

## REDISEÑO EDUCATIVO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CÁLCULO NUMÉRICO

Angel R. Barberis, Lorena E. del Moral, Jorge A. Silvera, Eusebio Méndez, Nicolás Rojas  
Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional de Salta  
Salta - Argentina

[barberis@cidia.unsa.edu.ar](mailto:barberis@cidia.unsa.edu.ar), [lorena.dms.7@gmail.com](mailto:lorena.dms.7@gmail.com), [jsilvera@unsa.edu.ar](mailto:jsilvera@unsa.edu.ar)

### RESUMEN

La programación de computadoras integra un conjunto de actividades que demanda del estudiante, no solo esfuerzo y dedicación, sino también otras capacidades como la resolución de problemas y el pensamiento algorítmico. En los inicios de la vida universitaria, los alumnos experimentan una amplia gama de dificultades y deficiencias, que sumado a una metodología de enseñanza desactualizada de una asignatura hacen que el arte de aprender a programar sea una de las primera y más desafiante tarea que enfrentan los estudiantes de informática en los primeros años de carrera. Las dificultades se extienden e impactan fuertemente en otras asignaturas que contemplan a la programación como uno de sus objetivos en la práctica académica. Para revertir este panorama es necesario investigar y desarrollar nuevas metodologías de enseñanza, aprendizaje y prácticas de la programación en un ambiente centrado en el alumno. El presente trabajo expone algunas actividades y resultados de investigación alcanzados en el marco de un proyecto que busca formalizar una metodología de enseñanza y aprendizaje de la programación algorítmica, bajo el enfoque activo, participativo y centrada en el alumno.

#### **Palabras claves:**

*Metodología de enseñanza del Cálculo Numérico, Aula Invertida, Scrum como metodología para el entrenamiento en la Programación de computadoras.*

### CONTEXTO

El proyecto se centra en el rediseño de las estrategias de enseñanza y aprendizajes tradicionales, en el que se busca un proceso que permita organizar y desarrollar nuevas actividades educativas, cuya reestructuración satisfaga las necesidades formativas de los estudiantes en el nuevo mundo de la Sociedad de la Información. El rediseño del proceso de formación se realiza en el contexto de la asignatura Programación Numérica que se dicta en el segundo año de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas en la Universidad Nacional de Salta, y contempla la adecuación de las estrategias de enseñanza tanto para las clases prácticas como para las teóricas. Se propone por un lado, el desarrollo de clases teóricas con una estrategia didáctica centradas en el alumno y basada en el aprendizaje por descubrimiento en un contexto de Aula Invertida, que les permita a los discentes una interacción dinámica, activa y participativa en clases aúlicas; por el otro, el desarrollo de clases prácticas centrada en el aprendizaje cooperativo y colaborativo, facilitando así la creación de un ambiente en el que los estudiantes se entrenan en la programación de computadoras bajo el enfoque del desarrollo ágil de software a través de Scrum (en lugar de realizar meras practicas computacionales).

El presente trabajo se lleva a cabo dentro del marco del proyecto de investigación Nro: 2.536/19 “Rediseño educativo para el aprendizaje de cálculo numérico”, aprobado en el año 2.019 por el consejo de investigación de la Universidad Nacional de Salta.

## 1. INTRODUCCION

Durante los últimos años se han identificado problemas intrínsecos vinculados al cursado de materias como Cálculo Numérico y Programación de Numérica, relacionados con una práctica débil en la programación de aplicaciones en asignaturas previas, que influía severamente en el normal cursado de las mismas. Además, se detectaron otros inconvenientes vinculados al perfil psicológico que provocaba una falta de motivación, de interés por el aprendizaje e integración activa a las clases, tanto teóricas como prácticas. El impacto de estos inconvenientes derivaba en el abandono del cursado de la asignatura, o bien un bajo rendimiento académico.

El arte de la programación de computadoras es una tarea compleja y difícil de abordar académicamente [1]. La complejidad del Proceso Educativo de la Programación radica en que éste demanda la interacción de habilidades tanto del profesor como de los alumnos, y exige la garantía de que el educador propicie un ambiente cooperativo y colaborativo para desarrollar en el discente otras habilidades como las psico-cognitivas [2] y trabajo en equipo [3], entre otras, necesarias para el abordaje de problemas multidisciplinarios [4]. Por lo tanto, es de suma importancia contar con una estrategia metodológica de enseñanza y aprendizaje que propicie un ambiente de trabajo en grupo, en el que se pueda fomentar tanto, habilidades sociales como de comunicación, haciendo del hábito de ayudar, compartir, colaborar y cooperar, una norma inexcusable en el aula.

En la era del desarrollo tecnológico, no sólo importa la disponibilidad de la información, el conocimiento y los medios para comunicarla, sino también, el modo en que ellos puedan ser aplicados en prácticas reales. El desarrollo de habilidades inherentes a la programación de computadoras (creatividad [5], autoeficacia [6], resolución

de problemas [7], razonamiento [8], trabajo en equipo [3], etc.), desarrolla en el alumno capacidades multifacéticas que le permiten enfrentar problemas interdisciplinarios de diferentes grados de dificultad, que sumado a un buen entrenamiento, adquiere la experiencia de un buen programador. Las estimulaciones cognitivas inherentes a la resolución de problemas (actividades de exploración, análisis y búsqueda de soluciones) [7], estimulan un proceso de aprendizaje, que favorece el desarrollo mental, colocan en primer plano las destrezas de investigación, los entrena en la generación de soluciones, y con ello, los estudiantes se encaminan hacia el mayor desafío de doblar las capacidades de programación de computadoras. La actividad de resolución de problemas en programación necesita además de la habilidad técnica para sintetizar o resumir una solución [9]. Esta habilidad junto al trabajo en equipo se puede desarrollar mediante la práctica constante en el aula, a través de una estrategia pedagógica adecuada. Bajo esta línea de pensamiento, y la oportunidad del trabajo en equipos para la adquisición de habilidades tanto cognitivas y situadas [10] como las de resolución de problemas [11]; y las competencias relacionadas con la programación de computadores [12] es que surge la necesidad reestructurar los modos de enseñanza para contemplar grupos de estudios que interactúan en la resolución de problemas con integración de las tecnologías existentes bajo el enfoque de Aula Invertida.

El Aula Invertida es uno de los llamados enfoques y metodologías de aprendizaje activo en la educación superior del siglo XXI, donde se impulsa y promueve la participación del estudiante en la clase presencial, y de forma autónoma y desestructurado, en actividades previas diseñadas por el Docente. Es un modo de enseñanza contrapuesto a los de aula tradicional donde el estudiante asiste a escuchar clases magistrales.

Algunos investigadores, visualizan al Aula Invertida, como una estrategia pedagógica que se focaliza en la importancia del uso del

tiempo de clase para la construcción del significado, más que para la transmisión de información [13]. Así mismo, promueve el aprendizaje teórico de la currícula de una asignatura fuera del ámbito de la clase (aprendizaje diferido), y procura consolidar los procesos de enseñanza y aprendizaje durante la clase presencial en el aula, a través de actividades experienciales y de resolución de problemas (aprendizaje activo) [14]. El estudiante no accede a los contenidos teóricos desde una posición totalmente pasiva mediante una clase magistral del docente, si no que antes de la clase presencial, puede acceder a ellos mediante estructuras tecnológicas como los entornos virtuales a través de diferentes recursos (videos, audios, presentaciones interactivas, animaciones, textos, páginas web, etc.) [15], con la libertad de hacerlo en el momento y lugar que deseen, y a su propio ritmo. En este contexto, las clases teóricas presenciales pueden ser aprovechadas para una participación más activa, en el que los estudiantes analizan, aplican, evalúan e incluso crean situaciones significativas de aprendizaje; tendiendo, en todos los casos, al desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior considerados en la taxonomía de Bloom [16], y al trabajo cooperativo y colaborativo. Esto no implica que no se puedan plantear también actividades y trabajo colaborativo por medios virtuales (hay numerosos recursos digitales para propiciarlo), aunque se dejen para esa instancia, lo que implique habilidades de orden inferior. Así, el docente no solo puede propender al aprendizaje activo, sino también al desarrollo del pensamiento crítico y creativo del estudiante, empleando metodologías basadas en el aprendizaje en equipo, basadas en problemas y en estudios de caso [17]. Esto hace que el rol del docente se reconceptualice como mediador o guía, y no solamente como expositor [18]. Luego de las clases presenciales, se pueden derivar actividades post-clase, donde el estudiante manteniendo su rol activo, transfiere y aplica los conocimientos logrados [19].

Una de las metodologías activas que se favorece en la clase invertida, es el aprendizaje cooperativo. El aprendizaje cooperativo consiste en trabajar juntos para alcanzar objetivos comunes, maximizando el propio aprendizaje y el de los demás [13]. Si este concepto es aplicado en las clases teóricas, la estrategia didáctica de Aula Invertida se ve favorecida al desarrollarse en clase casos de estudios, métodos y técnicas de aplicabilidad en forma conjunta y en cooperación con los grupos de estudios. El aprendizaje cooperativo en el aula, privilegia el desarrollo de actividades y de la comunicación, intensificando y diversificando la participación de los alumnos en clases. Al mismo tiempo, exige la bidireccionalidad necesaria del proceso, entre, el que guía y orienta la actividad y el aprendiz [20]. El trabajo en equipo propiciado por el aprendizaje cooperativo, y la estrategia pedagógica de Aula Invertida constituye una alternativa que promete una enseñanza centrada en el alumno; con mejoras sustanciales en la dinámica de clases, lo que provocaría en el estudiante una acción activa, comprometida, de mayor participación e interés por la asignatura [21].

Para una exitosa consolidación del aprendizaje durante las clases teóricas, se estima necesario desarrollar objetos de aprendizajes adecuados para la correcta asimilación de los conceptos. Los Objetos de Aprendizajes (OA) es un contenido educativo digital cuya finalidad última es el aprendizaje del usuario y que, en sí mismo, constituye o puede llegar a constituir, mediante su integración con otros objetos más simples (texto, imágenes, audio, video, etc.), un material educativo multimedia [22]. Básicamente, un OA es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización [23]. La característica de ser autocontenible, implica que sus elementos internos deben tener sentido por sí mismos y ser autosuficientes, para el logro del objetivo de

aprendizaje para el cual fue desarrollado. Por esta razón, puede usarse tanto en la enseñanza presencial como en procesos de educación virtual o a distancia [24]. Esta doble usabilidad, facilita el estudio independiente de los estudiantes, contribuyendo así, a la formación de su autonomía frente al conocimiento, uno de los mayores objetivos educativos, que exige con mayor firmeza la educación de seres humanos capaces de aprender por sí solos.

Por otro lado, para las clases prácticas, se implementa una estrategia metodológica que permite a las cátedras de Programación Numérica y Cálculo Numérico entrenar a sus alumnos en el desarrollo ágil de software como un enfoque superador a la mera práctica de la programación de lenguajes, permitiendo al mismo tiempo, promover acciones cooperativas y colaborativas en equipos de trabajos, que les facilita la adquisición de habilidades propias del programador profesional. Básicamente, la estrategia consiste en la apropiación de los conceptos del Aprendizaje Cooperativo Basado en Problemas, diseñadas para separar y resaltar aspectos importantes de la programación y la resolución de problemas, bajo el marco referencial de Scrum. En pocas palabras, se trata de llevar la realidad laboral al aula, en un ambiente simplificado y controlado por los docentes.

El *Aprendizaje Basado en Problemas* (ABP), resulta del proceso de trabajar sobre la comprensión y la resolución de problema, donde el problema es un elemento importante en el proceso de aprendizaje. El marco teórico del ABP establece características [25], que combinadas con las actividades de la metodología del desarrollo ágil de software de Scrum [26], propicia una ambiente apto para desarrollar un sistema de aprendizaje en el que el único protagonista es el alumno.

Las actividades investigadas y que se desarrollan en clases prácticas persiguen tres objetivos básicos, por el cual, se las agrupan en tres categorías [27]. El primero de los objetivos, busca fomentar la inclusión para

que el proceso de formación sea equitativo y esté al alcance de todos. Las dificultades de aprendizajes en asignaturas previas, provocan en un porcentaje de alumnos falta de motivación que los conduce a una auto marginación del grupo activo de la clase, con el consiguiente abandono del cursado. Las actividades que se desarrollan bajo este objetivo son:

- *Realizar Evaluación Diagnóstica Inicial.*
- *Realizar Adecuación Pedagógica de las estrategias de enseñanza.*
- *Identificar programadores entusiastas.*
- *Organizar Grupos de Trabajos Estudiantiles con un programador entusiasta (en lo posible).*
- *Fomentar tutorío de pares.*

Con el segundo de los objetivos se busca equilibrar formalismo teórico-práctico con pragmatismo para el mejoramiento académico en la realización de las prácticas. Uno de los mayores inconvenientes que se ha detectado en la enseñanza curricular de las asignaturas de Programación de Numérica y Cálculo Numérico, es que las clases (teórica y prácticas) no eran lo suficientemente pragmática, provocando que ante la falta de motivación, los alumnos se limitasen a la asimilación memorista, y no tengan un panorama más amplio de la aplicabilidad práctica de los nuevos conceptos. Las actividades que apoya el segundo objetivo son:

- *Diseñar Casos de Estudios que favorezcan la rápida asimilación de conceptos.*
- *Proporcionar el marco de actuación cooperativa de Scrum.*
- *Entrenar para la socialización.*
- *Entrenar para un desempeño ágil en la programación de aplicaciones.*
- *Entrenar para enfrentar situaciones de contingencia.*

El tercer objetivo es, disponer de las acciones evaluativas, como verdaderas herramientas de adecuación de la metodología a las características pedagógicas de los alumnos. Las actividades que dan soporte al objetivo son:

- *Analizar resultados de la evaluación diagnóstica inicial.*
- *Realizar evaluación de proceso y formativo.*
- *Realizar evaluación final y formativa.*
- *Realizar autoevaluación docente y continua.*
- *Evaluar la efectividad de la aplicación estratégica de la Metodología en cada período lectivo.*

Los detalles de cada actividad se describe en [27].

### 3. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

Los principales ejes temáticos que se investigan son los siguientes:

- » Actividades pedagógicas que propicien un ambiente de participación activa y comprometida que facilite el aprendizaje significativo, en un contexto de Aula Invertida.
- » Actividades pedagógicas centradas en el alumno, que propicie la adquisición de habilidades para la resolución de problemas, el desarrollo del pensamiento algorítmico, en un contexto de desarrollo ágil de software.

### 4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

La estructura del equipo de investigación es de 5 (cinco) miembros incluidos el Director.

Uno de sus miembros desarrolla la tesis de la Especialidad en Tecnología Multimedia para Desarrollos Educativos; posgrado que se dicta en la Universidad Nacional de Córdoba.

Otro de sus miembros, desarrolla la tesis de la Especialidad en Psicopedagogía Institucional; posgrado que se dicta en la Universidad Nacional de Salta.

Por otro lado, uno de los miembros desarrolla la tesina para acceder al título de Técnico Universitario en Programación; carrera que se dicta en la Facultad de Cs. Exactas de la Universidad Nacional de salta.

### 4. RESULTADOS OBTENIDOS / ESPERADOS

La estrategia metodológica basada en el entrenamiento de la programación ágil en lugar de la mera práctica de contenido, significó para las clases prácticas, un cambio radical de pensamientos y de las formas de abordar las guías de trabajos prácticos. Con el tutorero de pares se logró motivar e incluir a los alumnos auto marginados al grupo activo de las clases.

En cuanto a las clases teóricas, se siguen diseñando OA en un contexto de Aula Invertida. Se ha realizado una prueba piloto con algunos temas de la currícula obteniéndose resultados muy alentadores, tanto del punto de vista humano como académico. Se espera que al finalizar el proyecto se tenga una metodología de enseñanza depurada que le permita a las cátedras de Programación Numérica y Cálculo Numérico mejorar el rendimiento académico y disminuir la tasa de abandono.

### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Sarpong K. A.-m., Arthur J. K. and Owusu Amoako P. Y. (2013). Causes of Failure of Students in Computer Programming Courses: The Teacher - Learner Perspective. *International Journal of Computer Applications (IJCA)*. Vol. 77 (12):27-32. doi: 10.5120/13448-1311
- [2] Milne I. and Rowe G. (2002). Difficulties in Learning and Teaching Programming -- Views of Students and Tutors. *Education and Information Technologies*. Vol. 7 (1):55-66. doi: 10.1023/a:1015362608943
- [3] Sancho-Thomas P., Fuentes-Fernández R. and Fernández-Manjón B. (2009). Learning teamwork skills in university programming courses. *Computers & Education*. Vol. 53 (2):517-531. doi: 10.1016/j.compedu.2009.03.010
- [4] Roberts F. S. (2011). The Challenges of Multidisciplinary Education in Computer Science. *Journal of Computer Science and Technology*. Vol. 26 (4):636-642. doi: 10.1007/s11390-011-1164-1

- [5] Hershkovitz A., Sitman R., Israel-Fishelson R., Eguiluz A., Garaizar P. and Guenaga M. (2019). Creativity Inside and Outside Programming Learning. *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge*. pp. 293-298. Association for Computing Machinery. Tempe, Arizona, USA.
- [6] Tsai M.-J., Wang C.-Y. and Hsu P.-F. (2018). Developing the Computer Programming Self-Efficacy Scale for Computer Literacy Education. *Journal of Educational Computing Research*. Vol. 56 (8):1345-1360. doi: 10.1177/0735633117746747
- [7] Kotovsky K. (2003). Problem Solving – Large/Small, Hard/Easy, Conscious/Nonconscious, Problem-Space/Problem-Solver: The Issue of Dichotomization. *The Psychology of Problem Solving*. pp. 373-384. Cambridge University Press. Cambridge. doi: 10.1017/CBO9780511615771.013
- [8] Fox R. and Farmer M. (2011). The Effect of Computer Programming Education on the Reasoning Skills of High School Students. *Paper of The 2011 International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering (FECS'11)*. July 18-21, 2011. WorldComp 2011 Proceedings.
- [9] López-Cruz O., Mora A. L., Sandoval-Parra M. and Espejo-Gavilán D. L. (2017). Teaching Computer Programming as Knowledge Transfer: Some Impacts on Software Engineering Productivity. *Proceedings of Trends and Applications in Software Engineering*. pp. 145-154. Springer International Publishing. Cham.
- [10] Díaz Barriga F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa (Redie)*. Vol. 5 (2):1-13. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85>
- [11] Corral-Lage J., Ipiñazar-Petralanda I. and Ipiñazar-Petralanda I. (2015). Aplicación del aprendizaje basado en problemas en la asignatura contabilidad financiera superior: ventajas y desventajas. *Tendencias Pedagógicas*. Vol. 23:45-60.
- [12] De Buenaga Rodríguez M., Ortega Ortiz de Apodaca M., Monsalve Piqueras B. and Mata Ortega M. (2004). Desarrollo de competencias generales en los estudios de Informática: la experiencia en la Universidad Europea de Madrid. *Jornadas de Innovación Universitaria*.
- [13] Abío G., Alcañiz M., Gómez-Puig M., Rubert G., Serrano M., Stoyanova A. and Vilalta-Bufi M. (2017). El aula invertida y el aprendizaje en equipo: dos metodologías para estimular al estudiante repetidor. *Revista d'Innovació Docent Universitària (RIDU)*. Vol. 9:1-15. doi: 10.1344/RIDU2017.9.1
- [14] Mok H. N. (2014). Teaching Tip: The Flipped Classroom. *Journal of Information Systems Education*. Vol. 25 (1):7-12.
- [15] Espinoza Pastén L. M. and Araya Cortés A. A. (2019). Clase invertida y aprendizaje cooperativo en postgrado: una experiencia en Chile. *Educere*. Vol. 23 (75):477-486.
- [16] Gilboy M. B., Heinerichs S. and Pazzaglia G. (2015). Enhancing student engagement using the flipped classroom. *Journal of nutrition education and behavior*. Vol. 47 (1):109-114. doi: 10.1016/j.jneb.2014.08.008
- [17] Betihavas V., Bridgman H., Kornhaber R. and Cross M. (2016). The evidence for 'flipping out': A systematic review of the flipped classroom in nursing education. *Nurse Education Today*. Vol. 38:15-21. doi: 10.1016/j.nedt.2015.12.010
- [18] Jensen J. L., Kummer T. A. and Godoy P. D. d. M. (2015). Improvements from a flipped classroom may simply be the fruits of active learning. *CBE life sciences education*. Vol. 14 (ar5):1-12. doi: 10.1187/cbe.14-08-0129
- [19] Abeysekera L. and Dawson P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*. Vol. 34 (1):1-14. doi: 10.1080/07294360.2014.934336
- [20] Ferreiro Gravié R. (2006). *Estrategias didácticas del aprendizaje cooperativo*. 2 Ed. Editorial Trillas, Mexico.
- [21] Fortanet van Assendelft de Coningh C., González-Díaz C., Mira Pastor E. and López Ramón J. (2013). Aprendizaje cooperativo y flipped classroom. Ensayos y resultados de la metodología docente pp. 1151-1162. Universidad de Alicante. Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad. <http://hdl.handle.net/10045/43329>
- [22] Marzal M. Á., Prado J. C. and Burgoa E. R. (2015). Objetos de aprendizaje como recursos educativos en programas de alfabetización en información para una educación superior de posgrado competencial. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*. Vol. 29 (66):139-168. doi: 10.1016/j.ibbai.2016.02.029
- [23] Chiappe Laverde A., Segovia Cifuentes Y. and Rincón Rodríguez H. Y. (2007). Toward an instructional design model based on learning objects. *Educational*

*Technology Research and Development*. Vol. 55 (6):671-681. doi: 10.1007/s11423-007-9059-0

[24] Chiappe Laverde A. (2009). Acerca de lo Pedagógico en los Objetos de Aprendizaje-Reflexiones Conceptuales hacia la Construcción de su Estructura Teórica. *Estudios Pedagógicos*. Vol. XXXV (1):261-272.

[25] Barrows H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*. Vol. 1996 (68):3-12. doi: 10.1002/tl.37219966804

[26] Alaimo M. (2013). *Proyectos Ágiles con Scrum*. Flexibilidad, aprendizaje, innovación y colaboración en contextos complejos. 1 Ed. (np. 126) Kleer Agile Coaching & Training, Buenos Aires, Argentina.

[27] Barberis A. R., Del Moral L. E., Silvera A. J. and Méndez E. (2020). Metodología para un Entrenamiento Pedagógico de la Programación de Computadoras. *Proceedings of 8° Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2020)*. UTN Facultad Regional San Francisco. Córdoba, Argentina.