transformación, pero que apenas está comenzando a abordar didácticamente. Estas líneas no agotan las posibilidades de continuidad, ya que el marco se asume como dispositivo abierto, revisable, apropiable y discutible, susceptible de ser tomado como punto de apoyo por otras comunidades de investigación que compartan el interés técnico, práctico y emancipativo por la educación en ciencias de la computación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilera, A., Cheng, S., Osman, K. y Vargas, M. (2025). Computational thinking development in undergraduate engineering education. *Computers and Education*, 218, 105019.
- Anderson, G. L. y Herr, K. (2007). *The action research dissertation*. Sage.
- Astolfi, J. P. (1994). *Aprender en la escuela*. Dolmen.
- Beyazhancer, M. (2026). Self-regulated learning and computational thinking in undergraduate students. *Computers in Human Behavior Reports*, 17, 100432.
- Bhaskar, R. (1998). *The possibility of naturalism* (3rd ed.). Routledge.
- Brennan, K. y Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. American Educational Research Association.
- Bruna, C., Sandoval, C. y Mahecha, V. (2023). Conocimiento docente sobre autorregulación del aprendizaje en formación de ingenieros. *Educación XX1*, 26(2), 89–112.
- Carr, W. y Kemmis, S. (1986). *Becoming critical. Education, knowledge and action research*. Falmer Press.
- CC2020 Task Force. (2020). *Computing curricula 2020. Paradigms for global computing education*. ACM.
- Cheng, S. y Osman, K. (2025). Difficulties in computational thinking development among first-year engineering students. *Education and Information Technologies*, 30, 1245–1268.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Aique.
- Coronado-Sánchez, P. (2026). *Marco de trabajo SUA para la integración de la autorregulación del aprendizaje en el desarrollo del pensamiento computacional [Tesis doctoral]*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Coronado-Sánchez, P. (2026a). Aula virtual del marco de trabajo SUA. <https://suaframework.net/classroom>
- Coronado-Sánchez, P. (2026d). Metaverso del marco de trabajo SUA. <https://suaframework.net/metaverse>
- Creswell, J. W. y Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage.



- David, L., Biwer, F., Crutzen, R. y De Bruin, A. (2024). The challenge of change. Understanding the role of habits in university students' self-regulated learning. *Higher Education*, 1–19.
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. ESF.
- Freire, P. (2011). *Pedagogía del oprimido* (2.<sup>a</sup> ed.). Siglo XXI Editores.
- Hubbard, A. (2018). Pedagogical content knowledge in computing education. *Computer Science Education*, 28(2), 117–135.
- Jose, R., Karlen, Y. y Sah, P. (2025). Self-regulation of learning in the era of generative artificial intelligence. *Educational Psychology Review*, 37(1), 22.
- Karlen, Y., Hertel, S. y Hirt, C. N. (2023). Teachers' professional competence for promoting self-regulated learning. *Teaching and Teacher Education*, 124, 104008.
- Keet, C. M. (2023). *The what and how of modeling information and knowledge. From mind maps to ontologies*. Springer.
- Kemmis, S., McTaggart, R. y Nixon, R. (2014). *The action research planner. Doing critical participatory action research*. Springer.
- Lave, J. y Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95–132). Kluwer.
- Mahecha, V., Bruna, C. y Sandoval, C. (2024). Autorregulación del aprendizaje en la educación superior colombiana. *Revista Colombiana de Educación*, 91, 145–168.
- Mosquera, C. J. (2011). *Cambio didáctico y formación del profesorado de ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284.
- Peirce, C. S. (1986). *La ciencia de la semiótica*. Nueva Visión.
- Peteranetz, M. S., Flanigan, A. E., Shell, D. F. y Soh, L. K. (2021). Self-regulated learning and computational thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 514–540.



- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. En M. Boekaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 451–502). Academic Press.
- Popkewitz, T. (1988). Paradigma e ideología en investigación educativa. Mondadori.
- Sáez-Delgado, F., López-Angulo, Y., Mella-Norambuena, J. y Pérez-Villalobos, M. V. (2022). Strategies of self-regulated learning in university students. *Education Sciences*, 12(11), 786.
- Sensevy, G. y Mercier, A. (Eds.). (2007). Agir ensemble. L’action didactique conjointe du professeur et des élèves. Presses Universitaires de Rennes.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand. Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching. Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Tall, D. y Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 12(2), 151–169.
- The Open Group. (2019). ArchiMate 3.1 specification. The Open Group.
- Washizaki, H. (Ed.). (2025). Guide to the Software Engineering Body of Knowledge v4.0. IEEE Computer Society.
- Weinstein, C. E. y Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. En M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 315–327). Macmillan.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Yadav, A., Gretter, S., Hambrusch, S. y Sands, P. (2016). Expanding computer science education in schools. *Computer Science Education*, 26(4), 235–254.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation. A social cognitive perspective. En M. Boekaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). Academic Press.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner. An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64–70.

