

# Despertando Vocaciones en Computación mediante el uso de autómatas de chat

Luciana Benotti<sup>1</sup>, María Emilia Echeveste<sup>1,2</sup>, and Fernando Schapachnik<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FaMAF, Universidad Nacional de Córdoba

[benotti@famaf.unc.edu.ar](mailto:benotti@famaf.unc.edu.ar),

<sup>2</sup> Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Córdoba

[meecheveste@gmail.com](mailto:meecheveste@gmail.com),

<sup>3</sup> Fundación Dr. Manuel Sadosky

[fschapachnik@fundacionsadosky.org.ar](mailto:fschapachnik@fundacionsadosky.org.ar)

**Resumen** Este artículo describe la colaboración entre la Fundación Sadosky y la FaMAF para paliar el problema de la falta de interés de los jóvenes por las TICs. Para esta colaboración conformamos un equipo multidisciplinario compuesto por informáticos, psicólogos, sociólogos y comunicadores que generó un círculo virtuoso de financiación: fondos iniciales de la Fundación sirvieron de semilla para que la Universidad Nacional de Córdoba se sumara al proyecto con becas y subsidios, e involucrase a empresas locales.

**Keywords:** TIC, chatbot, FaMAF, Fundación Sadosky

## 1. Introducción

Hay una problemática real que es el desbalance entre oferta y demanda de profesionales de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), la cual debe solucionarse con urgencia debido a su criticidad para el desarrollo del país. Según datos del observatorio de la CESSI, la cámara que nuclea a las empresas del sector, la industria de software y servicios informáticos requiere un mínimo de 7000 profesionales al año, mientras que el sistema universitario y terciario del país, gradúa sólo a 3500. Este déficit de recursos humanos es cubierto principalmente con estudiantes universitarios, que en muchos casos terminan dejando sus estudios, aumentando el grave problema de la deserción en las carreras TICs. Esta escasez de recursos produce también una gran rotación de personal entre distintas empresas que compiten por ellos, generando problemas de todo tipo a la industria relacionada. Según el mismo observatorio, en el año 2010 el nivel de rotación de las empresas del sector de software fue del 26,3%, y más del 55% de las empresas dijo tener alta dificultad para cubrir posiciones. Esto significa, en términos llanos, que hay proyectos que no pueden aceptarse por falta de personal para llevarlos a cabo.

Las grandes potencias mundiales tampoco escapan de esta problemática. El reporte recientemente entregado al Presidente Obama de los Estados Unidos por su comité asesor en Ciencia y Tecnología [16] describe cómo este problema

amenaza el liderazgo abrumador que ha tenido ese país en las TICs. Esto muestra la necesidad mundial de recursos humanos especializados en esta área y la falta de una solución efectiva para encarar este problema. No hay modelos a copiar, necesitamos innovar.

El resto de este artículo procede de la siguiente manera. La sección 2 describe esta problemática en más detalle y analiza las razones que la originan. La sección 3 propone un dispositivo innovador que puede llegar a millones de jóvenes y que intenta solucionar la problemática, detallándose un componente de innovación local basado en autómatas de chat en la sección 4. La sección 5 presenta las observaciones obtenidas en las evaluaciones preliminares del trabajo, y la sección 6 concluye el artículo con algunas observaciones finales.

## 2. Descripción de la Problemática

¿Por qué motivo los adolescentes no eligen carreras TIC hoy en día? La respuesta no es simple y diversos estudios apuntan a diversas causas [6,10,14,7]. Estos estudios son fragmentarios, realizados en distintos momentos a distintas comunidades y con diferentes metodologías. En el caso de Argentina, el más importante es el realizado por la CESSI en 2006, que derivó en la campaña “Generación TI” [7].

Algunas de las explicaciones mencionadas en esos reportes, que combinamos con la experiencia personal de los autores, son las siguientes:

1. Muchos jóvenes tienen fuertemente inculcada la imagen del *nerd*, el personaje antisocial, con una vida de aislamiento y muy relacionado con actividades TIC.
2. Imaginan a las carreras TICs como difíciles, incomprensibles, fuera de su alcance, en parte por deficiencias en formación matemática, en parte por prejuicio puro.
3. No tienen modelos a seguir asociados a estas carreras en su propio ámbito, ni en el marco cultural (nos referimos a alguien de su entorno que los “inspire” a inclinarse por estas disciplinas).
4. El cambio en la educación en computación, que ha puesto el foco en el manejo de “utilitarios” (procesadores de texto, planillas de cálculo), hace que los jóvenes no se vean expuestos a los desafíos que presenta la computación cuando uno quiere controlar (“programar”) a la computadora como ocurrió por ejemplo en la década de los ‘80 con el uso del lenguaje Logo.
5. Los jóvenes no conocen los beneficios que presenta el desarrollo profesional en carreras relacionadas (buenos sueldos, desempleo cero, posibilidad de teletrabajo, etc).

A esto se suman una serie de problemas que afectan a los adultos que podrían guiarlos, en especial a sus docentes. En particular, muchas escuelas no tienen docentes de computación ni de ninguna materia relacionada con el ámbito TIC, y por lo tanto no hay personas que podrían motivarlos a orientarse por estas disciplinas. En algunos casos, puede incluso suceder que lo que se enseñe (un

lenguaje de programación antiguo, poco o no relacionado con las tecnologías que atraen a los jóvenes, estudiando de memoria), resulte contraproducente.

Otro problema a tener en cuenta es el del género. Tradicionalmente, gran cantidad de mujeres se volcaron por las carreras de computación en las décadas del 60, 70 y 80, siendo la mayoría en carreras como Computador Científico y Licenciado en Análisis de Sistemas de la Universidad de Buenos Aires. Sin embargo, actualmente la Licenciatura en Ciencias de la Computación en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA recibe anualmente menos de un 10 % de mujeres, y en carreras de Facultades de Ingeniería como la UTN este número ronda el 13 %. En Estados Unidos, el 48 % de la fuerza de trabajo está formada por mujeres, pero sólo son el 24 % de los trabajos STEM (del inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) son cubiertos por mujeres. Adicionalmente, sólo un 26 % de las mujeres con títulos universitarios STEM trabajan en temas relacionados [7].

### 3. Manos a la obra

#### 3.1. Experiencias inspiradoras

Una experiencia exitosa es la del Departamento de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, cuya carrera de informática (Licenciatura en Ciencias de la Computación) experimentaba una baja en sus cifras de ingresantes, al igual que todas las carreras similares del país. La cantidad de alumnos que se anotaban en el CBC para dicha carrera era de 707 en 2001 y de sólo 287 en el año 2006, un número alarmante. A partir de ese momento el Departamento de Computación se embarcó en un activo plan para revertir la tendencia, que dio excelentes resultados, con 431 inscriptos en el año 2010, superando la cantidad de 2004 y acercándose a la de 2003 [11]. Es decir, logrando un aumento de la matrícula de 50 % en 4 años.

¿En qué se basó dicha experiencia? Los ejes principales fueron de comunicación y de motivación. Primeramente, se ajustó la manera de comunicar tratando de alejarse del lenguaje académico, típicamente rígido y distante a un registro más coloquial y comprensible por los adolescentes. Los largos textos que buscaban cubrir la multiplicidad de información que debe brindarse para permitir la elección de una carrera se reemplazaron por fragmentos más cortos, dispersos, de contenido textual y gráfico, fuertemente visual, enfatizándose la presencia en la web y sus vías de comunicación <sup>4</sup>.

Por otra parte, se cambió la dirección del relato: en lugar de comenzar en la carrera, se partió de los intereses de los chicos, intentando “colar” la computación en ellos, enfatizando fuertemente la motivación de los alumnos. También se trabajó en la comunicación permanente, generando boletines electrónicos y campañas de prensa, entre otras actividades de difusión.

Por otro lado, el estudio realizado por la CESSI que derivó en la campaña Generación TI fue muy completo desde el punto de vista del análisis de los

<sup>4</sup> [http://www.dc.uba.ar/futuros\\_estudiantes](http://www.dc.uba.ar/futuros_estudiantes)

factores que llevan a los jóvenes a no acercarse a estas carreras y los mensajes que es conveniente producir para revertir la tendencia. Los resultados de este estudio fueron tenidos en cuenta para el diseño de este programa.

El enfoque de la Fundación Sadosky para encarar el problema de la falta de interés por las carreras TIC se nutre de la experiencia positiva de Exactas, pero se presenta el factor de la escala. No se trata ya de visitar algunas escuelas cercanas a una institución, hay que llegar a todo el país. Un país en el que ahora millones de chicos tienen una herramienta de la que antes carecían, debido al Programa Conectar Igualdad.

### 3.2. La propuesta “Dale Aceptar”

El Programa Conectar Igualdad del Gobierno Nacional <sup>5</sup> nos brinda una oportunidad única para llegar a 3 millones de alumnos secundarios, brindando una computadora por estudiante. Pero esto por sí sólo no alcanza para motivar a más jóvenes a estudiar carreras TICs. Ni siquiera basta con poner en la computadora de cada chico entornos de programación esperando que sean utilizados por propia iniciativa. Es necesario realizar un trabajo de motivación para mostrar que la dificultad no está fuera de su alcance, que el ámbito TIC es un lugar posible de inclusión laboral para ellos, y que el mundo TIC está lleno de desafíos. Ese trabajo debe estar basado en pequeños esfuerzos para los adolescentes y éste es otro punto donde Conectar Igualdad genera un cambio -de escala y cualitativo- sin precedentes poniendo las herramientas necesarias para este trabajo, directa y casi literalmente, en las manos de cada chico.

Recapitulando, contamos con una forma de transmitir información que probó ser exitosa a la hora de despertar interés en las carreras TIC. Contamos también con una inmensa cantidad de jóvenes que ahora pueden escuchar ese mensaje. Cómo hacer que los chicos se interesen en lo que tenemos para decirles? Necesitamos una propuesta que se conecte con sus intereses.

La Fundación, en el marco de su proyecto de Vocaciones en TIC, ideó el *Desafío Dale Aceptar* (<http://www.daleacceptar.gob.ar>), donde se presenta a los adolescentes la oportunidad de divertirse mientras realizan tareas relacionadas con el sector TIC, como una forma de que le pierdan el miedo, se informen, se entusiasmen. Dale Aceptar se plantea como una competencia, para que el estímulo de los premios convoque a más chicos a escuchar nuestro mensaje. La primera versión está basada en la herramienta Alice [9,15] -de amplia trayectoria- y propone aprender a crear juegos y animaciones.

¿Por qué juegos y animaciones? Por un lado, porque la herramienta se presta para eso con facilidad. Por otro, porque se trata de presentar una convocatoria amplia que resulte llamativa para chicos con intereses variados.

Sin embargo, hay un interés que está muy presente en los chicos que el programa aún no abarca: la interactividad, tan en boga por las redes sociales. El chat es claramente un elemento central de la experiencia adolescente de los nativos digitales. En vistas de esto, la alternativa de permitir a los adolescentes

<sup>5</sup> <http://www.conectarigualdad.gob.ar/>

crear autómatas de chat, se vuelve interesante. La propuesta de desarrollar autómatas de chat lleva esos intereses, un paso más allá, amparándose en diversos juegos sociales: *¿cuánto conocés a tus amigos?*, *¿podés predecir qué van a decir en determinadas situaciones?*, etc.

Pero la programación de estos autómatas es, hoy en día, tarea reservada a expertos. Surge entonces el desafío científico-tecnológico: *¿cómo hacer que jóvenes sin experiencia en programación puedan programar autómatas de chat de manera divertida y accesible?* La sección siguiente responde a estas preguntas.

## 4. Innovar con un componente local

Con la idea de desarrollar un “motor de chatbots” surgió la posibilidad de colaborar con un equipo de Procesamiento de Lenguaje Natural de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba (FaMAF-UNC) liderado por Luciana Benotti. De esta forma, se implementa un proyecto colaborativo entre la Industria (dado que las Cámaras del sector forman parte de la Fundación Sadosky, y además hay empresas participando del proyecto) y el ámbito académico.

### 4.1. Colaboración con FaMAF

En FaMAF trabaja desde el 2003 un grupo especializado en Procesamiento de Lenguaje Natural. La idea fue entonces hacer un desarrollo conjunto entre la Fundación Sadosky y este grupo que genere una herramienta de “motor de chatbots” que sería luego usada como base para la competencia de programación del programa de Vocaciones en Computación. De esta forma, se está incorporando avances científicos al contexto de un programa de interés para la industria e impulsado por una institución de vinculación.

El equipo de la FaMAF, dirigido por la Dra. Benotti cuenta con amplia experiencia en interfaces conversacionales. El equipo de diseñadores y programadores está constituido por egresados de la FaMAF-UNC que han desarrollado interfaces conversacionales comerciales, en particular han desarrollado una mujer virtual, llamada Julia, para iPhone. La Dra. Benotti ha trabajado en el diseño e implementación de diversas interfaces conversacionales. Participó en el diseño de extensiones (usando planificación automatizada) de la interfaz conversacional FROZ desarrollada por la Universidad de Saarland (en Alemania) [2,1]. Fue parte del equipo de desarrollo del agente conversacional SASO del Institute for Creative Technologies de la University of Southern California (en Estados Unidos) [4], entre otros proyectos relacionados con el área. El proyecto cuenta con la colaboración de la Dra. Cecilia Martínez, investigadora del CONICET en el área de políticas y metodologías educativas para las TICs. Además, el proyecto se nutre de las capacidades de los comunicadores sociales de la Fundación Sadosky.

La construcción propiamente dicha de la plataforma para chatbots está a cargo de este equipo dentro de la FaMAF. La Fundación Sadosky financia una primera etapa de este proyecto, hasta la obtención de una primera plataforma

implementable en Dale Aceptar. Como parte de este proyecto hemos obtenido una beca para proyectos de Innovación Tecnológica Socio-productiva (becas BITs-UNC). Estas becas son cofinanciadas por la Secretaría de Extensión y la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNC. Esta beca permitirá el acompañamiento, seguimiento y evaluación de la implementación de la plataforma de programación de chatbots, buscando colaborar con información que retroalimente el proyecto “Vocaciones en Computación”. La información así obtenida aportará propuestas de mejora para la plataforma. Para implementar estas mejoras hemos obtenido un Subsidio para Innovación y Transferencia de Tecnología que nos fue otorgado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNC nos permitirá implementar dichas mejoras.

#### 4.2. El motor de chatbots

La idea detrás de este motor es encapsular los componentes tecnológicamente más complejos de manera que provean una API sencilla, reservando para los jóvenes la etapa creativa, que es la de producción de reglas específicas que aparezcan estímulos con respuestas. Entonces, no deben preocuparse por cómo enmarcar los mensajes en XML para que se conecten con el sistema de chat de Facebook, sino solamente por crear reglas para que el chatbot reaccione apropiadamente a distintos comportamientos de sus amigos. Cuanto mejor anticipen las reacciones de sus amigos, mejor podrán programar el chatbot.

A continuación detallaremos las líneas de innovación del proyecto, los módulos de la plataforma de software a implementar y la evaluación de la implantación del mismo y evolución planificada.

##### Líneas de innovación del proyecto

El desarrollo y el objetivo de la plataforma chatbot es innovador en distintos aspectos. A continuación se listan las líneas en las cuales estos aspectos pueden clasificarse:

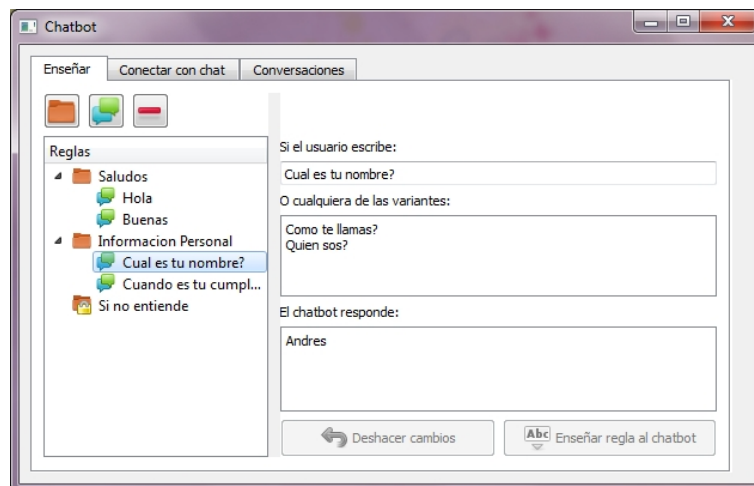
- El software permitirá aprender jugando conceptos importantes de computación como son las expresiones regulares, la unificación, las expresiones condicionales y las iteraciones. Estos conceptos son importantes incluso para quien no se dedique a la programación, pero quiera usar características avanzadas de herramientas de manipulación de datos.
- El software permite “chatear” con los contactos de Facebook sin estar presente; el chatbot es el que contestará en el chat cuando alguien escriba o iniciará conversaciones dado un evento (por ejemplo, cuando un amigo se conecte). Además proveerá una interfaz de diseño que permitirá al estudiante analizar las interacciones que el chatbot tuvo en su ausencia y modificarlo para que en el futuro reaccione de otra manera.
- El software acercará a los estudiantes a aplicaciones y conceptos de un área incipiente en el mundo como es el área de interfaces conversacionales automatizadas. Hace sólo unos meses Apple Inc. presentó su agente conversacional Siri<sup>6</sup> que ya es utilizado por cientos de miles de usuarios todos los días. Es

<sup>6</sup> <http://www.apple.com/iphone/features/siri.html>

el momento de intentar acercar este tipo de tecnología a nuestros jóvenes, pero no para que la consuman, para que la entiendan y la modifiquen.

La plataforma de chatbot consiste en los siguientes componentes de software:

1. Una interfaz gráfica simple que permita la construcción de pares evento-reacción que definan el comportamiento de un chatbot. Un evento, en general, será un mensaje de chat de un contacto de Facebook, el cambio de estado de un contacto (por ejemplo de ocupado a disponible), o el aviso de cumpleaños de algún contacto. Una reacción será un mensaje de chat desde el chatbot al contacto (el cual puede incluir emoticones).



**Figura 1.** Ventana principal de la plataforma de chatbot.

2. Una interfaz gráfica que permite al usuario de la aplicación probar su chatbot de forma local, y ver estadísticas de conexiones e interacciones del chatbot en determinados períodos de tiempo sin necesidad de conectarse a Internet.
3. Un motor de procesamiento de lenguaje natural simple, el cual inicialmente sólo implementaría unificación de expresiones regulares más funciones de distancia semántica simples para identificar la respuesta al texto ingresado. Este motor se basará en una simplificación del lenguaje AIML (Artificial Intelligence Markup Language, un dialecto de XML diseñado para crear chatbots). En la versión 2 del proyecto se analizará la introducción de las siguientes técnicas desarrolladas como parte del proyecto OpenIRIS [8] (la versión open source del proyecto que dio origen a Siri): planning automatizado [5,2] y aprendizaje iniciado por el usuario [12,3].
4. Un módulo de conexión al chat de Facebook para que los contactos del estudiante creador del chatbot pueden interactuar con el chatbot. El chatbot podrá ser personalizado para que hable de forma particular con algunos contactos especiales. Para los contactos para los que el chatbot no ha sido personalizado, responderá de forma genérica.



**Figura 2.** Ventana de conexión.

5. Módulo de recolección de estadísticas de uso centralizadas. La aplicación recolectará información sobre el uso de la aplicación y periódicamente la enviará a un servidor para su futuro análisis. El servidor contará con una interfaz web para ver dicha información. Esta información estará disponible para los organizadores de la competencia “Dale Aceptar” y colaborará en la elección de los ganadores de la misma.

Los componentes 2, 4 y 5 son módulos que se implementarán completamente en la versión 1 de la plataforma. No se espera que cambien para la versión 2 de la plataforma. Los módulos 1 y 3 son los más innovadores y su funcionalidad será evaluada durante intervenciones en las escuelas y mediante el feedback del foro online (con el que contará la competencia “Dale Aceptar”). Como resultado de esta evaluación, se propondrán mejoras a la versión 1 que serán implementadas en la versión 2 de la plataforma.

## 5. Evaluación preliminar

El desarrollo de la plataforma se encuentra avanzado, por lo que consideramos pertinente realizar una prueba preliminar con estudiantes. El propósito fue empezar a ver como reaccionaban los jóvenes ante esta propuesta. Hicimos una prueba piloto con cuatro chicos de entre 16 y 19 años. Les explicamos cómo arreglar reglas básicas de texto plano (con emoticones) y reglas más avanzadas con variables y condicionales.

### 5.1. Cosas que costaron pensar, cosas a mejorar

En la prueba pudimos ver que les genera dificultad agregar reglas. No saben qué empezar a enseñarle y hasta que no chatean con sus amigos y ven cómo les escriben no logran trabajar en sus chatbots (es decir, cierta falta de capacidad de abstracción). Esto lleva a que los jóvenes se detengan a reflexionar sobre



cómo piensan y hablan sus amigos [13], hecho que generó otra inquietud en los jóvenes cuando pidieron poder programar al chatbot para que responda de forma distintas a diferentes personas o grupos de personas. Les preocupa que su chatbot le responda a gente adulta de la misma manera que lo hace a sus amigos.

## 5.2. Puntos a favor

A los jóvenes les resulta sumamente interesante la posibilidad de poder activarlo desde Facebook y cuando nos referimos a los jóvenes no lo hacemos sólo a los participantes de la prueba piloto sino a varios otros consultados e incluso a adultos a quienes presentamos el proyecto. En nuestra prueba piloto los estudiantes se mostraron muy ansiosos de poder conectarlo a Facebook y realmente sorprendidos cuando lograban armar un dialogo con sus amigos.

La plataforma les resultó fácil de usar e incluso pudieron descubrir usos sin necesidad que el coordinador de la prueba se los anticipara.

No sólo la prueba en general presentó datos alentadores sino que las encuestas realizadas ese día mostraron que la experiencia les resultó divertida, que lo querrían seguir usando y que se lo recomendarían a sus amigos. Los jóvenes se retiraron pidiendo volver a la próxima prueba, con ganas de ver más y de ya comenzar a usarlo.

Si bien todavía no tenemos resultados estadísticos, este primer acercamiento nos permitió seguir avanzando en la plataforma motivados por la buena aceptación del público adolescente.

## 6. Conclusiones

Uno de los puntos más interesantes de la experiencia, vista ésta a nivel “macro”, es que se logró innovar desde un programa público-privado. Para la Fundación Sadosky fue muy importante haber podido “predicar con el ejemplo”, y no sólo incorporar innovación a sus proyectos, sino también hacerlo en cooperación con empresas y universidades.

Es muy temprano para analizar los resultados finales de la experiencia “Dale Aceptar”, y mucho menos del aporte del chatbot; sólo podemos reportar los más de 1500 chicos inscriptos al programa en su primer mes y medio, momento en que se escribe este reporte. Sin embargo, hay resultados preliminares dignos de mención: se conformó un equipo multidisciplinario compuesto por informáticos, psicólogos, sociólogos, comunicadores, etc., todos egresados de universidades nacionales públicas que puso su energía y capacidad creativa para resolver un problema de importancia clave para el país. Destacamos que se trata de una experiencia innovadora, que va más allá de replicar una solución ya probada en el extranjero. Por el contrario, esperamos que esta experiencia pueda nutrir a colegas de otros países que enfrentan problemas similares.

No menos destacable es el círculo virtuoso que la experiencia generó: fondos iniciales de la Fundación sirvieron de semilla para que la Universidad Nacional de Córdoba se sumara al proyecto con becas y subsidios e involucrase a empresas locales. Esperamos que este círculo siga completándose en el futuro.

## Referencias

1. Benotti, L.: Frolog: an accommodating text-adventure game. In: EACL. pp. 1–4. The Association for Computational Linguistics (2009), <http://www.aclweb.org/anthology/E09-2001>
2. Benotti, L., Blackburn, P.: Causal implicatures and classical planning. Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 6967, 26–39 (2011)
3. Benotti, L., Denis, A.: Prototyping virtual instructors from human-human corpora. In: ACL. pp. 62–67. The Association for Computer Linguistics (2011)
4. Benotti, L., Traum, D.: A computational account of comparative implicatures for a spoken dialogue agent. In: Proceedings of the Eight International Conference on Computational Semantics. pp. 4–17. Association for Computational Linguistics, Tilburg, The Netherlands (January 2009), <http://www.aclweb.org/anthology/W09-3704>
5. Berry, P.M., Myers, K., Uribe, T.E., Yorke-smith, N.: Task management under change and uncertainty. constraint solving experience. In: CALO Project. Workshop on Constraint Solving under Change (2005)
6. careervision: Global competition creates demand for stem careers (2011), [http://www.careervision.org/About/Demand\\_for\\_STEM\\_Careers.htm](http://www.careervision.org/About/Demand_for_STEM_Careers.htm)
7. CESSI: Plan de difusión de carreras informáticas: más estudiantes serán más profesionales. (2006)
8. Cheyer, A., Park, J., Giuli, R.: Iris: Integrate. relate. infer. share. In: Decker, S., Park, J., Quan, D., Saueremann, L. (eds.) Proceedings of Semantic Desktop Workshop at the ISWC, Galway, Ireland, November 6. vol. 175 (November 2005)
9. Cooper, S., Dann, W., Pausch, R.: Alice: a 3-d tool for introductory programming concepts. In: Journal of Computing Sciences in Colleges. vol. 15, pp. 107–116. Consortium for Computing Sciences in Colleges (2000)
10. Cupaiuolo, C.: Spotlight digital media and learning (2011), <http://spotlight.macfound.org/blog/entry/sustaining-stem-the-struggle-to-attract-students-and-teachers>, sustaining STEM: The Struggle to Attract Students and Teachers
11. FCEN: Programa de ingresantes cbc-exactas. Tech. rep., FCEyN, UBA (2011), <http://www.fcen.uba.ar/segb/ingresantes/ingresantes.php>
12. Juda, K., Dietterich, T., Fern, A., Irvine, J., Slater, M., Tadepalli, P., Gervasio, M., Ellwood, C., Jarrold, W., Brdiczka, O., otros: User initiated learning for adaptive interfaces. IJCAI Workshop on Intelligence and Interaction (2009)
13. Luciana, B., Emilia, E.M., Fernando, S.: Una herramienta para que los adolescentes exploren sus teorías de la mente y el uso del lenguaje en las redes sociales. IV Encuentro de Jóvenes Investigadores en Neurociencias de Córdoba: un enfoque interdisciplinario, Córdoba, Argentina (Mayo 2012)
14. by Microsoft Corp., C.: Stem perceptions: Student & parent study parents and students weigh in on how to inspire the next generation of doctors, scientists, software developers and engineers (2011), <http://www.microsoft.com/presspass/presskits/citizenship/docs/STEMPerceptionsReport.pdf>
15. Pausch, R., Burnette, T., Capeheart, A., Conway, M., Cosgrove, D., DeLine, R., Durbin, J., Gossweiler, R., Koga, S., White, J.: Alice: Rapid prototyping system for virtual reality. IEEE Computer Graphics and Applications 15(3), 8–11 (1995)
16. of Advisors on Science, P.C., Technology: Report to the president: Prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (stem) for america’s future. Tech. rep., President’s Council of Advisors on Science and Technology (September 2010)