

Generando Espacios para Poner en Práctica el Hacer Científico en la Licenciatura en Ciencias de la Computación

Francisco Bavera¹, Germán Regis¹, María Marta Novaira¹, Gastón Scilingo¹

¹ Departamento de Computación,
FCEFQyN, Universidad Nacional de Río Cuarto,
Ruta 36 km 601, Río Cuarto, Argentina
{pancho,gregis,mnovaira,gscilingo}@dc.exa.unrc.edu.ar

Abstract. Nuestra principal meta como docentes es formar a nuestros alumnos como científicos (personas que disfruten jugando con ideas) y como educadores (personas que buscan transmitir ideas y puedan hacerlo de manera efectiva). Creemos que lograr estas metas es muy importante en el desarrollo personal y profesional de nuestros alumnos. Buscamos brindarles a los alumnos la experiencia de jugar y disfrutar con la resolución creativa y original de problemas complejos. Consideramos muy importante ayudar a los alumnos a vislumbrar que lo que están aprendiendo es importante e interesante, y tienen el deber de compartirlo con los demás. Para que los alumnos afiancen firmemente sus conocimientos del método científico, deben experimentar directamente con la formulación de hipótesis, el diseño experimental, la verificación de la hipótesis y el análisis de los datos para su posterior presentación. La currícula debe proveer esta experiencia con el objetivo vital de que los estudiantes hagan ciencia, no solo lean sobre ciencia. En este trabajo presentamos el enfoque que estamos implementando con el fin de que los alumnos logren usar sus conocimientos en la resolución creativa y original de problemas complejos y en su capacidad para transmitir estas resoluciones. Se busca que los alumnos logren un pensamiento científico y creativo, que los lleve a una mejor comprensión asumiendo una actitud crítica y participativa.

Palabras Clave: Ciencias de la Computación, Autómatas y Lenguajes, Compiladores, Innovación Pedagógica.

1 - Introducción

De estudios informales (nuestra propia experiencia y de discusiones con estudiantes y docentes) y de las conclusiones extraídas del proyecto PIIMEG convocatoria 2008 “Motivando la Curiosidad Científica en la Licenciatura en Ciencias de la Computación” hemos determinado que los alumnos de los últimos dos años de la Licenciatura en Ciencias de la Computación de la Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales no consideran sus actividades como “*hacer ciencia*”. Esta apreciación se debe fundamentalmente a su desconocimiento de que es “*ciencia*” y el “*hacer científico*”. Esta sensación de los alumnos proviene, creemos, (1) de la ausencia de actividades en las que se recalque el proceso científico que realizan constantemente; (2) del escaso contacto que tienen con investigaciones científicas y eventos científicos (artículos, revistas, seminarios, charlas, workshops, congresos, entre otros); y (3) del escaso requerimiento que tienen para redactar, discutir y/o presentar resultados científicos (tanto propios como ajenos).

Estos alumnos, en su gran mayoría (más de un 90%), demuestran todos los años una gran apatía y poca motivación para ser pro-activos en su formación con una marcada ausencia de conciencia crítica y curiosidad para con los conocimientos impartidos y por adquirir nuevos conocimientos.

Si bien la implementación de las actividades planteadas en el proyecto de la convocatoria PIIMEG anterior lograron que los alumnos, gradualmente, comenzaron a cambiar la visión con respecto a que significa hacer ciencia, todavía queda mucho por lograr. Paulatinamente se nota una mayor participación en el aula y un grado mayor de cuestionamiento a los métodos y soluciones planteada. Actividades que, lamentablemente, no han sido acompañadas con un incremento en la lectura de bibliográfica como fuente para sustentar, o no, los cuestionamientos y/o las soluciones alternativas propuestas. Otro punto fundamental que debemos resaltar es el excesivo tiempo que les insume a los alumnos terminar su trabajo final de Licenciatura.

Hemos concluido, que lo más importante de sus carencias no es que sepan más o menos contenidos relativos a Ciencias de la Computación, sino que sus carencias provienen de una falta de capacidad de razonamiento, de comprensión del lenguaje propio de las Ciencias de la Computación, de entrenamiento en el estudio constante y metódico. Es válido afirmar que se aprende a hacer mientras se practique el hacer. Significa que los estudiantes no aprenderán a pensar críticamente, analizar la información, comunicar las ideas y resultados, alcanzar conclusiones lógicas, colaborar con otras personas, o crear soluciones alternativas a menos que les den el tiempo y oportunidad de desarrollar y de practicar estas habilidades.

Los diferentes temas involucrados en el área de Teoría de Autómatas y Lenguajes Formales, como así también, los relacionados con el diseño e

implementación de Compiladores conforman una parte muy relevante en la currícula de Ciencias de la Computación. El nivel de abstracción de estos conocimientos hace que se presenten dificultades tanto a la hora de enseñarlos como a la hora de aprenderlos. Nuestra experiencia en el dictado de estas materias muestra que muchos alumnos no sienten ninguna motivación por aprender (y comprender) estos temas como nosotros esperamos. Estas dificultades se ven reflejadas, en mayor medida, en la instancia de evaluación final de las materias. En esta instancia, se desnudan falencias en la formación que nos resultan, por lo menos, desconcertantes. Los actuales alumnos parecen no tener suficientemente desarrolladas las destrezas vinculadas con la capacidad de abstracción, considerada esencial para el progreso científico [KOZEN05]. Inmersos en una cultura de la imagen, ya no consideran al libro como el emblema del conocimiento y la cultura, y ha sido reemplazado por la televisión y la computadora. Además, existe un proceso social por el cual los nuevos alumnos han sido socializados hacia la abulia y la ausencia, mientras que la escuela requiere dedicación y atención. En este contexto, nuestros métodos “tradicionales” de enseñanza mostraron cierta ineficacia y percibimos que somos incapaces de activar las formas de inteligencia propias del nuevo estilo cognoscitivo de los alumnos que se muestran cada vez más desmotivados y apáticos [CAVADINI05].

Los problemas detectados se reflejan en:

- Un tiempo excesivo para realizar la tesis de licenciatura.
- Una dificultad generalizada para usar de manera fructífera la bibliografía de las materias.
- No muestran interés en leer la bibliografía recomendada. Esperan que el docente resuma los conocimientos teóricos.
- Tienen poca experiencia en la lectura de material de divulgación científica (artículos, revistas, etc.) y ninguna en la transmisión de resultados científicos (escritura y/o exposición). Por este motivo creemos que no se sienten motivados a contrastar, comparar y evaluar con una mirada crítica diversos enfoques que resuelven un mismo problema.
- La relación entre los conceptos teóricos, los trabajos prácticos y los talleres de implementación no se enfatiza suficientemente en el dictado de las materias (y en algunos casos no es requerido formalmente). Lo que se traduce, en que los estudiantes, en general, no consideran a la teoría como una ayuda y/o una fundamentación a la hora de resolver problemas.
- Un aislamiento conceptual entre los temas tratados en diferentes materias e incluso en la misma materia. No tienen desarrollada una gran capacidad de asociar y aplicar los conocimientos a nuevos problemas o nuevos contextos.
- No disfrutan el proceso involucrado en resolver problemas.
- Extrema falta de independencia para desarrollar soluciones propias a los problemas planteados, poca creatividad para diseñar y en general “exigen” resoluciones “modelo” de los problemas a resolver.
- Los alumnos no se sienten científicos ni tienen en claro que significa ser científicos.

2 - Fundamentación de la Innovación

Una de las principales metas como docentes, creemos, es formar a nuestros alumnos como científicos (personas que disfruten “jugando” con ideas) y como educadores (personas que buscan transmitir ideas y puedan hacerlo de manera efectiva). Creemos que lograr estas metas, aunque sea parcialmente, es muy importante en el desarrollo personal y profesional de nuestros estudiantes. Para lograr esto, buscamos romper con la práctica tradicional de transmitir a los alumnos la sensación de que los problemas planteados ya han sido resueltos por otras personas. Esta situación no es motivadora y además puede ser desmoralizante. Nosotros buscamos brindarles a los estudiantes la experiencia de “jugar” y “disfrutar” con la resolución creativa y original de problemas complejos. También, consideramos muy importante ayudar a los alumnos a darse cuenta de que lo que están aprendiendo es importante e interesante, y tienen el deber de compartirlo con los demás.

Para que los alumnos afiancen firmemente sus conocimientos del método científico, deben experimentar directamente con la formulación de hipótesis, el diseño experimental, la verificación de la hipótesis y el análisis de los datos para su posterior presentación. La currícula debe proveer esta experiencia con el objetivo vital de que los estudiantes “hagan ciencia”, no solo “lean acerca de ciencia”. Además, con estas actividades pretendemos contribuir a que los alumnos puedan desarrollar su trabajo final en menor tiempo y con mayor autonomía.

La propuesta curricular en el área de Ciencias de la Computación de la ACM y la IEEE [CC01], a la que adhirió la Propuesta de Currícula de la Red de Universidades Nacionales con Carreras en Informática (RedUNCI) recalca que: “Los estudiantes deben desarrollar una comprensión del método científico y adquirir experiencia en investigación”.

Además, la ACM y la IEEE definen como una de las líneas de trabajo de los profesionales en ciencias de la computación: el desarrollo efectivo de caminos para resolver problemas de computación. Esto se refiere a la aplicación o desarrollo de teoría en ciencias de la computación y conocimiento de algoritmos para asegurar la mejor solución posible para problemas computacionales [CC05].

Adquirir estas capacidades no es simplemente comprender los nuevos conceptos. Es, además, desarrollar la capacidad de resolver problemas usando los conocimientos adquiridos y disfrutar haciéndolo. Los métodos que aprendimos en la escuela como el de la división con resto o las operaciones con fracciones aún descritos por un enunciado interesante, no deberían entrar en la categoría de problemas. Los problemas verdaderos son aquellos que nos apasionan, que llaman nuestra atención y ponen en funcionamiento toda nuestra capacidad de razonamiento. Un problema, debe permitirnos visualizar lo importante y gratificante que es aplicar

nuestros conocimientos y razonamientos para entender fenómenos no triviales.

En la moderna concepción pedagógica, el docente es mediador, tiene que ayudar al alumno a adquirir conocimiento, habilidades y estrategias para satisfacer la necesidad de progresar, aprender cada día más y resolver problemas que surgen ante demandas impredecibles. El docente mediador interactúa entre mensaje y aprendiente, siendo éste un participante activo.

Según Williams y Burden [WB97]: El docente tiene que ayudar al alumno a interactuar con los materiales de distintas maneras hasta que se conviertan en verdaderos aprendientes auto-dirigidos y, en este caso, lo logran a través de herramientas que potencialmente serán su fuente e instrumento del manejo de información en su futura vida profesional.

Consideramos que es fundamental que, como docentes, tomemos parte activa y busquemos alternativas para lograr que los alumnos afiancen aquellos conocimientos que juegan un rol central en ciencias de la computación y fortalezcan las habilidades necesarias para aplicarlos y relacionarlos en distintas situaciones. Puntos fundamentales en el conjunto de herramientas que deben poseer los profesionales en Ciencias de la Computación.

3 - Objetivos de la innovación

El objetivo principal del proyecto es lograr que, al finalizar de cursar la carrera Licenciatura en Ciencias de la Computación, los alumnos adquieran una sólida base de los conocimientos centrales de las Ciencias de la Computación y en el diseño e implementación de Compiladores y Sistemas Operativos. Esta base sólida se debe ver reflejada no solo en las evaluaciones finales sino en la capacidad de los alumnos de usar estos conocimientos en la resolución creativa y original de problemas complejos y en su capacidad para transmitir estas resoluciones.

Para llevar esto a cabo proponemos los siguientes objetivos específicos en lo referente a nociones y conceptos que esperamos que los estudiantes hayan adquirido al final de las materias:

- Dominio de los fundamentos teóricos. Su relación, formas de representación y algoritmos relacionados.
- Aplicación de estos fundamentos en casos prácticos, como por ejemplo, su uso en *parsing* o su aplicación a la bioinformática. Generalización de las técnicas dadas.
- Generar espacios, dentro de la currícula, para que los alumnos “hagan ciencia” y así desarrollen experiencia con el proceso científico. Se busca enseñarlos a construir un pensamiento científico y creativo, que los lleve a una mejor comprensión asumiendo una actitud crítica y participativa.

- Reducir el tiempo de duración para realizar el trabajo final de la Licenciatura en Ciencias de la Computación.
- Esperamos que los estudiantes adquieran y mejoren ciertas habilidades tanto en lo específico de la disciplina como de los hábitos de estudio y en los métodos para la resolución de problemas:
- Independencia y creatividad para generar soluciones a problemas nuevos usando las herramientas aprendidas.
- Desarrollo del hábito de lectura (no solo de la bibliografía obligatoria).
- Experiencia en la presentación (oral y escrita) de resultados.
- Uso de herramientas de comunicación, como foros de discusión, correo electrónico y pizarras virtuales, lo cual generará una mayor interacción alumno-alumno y alumno-docente.
- Mayor motivación, curiosidad, pro-actividad y conciencia crítica durante el proceso de aprendizaje.
- Generar en el alumno la necesidad de compartir sus resultados y experiencias.

4 - Descripción de la Innovación

La innovación se centra en las actividades a realizar en las materias involucradas pertenecientes a cuarto y quinto año de la Licenciatura en Ciencias de la Computación y en las actividades realizadas por los alumnos que realizan su trabajo final. Pero, estas actividades dan continuidad a las actividades implementadas en las materias de Programación Avanzada y Estructura de Datos correspondientes al segundo año.

El constructivismo es una teoría de aprendizaje que predica que el conocimiento es construido activamente por los estudiantes, y no es absorbido pasivamente de exposiciones o textos [ARI01]. Esta teoría afirma que la construcción de nuevos conocimientos se realiza recursivamente, basándose en el conocimiento previo. Este proceso es activamente guiado por el docente y su meta es que el estudiante pueda construir conocimientos significativos. El alumno selecciona y transforma información, construye hipótesis, y toma decisiones basándose en una estructura cognitiva que provee significado y organización para sus experiencias. Los docentes y los estudiantes deben participar de un continuo diálogo donde una de las tareas del docente es transformar la información a un formato apropiado según el estado actual de entendimiento del alumno.

Los principales puntos que rigen el aprendizaje significativo son los siguientes: (1) Aprender es una actividad social y contextual. (2) Aprender es un proceso activo. (3) El conocimiento previo juega un rol muy importante. (4) Actividades de refuerzo y de extensión promueven un aprendizaje significativo [BRU90].

Siguiendo estos principios se presentan las actividades propuestas. Estas

estrategias son combinadas y sumadas a las ya tradicionales en el dictado de las materias (clases expositivas, trabajos prácticos y talleres de implementación).

1. **Actividades de refuerzo y de extensión.** Se introducen estas actividades en distintas etapas del dictado de las materias. Diferentes artículos relacionados a aplicaciones prácticas en el mundo real de los conceptos introducidos son presentados y discutidos en clase por los estudiantes. Los estudiantes no solo leen los artículos sino que manifiestan sus opiniones y puntos de vista defendiendo estos con argumentos válidos. En algunos casos se requirió una justificación escrita de sus argumentos. Estas actividades promueven un aprendizaje significativo.
2. **El estudiante como un investigador en formación.** Para ayudar a los estudiantes a formarse como científicos nos enfocamos en generar experiencias que les permitan disfrutar de descubrir soluciones creativas y originales a problemas complejos. Por ejemplo, utilizamos problemas que inicialmente, los estudiantes, piensen que son imposibles de resolver entonces una vez que obtienen la solución se sienten invencibles adquiriendo la pasión por resolver problemas y jugar con ideas. Para solucionar algunos de estos problemas los alumnos realizaron una revisión bibliográfica y se les exigió escribir un reporte técnicos comentando la solución desarrollada y el proceso realizado para obtenerla.
3. **El estudiante como un educador.** Para ayudar a los estudiantes a transmitir conocimientos nos enfocamos en mostrarles que lo que aprenden es importante e interesante y que tienen el deber de compartirlo con otras personas. Entre las actividades realizadas mencionamos: presentación de soluciones a problemas complejos, realización de correcciones a sus compañeros, proposición de mejoras a las soluciones de sus compañeros, realización de autocorrecciones.

Con el fin de romper con la creencia de que los aspectos fundamentales de ciencias de la computación son muy matemáticos y no tienen ninguna relación directa y palpable con sus futuras actividades profesionales se realizaron actividades que apuntan a mostrarle a los alumnos la relación entre los contenidos y los lenguajes de programación actuales (como JAVA, C, C++, Eiffel) los cuales son familiares para los alumnos. Además, se complementa el uso tradicional de papel y lápiz en la resolución de ejercicios prácticos con el uso de herramientas interactivas. Estos programas permiten experimentar con muchos de los conceptos introducidos y pueden ser usados para autocorrección. Estos simuladores de algoritmos permiten visualizar el comportamiento de los mismos, con lo cual, ayuda a entender fácilmente su comportamiento. Otra actividad importante es la inclusión explícita de detalles históricos de la evolución de los conceptos introducidos y su posible relación con el contexto histórico en que se desarrollaron. Esto impactó notablemente en los alumnos ya que lograron vislumbrar el proceso científico inmerso en las actividades que se llevaron a cabo para obtener el resultado estudiado. Los alumnos resaltaron lo enriquecedor y motivador que fue entender la evolución de los conceptos y métodos aprendidos. Como así también, les permitió apreciar el impacto que generaron en la

evolución de la ciencia y la programación.

La experiencia nos ha demostrado que prácticos de laboratorio son necesarios para lograr una mejor asimilación de los conceptos teóricos. Creemos que los prácticos de laboratorio complementan muy bien los conceptos teóricos con prácticas dirigidas, orientadas hacia la enseñanza del buen uso de las herramientas y sus aplicaciones.

5 - Conclusiones

Si bien es de reciente implementación estos cambios, los primeros resultados son prometedores y permiten pensar que los alumnos responden favorablemente. Es importante resaltar que los alumnos se mostraron más curiosos y proactivos, además, demostraron un mayor grado de interés en las actividades de resolución de problemas.

No obstante, en esta primera edición, el promedio de las notas obtenidas por los alumnos (en los exámenes parciales) no difiere de los últimos años. Como así tampoco el grado de participación y colaboración entre los alumnos. Por ejemplo, son escasos los aportes en los foros de discusión y no generan iniciativas para comentar y/o exponer resultados, metodologías y/o conclusiones de sus actividades. Creemos que debemos replantear las actividades para revertir la tendencia de los alumnos de no participar activamente en la transmisión del conocimiento y experiencias adquiridas. Si bien, logramos que varios alumnos presenten trabajos en concursos estudiantiles de trabajos de materias y trabajos finales de grado (algunos lograron menciones o premios), no logramos que por iniciativa propia lo contabilicen con sus compañeros.

Hay que esperar a obtener los resultados en las materias de los primeros años y el impacto en la formación de estos alumnos al llegar al último año de la carrera. Y el desempeño con que realicen la tesis de grado.

También, debemos esperar a obtener los resultados de los próximos años para así contar con una muestra más significativa. Es necesario contar con mayores datos para lograr un análisis concluyente sobre el impacto de estas actividades.

Lo que sí queda en claro es que no hay que subestimar el potencial de los alumnos y que su motivación aumenta significativamente ante desafíos y problemas difíciles de resolver.

Esperamos que con el tiempo logremos cambiar la visión de los alumnos con respecto a que significa hacer ciencia y que logren tomar protagonismo en su formación como científicos y transmisores de conocimiento. Obteniendo profesionales con un mayor grado de compromiso hacia la sociedad y la búsqueda de soluciones que la beneficien.

Queda mencionar que estamos planificando implementar una serie de seminarios de trabajos finales con las siguientes premisas: (1) presentación de temas de posibles trabajos finales. Estas estarán a cargo de los potenciales directores de dichos trabajos. (2) Presentación de los avances en la elaboración del trabajo final. A cargo de los alumnos que están realizando el trabajo final. Se pretende que el expositor reciba comentarios y aportes para continuar y terminar su trabajo. A estos seminarios deberían asistir todos los alumnos que estén realizando su trabajo o estén por comenzar el mismo. Una finalidad extra de esta actividad es poder determinar los alcances de cada trabajo para contribuir a que el mismo se realice en el tiempo estimado. (3) Propuesta de un alumno de trabajo final. Aquellos alumnos que propongan ellos mismos el tema de trabajo final, lo presentarán con el fin de recibir aportes que contribuyan a elaborar la propuesta definitiva y, posiblemente, designar un director.

Bibliografía

[ARI01] M. Ben-Ari. *Constructivism in computer science education*, Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, v.20 n.1, p.45-73, January 2001

[ASSIST] Simulador ASSIST <http://www.cs.binghamton.edu/~software/>

[BRU90] J. Bruner. *Act of Meaning*. Harvard Univ. Press, 1990.

[CAVADINI05] Salvador Cavadini. *Compiladores e Intérpretes: En búsqueda de una práctica docente eficaz*. Monográfico final, Especialización en la Enseñanza de la Educación Superior, Universidad Católica de Cuyo.

[CC01] Computing Curricula 2001 ACM-IEEE.
http://www.acm.org/education/education/education/curric_vols/cc2001.pdf

[CC05] Computing Curricula 2005: The Overview Report. ACM-IEEE.
http://www.acm.org/education/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf

[CGM] C. Chesñevar, M. Gonzalez y A. Maguitman. *Didactic Strategies for promoting Significant Learning in Formal Languages and Automata Theory*. ITiCSE'04. 2004

[JCT] The Java Computability Toolkit. <http://humboldt.sunyit.edu/jct/default.htm>

[JFLAP] S. H. Rodger. Jflap web site, 2006. <http://www.jflap.org>.

[KOZEN05] D. Kozen. *Automata and Computability*. 1997.

[WB97] M. Williams, R. Burden. *Psychology for Language Teachers: A Social Constructivist Approach*. Cambridge University Press. 1997