

UNCOLAB: A COMPUTATIONAL TOOL FOR COLLABORATIVE LEARNING OF COMPUTER PROGRAMMING

J. Mendez-Lara, J.J. Ramírez-Echeverry, F. Restrepo-Calle

Universidad Nacional de Colombia (COLOMBIA)

Resumen

El aprendizaje colaborativo asistido por computador (CSCL) es una propuesta educativa que busca que los estudiantes puedan alcanzar sus objetivos de aprendizaje a través de la interacción en grupo mediada por la tecnología. En el área de la programación de computadores, algunos estudios demuestran un aumento de la participación y mejores resultados en la resolución de problemas de programación por parte de los estudiantes que participan en ambientes de aprendizaje CSCL. En entornos universitarios, los cursos introductorios de programación de computadores buscan preparar a los estudiantes en la resolución de problemas a partir del uso de un lenguaje de programación; para ello, se han creado diferentes herramientas bajo el enfoque CSCL, las cuales sirven de espacios en donde los estudiantes autorregulan su aprendizaje, participan voluntariamente, discuten ideas y evalúan el trabajo de los demás. Sin embargo, según las implementaciones de software revisadas en la literatura, aún existe la necesidad de crear herramientas colaborativas no sólo en las etapas tempranas del proceso de resolución de problemas de programación, sino también durante el proceso de evaluación formativa de la resolución del problema mediante la colaboración de los compañeros. En este contexto, el objetivo de este trabajo es presentar la herramienta computacional denominada UNColab para apoyar la resolución de problemas de programación por medio de la colaboración entre estudiantes durante una etapa de evaluación por pares. Se realizó la implementación de un prototipo de UNColab, el cual fue probado durante la realización de una actividad de aprendizaje colaborativo en un curso de Programación de Computadores con 27 estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación en la Universidad Nacional de Colombia. Esta herramienta se desarrolló conforme a un guión de aprendizaje colaborativo, el cual permitió estructurar una dinámica de clase en dos actividades del curso. Los resultados de esta experiencia sugieren que los estudiantes presentan una mayor comprensión de los problemas propuestos. Los estudiantes expresaron estar de acuerdo con respecto a la utilidad de la herramienta para apoyar la resolución de ejercicios de programación de manera colaborativa. Además, sugirieron diferentes mejoras que podrían abrir las posibilidades a la realización de otros estudios. Por lo tanto, este trabajo contribuye al área de investigación por medio del desarrollo de una herramienta que permite apoyar la enseñanza de la programación de computadores en ambientes colaborativos. Asimismo, la validación de la herramienta en un curso de programación de computadores permite entender de una mejor manera los beneficios y retos que supone la utilización de herramientas para el aprendizaje colaborativo asistido por computador.

Palabras clave: aprendizaje colaborativo, aprendizaje colaborativo asistido por computador, programación de computadores.

1 Introducción

Los cursos introductorios de programación de computadores tienen como principal objetivo brindar a los estudiantes las herramientas, métodos y metodologías necesarias para desarrollar soluciones de software a partir del uso de un lenguaje de programación. En estos cursos, la manera más utilizada por los profesores para medir el nivel de éxito de sus estudiantes es mediante la evaluación de un programa o reto de programación, la cual consiste en verificar su funcionalidad mediante diferentes casos de prueba [1]. En el desarrollo de estos programas, algunos estudiantes se enfrentan a situaciones adversas, como por ejemplo la falta de comprensión del problema o la frustración al realizar diferentes intentos sin éxito, las cuales pueden afectar la motivación del estudiante [2]. No obstante, también existen estudiantes que presentan buen rendimiento en este tipo de actividades y pueden lograr el objetivo de la tarea sin mayores complicaciones. En consecuencia, este tipo de situaciones en el aula de clase ha permitido que se propongan diferentes maneras de enseñar y aprender; una de ellas, empleada en este trabajo, es el aprendizaje colaborativo asistido por computador CSCL (del inglés Computer Supported Collaborative Learning). El aprendizaje colaborativo asistido por computador (CSCL) es una propuesta educativa que busca que los estudiantes puedan alcanzar sus objetivos de aprendizaje a través de la interacción en grupo

mediada por la tecnología. Acorde con lo anterior, CSCL propone principalmente dos ideas: los estudiantes colaboran mutuamente para cumplir sus objetivos de aprendizaje; y se adoptan tecnologías que sirvan de instrumentos mediadores en el proceso de aprendizaje [3]. Bajo esta perspectiva, los escenarios de enseñanza/aprendizaje de programación de computadores basado en CSCL permiten que aquellos estudiantes que tengan dificultades en resolver un problema de programación puedan recibir ayuda de sus compañeros a través de herramientas de software.

Las herramientas CSCL en programación de computadores han tenido buenos resultados respecto al rendimiento de los estudiantes en los cursos de programación y el desarrollo de algunas habilidades blandas. Por ejemplo, en [4] se concluye una mayor eficiencia educativa y motivación en los estudiantes al usar una aplicación que facilita la comunicación en el curso. Estudios como [5, 6] reportan un aumento en la capacidad de pensamiento crítico, al involucrar a los estudiantes en el proceso de evaluación de programas mediante la revisión por pares. Adicionalmente, existen estudios de aplicación de CSCL más formales como los vistos en [7–10], que se enfocan en el uso de guiones de CSCL para generar herramientas de soporte en programación de computadores, los cuales reportan facilidades en el proceso de asignar de las tareas a los estudiantes, una mejor formación de grupos de aprendizaje y un aumento en la motivación. No obstante, estos estudios también sugieren experimentar más con los guiones de CSCL con el fin de medir su efectividad, especialmente en la asignación de grupos y de cómo estos afectan la colaboración y contribución entre estudiantes.

Este artículo presenta la implementación de un prototipo de la herramienta computacional denominada UNColab, la cual apoya la resolución de ejercicios en una actividad de aprendizaje colaborativo en un curso de programación de computadores. El desarrollo de este prototipo se basó en el marco de trabajo propuesto en [11] para el diseño de guiones de CSCL. Estos guiones permiten establecer una secuencia de actividades para que sean realizadas por un grupo de estudiantes, también definen cómo se estructurará el trabajo colaborativo y la asignación de roles dentro de cada actividad. La pregunta de investigación planteada para resolver en este trabajo es: ¿Cuáles son los efectos en la resolución de problemas de programación de computadores a partir del uso de una herramienta computacional colaborativa que facilita la evaluación formativa entre pares?

Este documento está organizado de la siguiente manera. La Sección 2 presenta la implementación de un script CSCL en el desarrollo de la herramienta UNColab. La Sección 3 presenta el diseño del estudio realizado describiendo aspectos como quiénes fueron los participantes y los instrumentos usados para la recolección de datos. La Sección 4 presenta los resultados del estudio a partir de las percepciones de los participantes acerca de la herramienta desarrollada y de la evaluación de la dinámica de colaboración. Por último, la Sección 5 presenta las conclusiones del trabajo realizado.

2 UNColab

UNColab es un prototipo de software que permite apoyar la resolución de problemas de programación de computadores por medio de la colaboración entre estudiantes. Está desarrollado para que aquellos estudiantes que no logran cumplir con los requerimientos de un problema de programación puedan recibir ayuda de uno o varios compañeros de clase. UNColab funciona como un complemento del entorno educativo UNCode¹, propuesto en [12], el cual sirve de apoyo en los cursos de programación al contar con funciones de administración académica: como la gestión de estudiantes, clases, tareas y control de entregas. Los estudiantes usan UNCode para presentar sus soluciones de código fuente, ya que les permite tener una realimentación automática sobre cada una de las tareas además de diferentes complementos que apoyan la resolución de ejercicios.

2.1 Diseño de UNColab

Las funciones de UNColab fueron desarrolladas a partir del marco de trabajo propuesto por [13] para el diseño guiones CSCL, el cual establece cuatro niveles de estructuración para una actividad colaborativa asistida por computador. Cada nivel busca responder a una pregunta relacionada con las actividades de aprendizaje colaborativas propuestas en una clase:

- **Nivel de flujo de aprendizaje colaborativo.** Pregunta que busca resolver: ¿cuál es la secuencia de pasos para organizar el trabajo colaborativo?
- **Nivel de Actividades.** Pregunta que busca resolver: ¿Qué actividades realizarán los estudiantes durante la actividad colaborativa?

¹ <https://uncode.unal.edu.co/>

- Nivel de roles. Pregunta que busca resolver: ¿Qué rol desempeñarán los estudiantes para poder colaborar?
- Nivel de recursos. Pregunta que busca resolver: ¿con qué recursos o herramientas se cuenta para apoyar la colaboración?

Los tres primeros niveles deben estar acompañados de una o varias Técnicas de Aprendizaje Colaborativo (TACs), estas permiten dar instrucciones a los estudiantes sobre el trabajo en grupo y ofrecen dinámicas que ya han sido implementadas y validadas en entornos académicos [14]. La Tabla 1 presenta la lista de TACs que se identificaron para este estudio.

Tabla 1. TACs para el diseño de un script CSCL en programación de computadores

	Nivel de flujo de aprendizaje colaborativo	Nivel de Actividades	Nivel de Roles
TACs	Think-pair-share (TPS)	- Actividad introductoria - Discusión en grupo	Programadores y novatos

Las técnicas presentadas en la Tabla 1 nos dan respuesta a cada una de las preguntas planteadas anteriormente para los tres primeros niveles de estructuración de un guión CSCL. En el “Flujo de aprendizaje colaborativo”, TPS permite plantear el trabajo colaborativo en 3 fases: pensar un problema de forma individual, formar grupos o seleccionar un par y resolver de manera colaborativa [15]. En el nivel de “Actividades” se propone usar dos técnicas; la TAC “Actividad introductoria”, que permite establecer los objetivos o logros que el estudiante alcanzará al resolver la tarea [15]; y “La discusión en grupo”, que propone que el estudiante discuta con un compañero para contribuir en la resolución de la tarea [15]. Finalmente, en el nivel de “Roles” se propone “Programadores y novatos”, esta es una técnica basada en la estrategia propuesta en [16], la cual permite apoyar los procesos de asignación de roles y colaboración a través de la división entre estudiantes que logran resolver un problema de programación (programadores) y los que presentan dificultades (novatos).

Las funciones de UNColab han sido diseñadas conforme las características de las TACs vistas en la Tabla 1, esta herramienta junto a UNCode establecen el nivel de recursos de acuerdo con los niveles de estructuración del guión CSCL. La Tabla 2 presenta la lista de funcionalidades que el recurso computacional propone para soportar el aprendizaje colaborativo en programación de computadores.

Tabla 2. Funcionalidades y recursos para diseño de un script CSCL en programación de computadores

Funcionalidades	Nivel de recursos
Planteamiento de la tarea	UNCode
Resolución de la tarea	UNCode
Agrupación de estudiantes	UNCode, UNColab
Colaboración entre estudiantes	UNColab
Evaluación de la colaboración	UNColab , Google Forms

La funcionalidad “Planteamiento de la tarea” busca que un docente pueda proponer un reto o problema a resolver, la “Resolución de la tarea” involucra un espacio en donde el estudiante pueda resolver el ejercicio, la “Agrupación de estudiantes” establece el uso de un mecanismo que permita asignar roles, la “Colaboración entre estudiantes” comprende un momento en el cual se suministre un medio de comunicación para establecer una ayuda y, finalmente, la “Evaluación de la colaboración” propone un instrumento que permita valorar la colaboración establecida en el ejercicio. Como se puede observar en la Tabla 2, algunas funciones que se requieren en el proceso ya son cubiertas por la plataforma UNCode, UNColab funciona como un recurso para apoyar los procesos de colaboración y evaluación. En consecuencia, las especificaciones para UNColab se definieron a partir de los escenarios de uso descritos a continuación:

- Clasificar estudiante: establecer una división entre estudiantes de acuerdo al porcentaje de éxito de la tarea.

- Asignar grupo: asignar un rol de “Programador” o “Novato” de acuerdo con la clasificación del estudiante.
- Notificar grupo: cada estudiante debe conocer su rol durante la actividad colaborativa.
- Seleccionar compañero: cada estudiante debe poder seleccionar un compañero para establecer una colaboración.
- Escribir comentario: se debe proporcionar un mecanismo de comunicación para entablar una colaboración.
- Evaluar colaboración: cada estudiante debe evaluar la colaboración.

2.2 Desarrollo

La Figura 1 muestra la arquitectura de la herramienta propuesta, como se puede observar se establecieron dos componentes principales: un componente de mensajería (Chat), el cual permite realizar las funciones de intercambio de mensajes, asignación de roles y notificación de alertas; y un componente de API, que facilita la comunicación entre UNCode y el componente de mensajería.

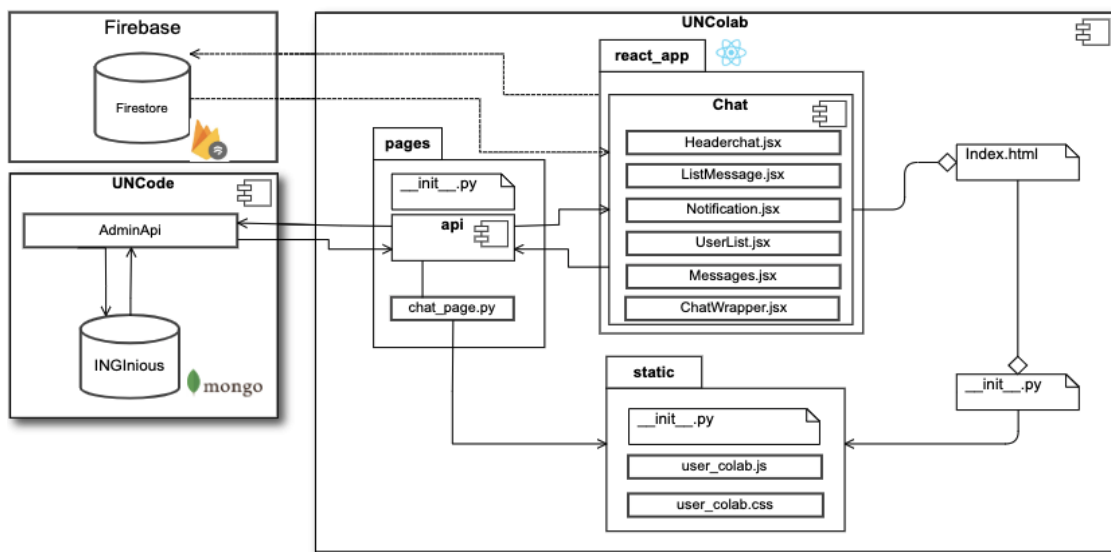


Figure 1. UNColab Architecture

El componente “Chat” funciona como complemento del frontend de UNCode, ha sido desarrollado usando la librería de interfaces React Js² y la plataforma Firebase³ para el manejo de estados, tanto de mensajes como de los roles. Por otro lado, el componente “API” está desarrollado en el lenguaje Python y está agregado como extensión del sistema INGInious⁴, plataforma base sobre la cual está desarrollado UNCode.

La Figura 2 muestra el funcionamiento del prototipo UNColab en la plataforma UNCode. Como se puede observar, el desarrollo se implementa conforme las funcionalidades vistas en la Tabla 2, correspondientes a los escenarios de uso planteados en el diseño. La funcionalidad de agrupación está dada por una ventana emergente que notifica el estado de la tarea y si el estudiante ha enviado al menos dos propuestas de solución en UNCode, de acuerdo al porcentaje de éxito de la tarea el sistema agrupa al estudiante en “Programador” o “Novato”. La funcionalidad de colaboración, permite que una vez el estudiante esté agrupado pueda entablar comunicación con un colaborador de otro grupo; en este caso, a través de un mecanismo de chat. La funcionalidad de evaluación está dada por un enlace que redirige a Google Forms buscando que cada estudiante evalúe la colaboración. El código fuente de UNColab está disponible públicamente en: https://github.com/jhonmendex/un_colab

² <https://es.reactjs.org/>

³ <https://firebase.google.com/>

⁴ <https://inginiious.org/>



Figure 2. UNColab Tool Screenshot

3 Estudio de caso

3.1 Intervención educativa

La actividad de aprendizaje colaborativo fue diseñada para estudiantes de la asignatura “Programación de computadores” en la Universidad Nacional de Colombia. En el desarrollo de los temas de esta asignatura gran parte de las tareas propuestas son ejercicios de programación, estos buscan que el estudiante afiance los conceptos vistos en la teoría y pueda mejorar sus habilidades en la resolución de problemas a través de un lenguaje de programación. La plataforma UNCode soporta la elaboración, resolución y evaluación de estas tareas, por ello se ha tomado como punto de partida en este estudio, ya que precisamente esta función de evaluación automática de tareas permite conocer el estado de cada una de las entregas realizadas por un estudiante. La Figura 3 presenta el flujo de actividades propuesto para la actividad colaborativa del presente estudio de caso.

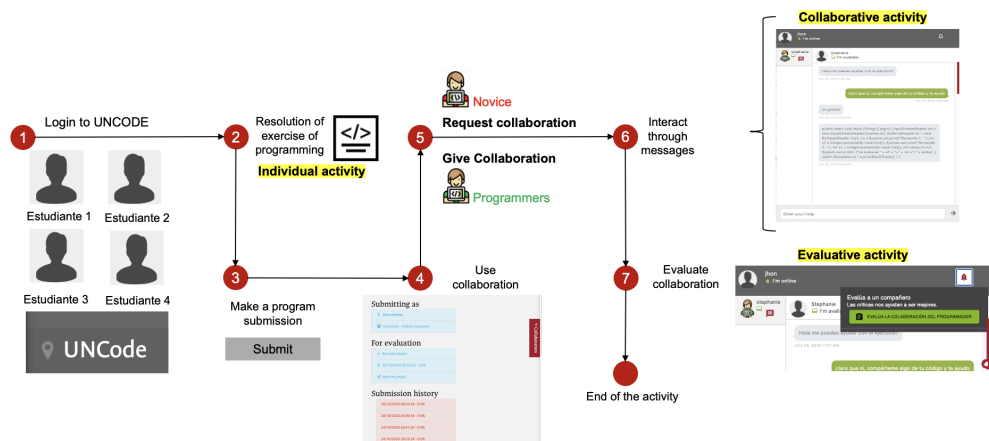


Figure 3. Activity flow of the case study

El flujo inicia con el ingreso de un estudiante a la plataforma UNCode (#1). Seguidamente, se establece la **actividad individual** (#2) en la cual debe resolver un problema de programación de computadores. Se espera que el estudiante envíe una solución y que esta sea evaluada por UNCode (#3). Una vez completada la actividad de envío, el estudiante puede hacer uso de componente de colaboración UNColab (#4) y, dependiendo del resultado de la tarea evaluada, tendrá un rol dentro de la actividad (“Programador” o “Novato”); de acuerdo a ello, se podrá dar o recibir ayuda (#5). A partir

de allí, se da inicio a la **Actividad colaborativa** (#6), buscando que los estudiantes intercambien mensajes a través de UNColab. Finalmente, se espera que cada estudiante pueda realizar la **Actividad evaluativa** (#7) respecto a la valoración de la colaboración dada o recibida.

Esta experiencia de aprendizaje colaborativo se realizó durante dos sesiones prácticas de dos horas en la clase de programación de computadores. Los problemas de programación propuestos para la actividad colaborativa abordaron tres temas de programación básicos: estructuras de control, funciones y matrices. La Tabla 3 presenta la distribución de las actividades en ambas intervenciones.

Tabla 3. Distribución de actividades del caso de estudio

	Intervención #1	Intervención #2
Temática de trabajo colaborativo	Estructuras de control y funciones	Matrices
Distribución de actividades	<ul style="list-style-type: none"> • 20 min. de actividad individual • 25 min. de actividad colaborativa • 15 min. de actividad evaluativa 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 min. de actividad individual • 25 min. de actividad colaborativa • 15 min. de actividad evaluativa • 15 min. Encuesta de percepción
Aspectos de participación	<ul style="list-style-type: none"> • Para pedir colaboración un estudiante debe de tener al menos dos intentos significativos de resolución del programa. • Una vez el estudiante use la opción de colaboración el sistema notificará si es “Programador” o “Novato”, de acuerdo al porcentaje de éxito del ejercicio. • El sistema notificará cuándo se debe hacer la evaluación de la colaboración a un compañero. • Un “programador” puede ayudar a varios “novatos”. • Un “novato” puede recibir colaboración de varios “Programadores”. • La actividad finaliza una vez se realice la actividad evaluativa y la encuesta de percepción. 	

3.2 Participantes y recolección de datos

El estudio involucró a 27 estudiantes de primer semestre de la asignatura Programación de Computadores en la Universidad Nacional de Colombia. En las dos intervenciones realizadas se recolectaron datos cuantitativos y cualitativos. Con respecto a datos cuantitativos, UNColab puede recoger datos del:

- Número de programadores: cantidad de estudiantes que resolvieron el problema en los dos primeros intentos.
- Número de cambios de rol: cantidad de estudiantes que eventualmente se convirtieron de “Novatos” a “Programadores”.
- Número de colaboraciones: cantidad de grupos que se formaron para colaborar.
- Número de mensajes: cantidad de mensajes realizados por colaboración.

Con respecto a los datos cualitativos, se recolectaron en dos momentos diferentes y referentes a dos aspectos: la evaluación de los estudiantes sobre la colaboración ofrecida o recibida en la resolución de problemas de programación y las percepciones generales sobre UNColab. Para conocer las valoraciones sobre la colaboración ofrecida y recibida entre estudiantes se crearon dos encuestas en Google Forms, correspondientes a cada uno de los roles que podía tener un estudiante (“Programador” o “Novato”). Estas encuestas fueron ancladas a la herramienta desarrollada como etapa final del proceso de colaboración. La Tabla 4 presenta las preguntas correspondientes a la valoración de la colaboración ofrecida por el rol “Programador”. Por otra parte, la Tabla 5 presenta las preguntas de valoración por parte del rol “Novato”. Las percepciones sobre la herramienta UNColab se recolectaron mediante una encuesta en Google Forms, esta encuesta se aplicó una vez se finalizó la actividad de aprendizaje colaborativo de la segunda intervención. La Tabla 6 muestra las preguntas asociadas a la encuesta de percepciones.

Tabla 4. Encuesta de evaluación de colaboración “Programadores”

#	Pregunta	Opción de respuesta
Q1	Considero que la colaboración dada a mi compañero fue útil para ayudarlo a mejorar su propuesta de solución del problema de programación.	1. Totalmente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. Algo en desacuerdo 4. Algo de acuerdo 5. De acuerdo 6. Totalmente de acuerdo
Q2	Considero que la colaboración dada a mi compañero le ayudó a identificar algunos errores de su propuesta de solución.	
Q3	Considero que la colaboración dada a mi compañero le ayudó a corregir algunos errores de su propuesta de solución.	
Q4	Considero que la colaboración dada me permitió afianzar mis conocimientos sobre la temática del problema.	
Q5	¿Qué opinión tienes acerca de la colaboración ofrecida a tu compañero?	
		Abierta

Tabla 5. Encuesta de evaluación de colaboración “Novatos”

#	Pregunta	Opción de respuesta
Q1	Considero que la colaboración recibida me permitió mejorar mi propuesta de solución del problema de programación.	1. Totalmente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. Algo en desacuerdo 4. Algo de acuerdo 5. De acuerdo 6. Totalmente de acuerdo
Q2	Considero que la colaboración recibida me ayudó a identificar algunos errores que tenía mi propuesta de solución	
Q3	Considero que la colaboración recibida me ayudó a corregir algunos errores que tenía mi propuesta de solución.	
Q4	Considero que la colaboración recibida me dio mayor confianza para intentar resolver el problema de programación.	
Q5	¿Qué opinión tienes acerca de la colaboración recibida?	Abierta

Tabla 6. Encuesta de percepciones de UNColab

#	Pregunta	Opción de respuesta
Q1	Considero que la herramienta UN_COLAB fue útil para la resolución de problemas de programación de manera colaborativa	1. Totalmente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. Algo en desacuerdo 4. Algo de acuerdo 5. De acuerdo 6. Totalmente de acuerdo
Q2	Considero que la herramienta UN_COLAB facilitó la comunicación con mis compañeros para resolver el problema de programación de manera colaborativa	
Q3	Considero que la herramienta UN_COLAB fomentó mi participación en la resolución del problema de programación de manera colaborativa	
Q4	En general, ¿qué opina de la herramienta de colaboración UN_COLAB?	Abierta

4 Resultados

De acuerdo al flujo de actividades visto en la sección 3.1, ambas intervenciones propuestas en el curso establecen una actividad individual y otra de colaboración. La actividad individual realizada soportada por UNCode permitió conocer qué estudiantes lograban resolver los ejercicios en los primeros intentos y cuáles no, esta información posteriormente fue utilizada por el componente UNColab para la actividad colaborativa para realizar las tareas de clasificación de estudiantes, formación de grupos e intercambio de mensajes. Respecto a esta experiencia, se identificó en la primera intervención que 13 estudiantes lograron resolver el ejercicio en los primeros intentos sin necesidad de solicitar colaboración; la herramienta los clasificó como “Programadores” y así mismo a 14 estudiantes como “Novatos”. Una vez iniciada la actividad colaborativa, 6 estudiantes lograron cambiar de rol de “Novato” a “Programador”. Al finalizar se registró un total de 19 de estudiantes con rol de “Programador” y 8 como “Novato”. Del mismo modo, en la segunda intervención, al iniciar la actividad se identificaron 12 “Programadores” y 15 “Novatos”, una vez iniciada la actividad colaborativa 2 estudiantes lograron cambiar de rol de “Novato” a “Programador”, al finalizar se registraron 14 “Programadores” y 13 “Novatos”.

Durante la actividad colaborativa, UNColab facilitó la conformación de 12 grupos o pares de colaboración para la primera intervención educativa y 39 para la segunda; así mismo, permitió el intercambio de mensajes entre estos pares durante el tiempo disponible para colaborar. La Figura 4 muestra la concentración del número de mensajes realizados por cada grupo de colaboración en las dos intervenciones realizadas, así mismo algunos datos atípicos relacionados a intercambio de mensajes en la intervención dos durante el tiempo de colaboración. Se evidencia un mayor número de intercambio de mensajes en la segunda intervención del curso. Estos datos atípicos, se debieron a grupos o pares de estudiantes que establecieron una comunicación constante durante toda la actividad colaborativa, a diferencia de la mayoría de los grupos cuya comunicación fue esporádica. En este sentido, en los mensajes de la primera intervención se obtuvo un promedio de 3.0 mensajes y una desviación estándar de 2.9. En relación a la segunda intervención se obtuvo un promedio de 6.6 mensajes y una desviación estándar de 11.0.

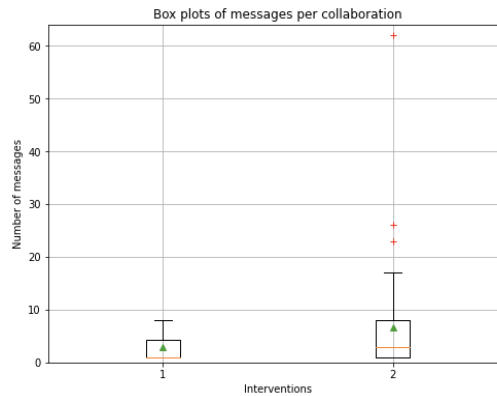


Figure 4. Box Plots of messages per collaboration

4.1 Evaluación de la colaboración

Las preguntas relacionadas con los instrumentos de evaluación de la colaboración presentadas en la Tabla 4 y Tabla 5 se enfocaron en conocer las valoraciones de los estudiantes respecto a la colaboración al momento de resolver ejercicios de programación desde el punto de vista del “Programador” y del “Novato”, respectivamente. La Figura 5 muestra los resultados obtenidos respecto a las cuatro primeras preguntas del instrumento de evaluación para “Programadores”. Así mismo, la Figura 6 presenta los resultados del instrumento de evaluación para “Novatos”. El 100% de los estudiantes percibieron con algún nivel de acuerdo que la colaboración dada o recibida les había sido útil para mejorar las soluciones de los problemas de programación, para identificar y corregir errores en la solución, para consolidar el conocimiento en la temática evaluada y mejorar la confianza al solucionar el problema.

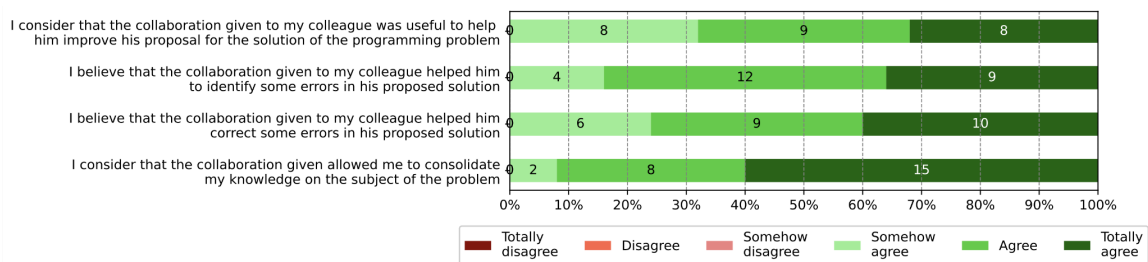


Figura 5. Resultado de evaluación de colaboración “Programadores”

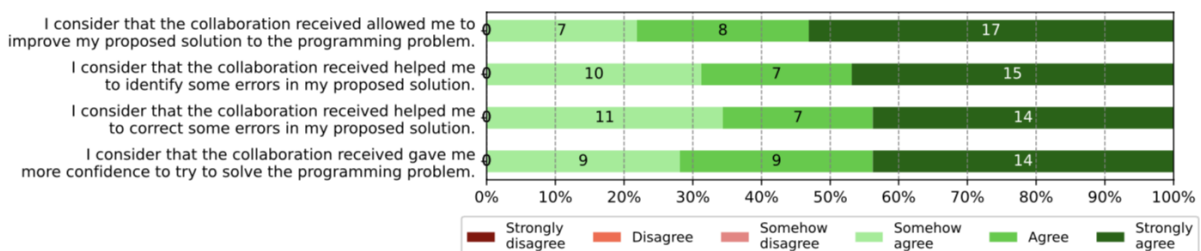


Figura 6. Resultado de evaluación de colaboración “Novatos”

La pregunta final de cada instrumento de evaluación buscaba indagar más acerca de las percepciones de los estudiantes respecto a la colaboración, tanto en el rol de “Programador” como de “Novato”. La Figura 7 presenta los conceptos relacionados con la colaboración en la resolución de problemas de programación, en ella se pueden observar 5 categorías principales. Estas categorías fueron el resultado de varias iteraciones de revisión de las respuestas de los estudiantes, cada respuesta fue clasificada y codificada de acuerdo a la interpretación y sentido del mensaje que el estudiante expresaba, tanto en su rol de “Novato” como de “Programador”.

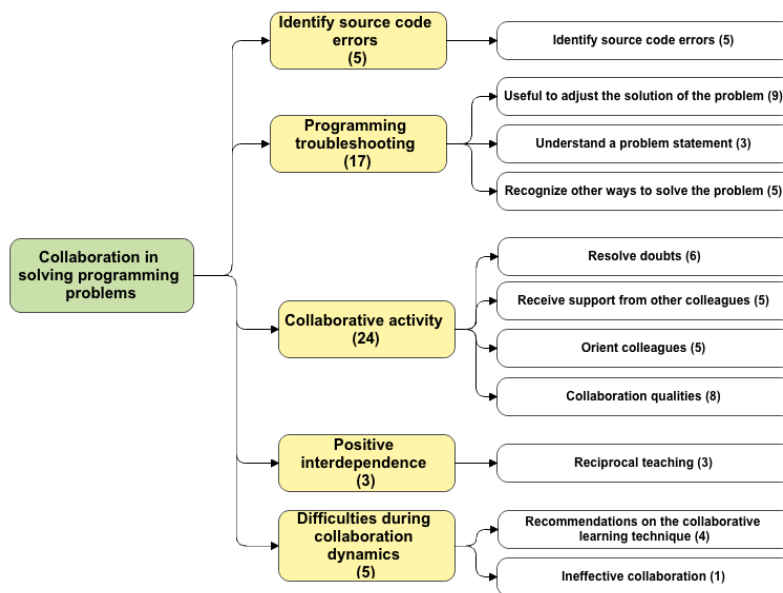


Figura 7. Percepciones de la colaboración

La categoría asociada a la identificación de errores permitió agrupar los comentarios relacionados con el beneficio que le ven los estudiantes al recibir ayuda de un compañero para identificar fallos en el código directamente. “Solución de problemas de programación” reunió comentarios asociados a la utilidad de la colaboración para comprender o finalizar un ejercicio. “Actividad colaborativa” se enfocó en capturar percepciones acerca de las principales características y ventajas de la colaboración que los estudiantes identificaron. “Interdependencia positiva” hace referencia a las percepciones que involucran enseñanza recíproca; es decir, estudiantes que manifestaron haber aprendido algo de manera mutua a través de la colaboración. Finalmente, en “Dificultades durante la dinámica de colaboración” se capturaron algunos comentarios relacionados con inconvenientes durante la dinámica establecida para el estudio.

4.2 Percepciones de los estudiantes al usar UNColab

La Figura 8 presenta los resultados relacionados con las tres primeras preguntas del instrumento de percepciones de la Tabla 6, estas preguntas se enfocaron en conocer las valoraciones relacionadas con el uso de UNColab respecto a su utilidad durante el proceso de resolución de ejercicios de programación a través de la colaboración entre estudiantes. El 96% de los estudiantes coincidieron con algún nivel de acuerdo respecto a la utilidad de la herramienta para resolver problemas de manera colaborativa y la facilidad que da en la comunicación entre compañeros para este fin. En cuanto a las percepciones sobre el uso UNColab para fomentar la participación en resolución de problemas de manera colaborativa, el 93% de los participantes coincide con un nivel de acuerdo.

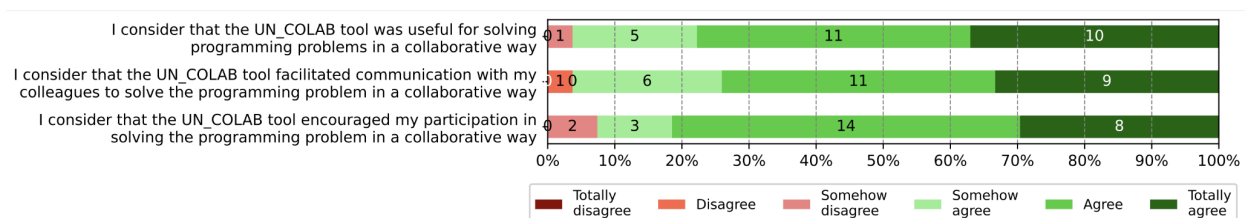


Figura 8. Resultado encuesta de percepciones de UNColab

Las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta final del instrumento de percepciones de la Tabla 6 permitieron obtener 5 categorías relacionadas al uso de UNColab (ver Figura 9) como herramienta de aprendizaje colaborativo en la resolución de problemas de programación. Para la definición de estas categorías se realizó el mismo proceso de codificación nombrado en la sección anterior.

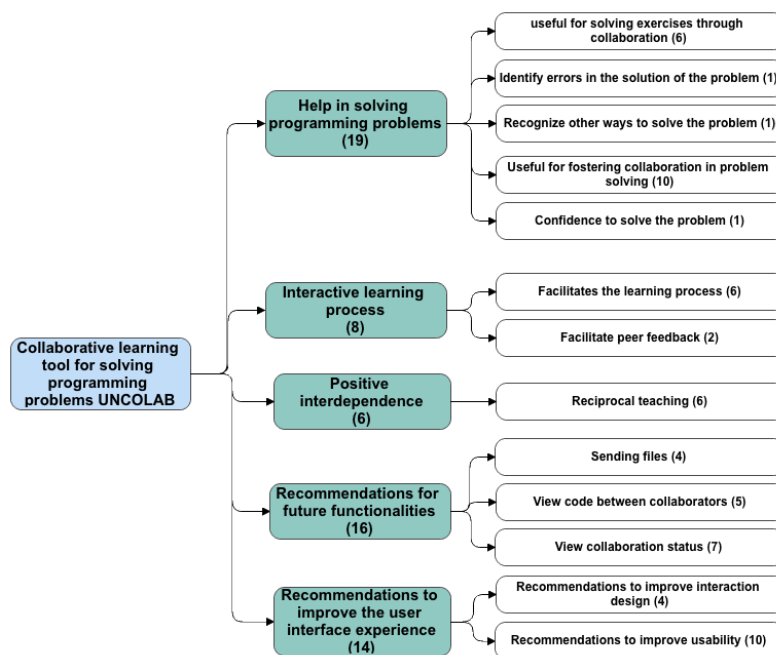


Figura 9. Percepciones de los estudiantes sobre UNColab

La categoría “Ayuda en la resolución de problemas de programación” relaciona las opiniones acerca de la utilidad de la herramienta como un elemento facilitador al momento de solicitar. En “Proceso de aprendizaje interactivo” se recolectaron los comentarios referentes al reconocimiento de la herramienta como ayuda en el proceso de aprendizaje. “Interdependencia positiva” reúne respuestas en donde se evidencia un reconocimiento de UNColab como elemento mediador para la enseñanza recíproca. “Recomendaciones para desarrollos futuros” captura opiniones acerca de ideas sobre nuevas funcionalidades que los estudiantes manifestaron que podría mejorar la herramienta. Finalmente, la categoría “Recomendaciones para mejorar la experiencia de interfaz de usuario” relaciona aspectos que se pueden mejorar para que la herramienta sea más fácil de usar y tenga una mejor interacción.

5 DISCUSIÓN

Para contestar la pregunta de investigación planteada sobre los efectos en la resolución de problemas de programación al usar una herramienta como UNColab se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos a nivel cuantitativo y cualitativo.

Los datos cuantitativos recolectados sobre el uso de UNColab indican buenos resultados respecto a la solución de los problemas planteados, especialmente para aquellos estudiantes con rol de “Novato” que pudieron resolver cada problema luego de la colaboración ofrecida por un “Programador”. Los datos registrados por la herramienta al momento de ser usada por los estudiantes evidencian la importancia de diseñar aplicaciones de este tipo haciendo uso de guiones CSCL que permitan estructurar el trabajo colaborativo. En este sentido, se logró analizar la colaboración a partir de la cantidad de grupos formados, el intercambio de roles y la cantidad de mensajes que se intercambiaron los estudiantes, dando como resultado una participación completa del curso en la actividad colaborativa, logrando que al menos cada participante haya podido establecer comunicación con un par y que en la segunda intervención algunos estudiantes hicieran un mayor uso de UNColab para establecer una comunicación constante con un colaborador al momento de resolver el ejercicio.

Podemos destacar algunos beneficios con respecto al uso de la colaboración como elemento sustancial para la resolución de problemas de programación de computadores. Los datos cualitativos referentes a las valoraciones de la colaboración para ambos roles de estudiantes (“Programador” y “Novato”) permitieron identificar y corroborar aspectos relacionados con las ventajas de implementar actividades colaborativas dentro del aula de clase, como las expresadas en [3]. Por ejemplo, la resolución de dudas, la orientación y la identificación de errores son acciones que en contextos tradicionales le corresponden propiamente al docente. Las percepciones analizadas en este estudio muestran que estas acciones también pueden reflejarse en los estudiantes al momento de colaborar.

En cuanto a los resultados cualitativos, se dieron a conocer percepciones positivas respecto a la utilidad de esta herramienta en la resolución de ejercicios de manera colaborativa, como también un apoyo para establecer comunicación entre estudiantes y fomentar la participación. En este sentido, los resultados de las intervenciones realizadas arrojaron que un 44% de los participantes opinan que una actividad colaborativa puede ayudar a la resolución de dudas y conceptos relacionados a la orientación de un colaborador. Un 31% establecen la colaboración como beneficiosa para poder finalizar un ejercicio de programación de computadores con éxito. Un 6% reporta opiniones relacionadas con la enseñanza recíproca; lo cual corrobora una de las ventajas de la teoría del aprendizaje colaborativo. Adicionalmente, se percibe que la herramienta desarrollada hace el proceso de aprendizaje más interactivo y facilita la realimentación entre pares.

Un hallazgo importante de estas percepciones refieren a recomendaciones futuras de nuevas funcionalidades dadas por parte de los estudiantes, esto permitirá a futuros desarrolladores implementar herramientas que se ajusten a actividades de aprendizaje colaborativo en los cursos introductorios de programación de computadores. Gracias a las sugerencias recibidas se pueden obtener los requerimientos necesarios para construir una aplicación acorde a las necesidades de los estudiantes de programación, y poder mejorar UNColab. Esto último permite apoyar la idea expuesta en [17] la cual establece que el uso de prototipos es el mejor mecanismo para identificar necesidades del software y así poder desarrollar herramientas más robustas.

En comparación con otros estudios, como por ejemplo [8], la colaboración entre estudiantes no se realizó de manera libre, en vez de ello se utilizó la técnica “Programadores” y “Novatos” para formar grupos de colaboración, esta técnica implementada en la herramienta jugó un papel diferenciador, ya que muchos de los estudiantes manifestaron la utilidad de saber quién puede dar u ofrecer una ayuda en un momento determinado.

6 CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó la herramienta computacional denominada UNColab para apoyar la resolución de problemas de programación por medio de la colaboración entre estudiantes. Además, se reportó la experiencia de usar UNColab en un curso de programación de computadores de la Universidad Nacional de Colombia. Se analizaron los datos proporcionados por la herramienta, las valoraciones correspondientes a la colaboración entre estudiantes y sus percepciones en general.

Como principales aportes este estudio se presenta la herramienta UNColab y el reporte de la experiencia obtenida a partir de su implementación en un curso de programación de computadores. Las percepciones de los estudiantes manifiestan que el uso de este tipo de herramientas favorece la enseñanza-aprendizaje de la programación de computadores. UNColab se enfocó principalmente en el proceso de formación de grupos e interacción a través de mensajes. No obstante, en este último aspecto no se contempló un análisis que permitiera conocer la calidad de las interacciones o su influencia en la resolución de ejercicios de programación; por lo tanto, se propone como trabajo futuro. Adicional a ello, muchos de los datos recolectados sugieren mejoras y funcionalidades adicionales a UNColab, lo que permitirá desarrollar nuevos prototipos a partir de estos resultados.

REFERENCIAS

- [1] K. M. Ala-Mutka, “A Survey of Automated Assessment Approaches for Programming Assignments,” *Comput. Sci. Educ.*, vol. 15, no. 2, pp. 83–102, Jun. 2005.
- [2] A. S. Marcolino and E. Barbosa, “A Survey on Problems related to the Teaching of Programming in Brazilian Educational Institutions,” no. Icmc, 2017.
- [3] Margarita Vinagre Laranjeira, “Teoría Y Práctica Del Aprendizaje Colaborativo Asistido Por Ordenador.”
- [4] L. M. Serrano-Cámara, et al., “MoCAS: A Mobile Collaborative Tool for Learning Scope of Identifiers in Programming Courses,” *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 32, no. 2, pp. 969–981, 2016.
- [5] M.-J. Laakso, E. Kaila, and T. Rajala, “VILLE – collaborative education tool: Designing and utilizing an exercise-based learning environment,” *Educ. Inf. Technol.*, pp. 1–22, 2018.
- [6] G. J. Hwang, Z. et al, “An Online Peer Assessment-Based Programming Approach to Improving Students’ Programming Knowledge and Skills,” *5th Int Conf Educ Innov. through Tech. EITT 2016*, pp. 81–85, 2017.
- [7] E. S. J. De Faria, et al., “Forming groups for collaborative learning in introductory computer programming courses based on students’ programming styles: An empirical study,” in *Proc. Frontiers in Education Conf, FIE*, 2006, pp. 6–11.
- [8] D. Tsompanoudi and M. Satratzemi, “A web-based authoring tool for scripting distributed pair

- programming," *Proc. - IEEE 14th Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICALT 2014*, Sect IV, pp. 259–263, 2014.
- [9] O. Debdi, M. Paredes-Velasco, and J. Á. Velázquez-Iturbide, "GreedExCol, A CSCL tool for experimenting with greedy algorithms," *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 23, no. 5, pp. 790–804, Sep. 2015.
- [10] L.-K. Soh, N. Khandaker, and H. Jiang, "I-MINDS: A multiagent system for intelligent computer- supported collaborative learning and classroom management.," *Int J Artif Intell Educ*, vol 18, no 2, pp 119-151, 2008.
- [11] D. Hernandez-Leo, et al., "CSCL Scripting Patterns: Hierarchical Relationships and Applicability," in *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*, 2006, pp. 388–392.
- [12] F. Restrepo-Calle, JJ Ramírez-Echeverry, and F Gonzalez, "Unicode: Interactive System for Learning and Automatic Evaluation of Computer Programming Skills," *EDULEARN18*, vol 1, July, pp 6888–6898, 2018.
- [13] E. D. Villasclaras-Fernández, et al., "Incorporating assessment in a pattern-based design process for CSCL scripts," *Comput. Human Behav.*, vol. 25, no. 5, pp. 1028–1039, 2009.
- [14] E. F. Barkley, K. P. Cross, and C. H. Major, *Técnicas de aprendizaje colaborativo: manual para el profesorado universitario*. Ministerio de Educación y Ciencia, 2007.
- [15] D. Hernández-leo and J. I. Asensio-pérez, "Generating cscl scripts," vol. 64, 2019.
- [16] C. G. Hidalgo Suarez, V. A. Bucheli Guerrero, F. Restrepo Calle, and F. A. González Osorio, "Estrategia de enseñanza basada en la colaboración y la evaluación automática de código fuente en un curso de programación CS1," *Investig. e Innovación en Ing.*, vol. 9, no. 1, pp. 50–60, 2020.
- [17] R. S. Pressman, *Ingeniería del software: Un enfoque práctico*. McGraw-Hill, 2010.