



Investigación & Desarrollo

ISSN: 0121-3261

jvega@uninorte.edu.co

Universidad del Norte

Colombia

Paredes, Marlio; Castro, Walter F.; Arratia, Juan F.  
EL CENTRO DE COMPUTACIÓN DEL CARIBE PARA LA EXCELENCIA EN LA  
UNIVERSIDAD DEL TURABO: UNA ESTRATEGIA EFECTIVA E INNOVADORA PARA  
PROMOVER EL ESTUDIO DE LA COMPUTACIÓN Y LA INGENIERÍA  
Investigación & Desarrollo, vol. 25, núm. 2, julio-diciembre, 2017, pp. 153-171  
Universidad del Norte  
Barranquilla, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26854666007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## EL CENTRO DE COMPUTACIÓN DEL CARIBE PARA LA EXCELENCIA EN LA UNIVERSIDAD DEL TURABO: UNA ESTRATEGIA EFECTIVA E INNOVADORA PARA PROMOVER EL ESTUDIO DE LA COMPUTACIÓN Y LA INGENIERÍA\*

The Caribbean Computing Center for  
Excellence at University of Turabo: An effective  
and innovative strategy to promote the  
study of computation and engineering

**Marlio Paredes**

Universidad de Puerto Rico en Cayey

**Walter F. Castro**

Universidad de Antioquia, Colombia

**Juan F. Arratia**

Sistema Universitario Ana G. Méndez

DOI: <http://dx.doi.org/10.14482/indes.25.2.10963>

\* ESTE PROYECTO ES UN EMPRENDIMIENTO DEL CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS ESTUDIANTES (STUDENT RESEARCH DEVELOPMENT CENTER [SRDC]), DEL CUAL ES DIRECTOR EJECUTIVO EL DOCTOR JUAN F. ARRATIA. ESTE PROYECTO SE DESARROLLÓ EN EL SISTEMA UNIVERSITARIO ANA G. MÉNDEZ {SUAGM}.

### **MARLIO PAREDES**

MATEMÁTICO Y MAGÍSTER EN MATEMÁTICAS POR LA UNIVERSIDAD DEL VALLE Y DOCTOR EN MATEMÁTICAS POR LA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. PROFESOR DEL DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA-FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO EN CAYEY E INVESTIGADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS DE LA MISMA UNIVERSIDAD. MARLIO.PAREDES@UPR.EDU

### **WALTER F. CASTRO**

LICENCIADO EN MATEMÁTICAS, MATEMÁTICO Y MAGÍSTER EN MATEMÁTICAS POR LA UNIVERSIDAD DEL VALLE Y DOCTOR EN DIDÁCTICA DE LAS MATEMÁTICAS POR LA UNIVERSIDAD DE GRANADA. PROFESOR ASOCIADO DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. WFCASTRO82@GMAIL.COM

### **JUAN F. ARRATIA**

INGENIERO ELECTRICISTA POR LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL ESTADO EN CHILE Y DOCTOR EN ELECTRICAL ENGINEERING POR LA WASHINGTON UNIVERSITY. DIRECTOR EJECUTIVO DEL CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS ESTUDIANTES, SISTEMA UNIVERSITARIO ANA G. MÉNDEZ EN PUERTO RICO. UM\_JARRATIA@SUAGM.EDU

## RESUMEN

Este trabajo presenta una experiencia educativa, parte de las actividades del proyecto *Caribbean Computing Center for Excellence*, desarrollada en la Universidad del Turabo del Sistema Universitario Ana G. Méndez en Puerto Rico, otras universidades puertorriqueñas y en la Universidad de las Islas Vírgenes. El proyecto contempla dos componentes: uno orientado a estudiantes de pregrado y otro a estudiantes preuniversitarios, que se complementan con la mentoría ofrecida por los estudiantes universitarios a los estudiantes preuniversitarios para desarrollar sus proyectos de investigación, mediante una metodología guiada por el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje activo. Queremos argumentar que estas son estrategias apropiadas para incentivar y orientar a estudiantes a estudiar pregrados y posgrados en diferentes áreas de la computación y la ingeniería, pero principalmente queremos mostrar su utilidad para iniciar a los estudiantes en la investigación científica en estas áreas.

**PALABRAS CLAVE:** investigación, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje activo, computación, ingeniería.

## ABSTRACT

*This work presents an educational experience, which is part of the activities of the project Caribbean Computing Center for Excellence, developed at the University of Turabo in Puerto Rico, from the Ana G. Mendez University System, other Puerto Rican universities and the University of the Virgin Islands. The project includes two components, one aimed at undergraduates and other to precollege students, both are complementary through the mentoring done by undergraduate students to precollege students to develop their research projects using a methodology focused on project based learning and active learning. We want to discuss that these are appropriate strategies to encourage and guide students to pursue undergraduate and graduate programs in different areas of computing and engineering, but mainly we want to show their usefulness to initiate the students in scientific research in these areas.*

**KEYWORDS:** *research, project based learning, active learning, computing, engineering.*

## INTRODUCCIÓN

El Centro de Computación del Caribe para la Excelencia (Caribbean Computing Center for Excellence [CCCE]) es un proyecto financiado por la Fundación Nacional para la Ciencia (National Science Foundation [NSF]), a través del Programa Alianzas para la Ampliación de la Participación en Computación (Broadening Participation in Computing Alliances Program [BPC-A]).

Este proyecto es un emprendimiento del Centro para el Desarrollo de la Investigación en los Estudiantes (Student Research Development Center [SRDC]), del cual es director ejecutivo el doctor Juan F. Arratia. Este proyecto se desarrolló en el Sistema Universitario Ana G. Méndez [SUAGM], que es una entidad sin ánimo de lucro que sirve a aproximadamente 40 000 estudiantes con desventajas económicas en Puerto Rico, en tres instituciones universitarias: Universidad Metropolitana, Universidad del Este y Universidad del Turabo. La experiencia presentada en este trabajo fue desarrollada en la Escuela de Ciencias y Tecnología y en la Escuela de Ingeniería de la Universidad del Turabo en Gurabo (Puerto Rico).

El SRDC surgió como consecuencia de la finalización del proyecto Instituciones Modelo para la Excelencia (Model Institutions for Excellence [MIE]) financiado por la NSF entre 1995 y 2006, el propósito para su creación fue dar continuidad e institucionalizar el legado del MIE (MIE, 2006). El principal objetivo del MIE era ayudar a las instituciones participantes a aumentar el número de estudiantes graduados en carreras de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (*science, technology, engineering and mathematics* [STEM]) y transferir un número significativo de ellos hacia programas de posgrado, con el fin de aumentar el número de doctores en STEM pertenecientes a minorías en los Estados Unidos (Rodríguez, Kirshtein y Hale, 2005).

El MIE logró aumentar en 44 % el número de títulos conferidos en programas de STEM (NSF, 2007). A través del MIE, se logró convertir las universidades del SUAGM en instituciones modelo hispanas en los Estados Unidos, logrando configurar un canal

efectivo desde la escuela superior hacia los estudios de pregrado en la universidad y desde el pregrado hacia el posgrado para cientos de estudiantes de minorías en Puerto Rico (Arratia, 2006).

El propósito principal del SRDC en el SUAGM es la mentoría para promover el desarrollo académico de los estudiantes. Una experiencia de investigación temprana es una estrategia muy efectiva para motivar a los estudiantes a abrir la puerta hacia el descubrimiento y la innovación, la cual servirá como base para sus futuras carreras. El SRDC ofrece oportunidades a los estudiantes para hacer internados de investigación durante la temporada de vacaciones estivales en laboratorios o centros de investigación especializados, apoyo para participar en eventos académicos internacionales y nacionales, participación en el Simposio de Investigación del SUAGM (AGMUS Research Symposium) realizado cada año en septiembre, participación en el Simposio de Investigación Preuniversitaria del SUAGM (AGMUS Precollege Research Symposium) realizado en mayo y diciembre de cada año y el ciclo de conferencias de profesores visitantes Fulbright Scholars. Este ciclo de conferencias ofrece una conferencia especializada mensual durante los semestres académicos.

La oferta anterior sirve como estrategia para ayudar a los estudiantes a acceder a las escuelas de posgrado, maestría o doctorado. El SRDC ha involucrado alrededor de 2500 estudiantes preuniversitarios en actividades de investigación y aproximadamente 700 estudiantes de pregrado se han beneficiado con experiencias de investigación en instituciones de Puerto Rico, los Estados Unidos, España, Alemania, Francia, Argentina, Brasil, Perú, entre otras. Asimismo, en los últimos cuatro años, alrededor de 120 estudiantes de escuela superior participaron en internados de investigación en laboratorios y en universidades norteamericanas, tales como Lawrence Livermore National Laboratory, MIT Haystack Observatory, National Center for Atmospheric Research, University of Vermont, Lawrence Berkeley National Laboratory, entre otros (AGMUS Institute of Mathematics, 2012).

El proyecto CCCE inició sus actividades en septiembre de 2009. Su propósito fue formar estudiantes hispanos puertorriqueños y afroamericanos de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos

para aumentar la participación de estas minorías en carreras de pregrado y posgrado en computación o áreas afines. El proyecto es una alianza interuniversitaria: Universidad Metropolitana, Universidad del Este, Universidad del Turabo, Universidad Politécnica de Puerto Rico, Universidad Interamericana Metro, San Germán, Barranquitas y Bayamón, Universidad de Puerto Rico Mayagüez, Humacao y Bayamón, Universidad de las Islas Vírgenes en Saint Thomas y el Observatorio Astronómico de Arecibo (Arratia, Trucco y Font, 2011, p. 2). Los objetivos propuestos por la alianza son involucrar a estudiantes con desventajas económicas a través de las actividades de la alianza; incrementar el número de estudiantes de último año de escuela superior que optan por carreras de computación o afines; proveer entrenamiento profesional en computación a profesores de computación, matemáticas y ciencias de escuelas superiores públicas y privadas; proveer experiencias de investigación en computación a estudiantes universitarios; e incrementar el número de estudiantes graduados en carreras afines a la computación y transferir 40 % de graduados a escuelas de posgrado (Arratia, Trucco y Font, 2011, p. 2).

Las dos actividades del CCCE que presentamos aquí son el programa de becas para estudiantes de computación e ingeniería y el programa de investigación para estudiantes preuniversitarios. Este último recibe el nombre de Academia Sabatina de Computación, Robótica e Ingeniería de la Universidad del Turabo, Puerto Rico.

El programa de becas busca estimular a los estudiantes participantes para que ingresen a algún programa de maestría o doctorado al finalizar sus carreras. Los estudiantes participantes en este programa provienen, principalmente, de las carreras de Ingeniería de Computadoras e Ingeniería Eléctrica, además de algunos estudiantes de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial. Los estudiantes participantes reciben un estipendio semestral de USD 800 y se comprometen a participar en diferentes actividades, tales como internados de investigación durante el periodo estival, asistencia a conferencias de profesores visitantes, tutorías de talleres de computación o robótica para estudiantes preuniversitarios, asistencia o

participación como ponente en el Simposio Anual de Investigación del SUAGM, participación como juez en el Simposio de Investigación Preuniversitaria del SUAGM cada año, en mayo y diciembre, mentoría de estudiantes de la Academia Sabatina, entre otras.

Los estudiantes que participan en la Academia Sabatina asisten todos los sábados a la universidad desde las 8:00 a. m. hasta las 12:00 m., tiempo durante el cual trabajan en sus proyectos de investigación bajo la dirección de un mentor quien puede ser estudiante, de pregrado o posgrado, con experiencia en investigación. Todos los mentores han tenido experiencias de investigación en laboratorios o universidades de los Estados Unidos, España, Francia, Puerto Rico u otros países. Los resultados finales de los proyectos son presentados por los estudiantes en el Simposio de Investigación Preuniversitaria del SUAGM, el cual se realiza al final de cada semestre. Los proyectos son presentados en poster o en presentación oral, en inglés, lo cual es otro aspecto interesante en cuanto incentiva mejorar el uso del idioma. La metodología usada se enmarca dentro de dos corrientes educativas: aprendizaje basado en proyectos (PBL, 2013) y aprendizaje activo (PROFI, s. f.). Estas se centran en el estudiante, puesto que el trabajo y compromiso con su aprendizaje son fundamentales para lograr los objetivos. El estudiante debe asumir la responsabilidad de trabajar para aprender, autónomamente, los conocimientos necesarios para desarrollar sus proyectos.

## EL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN PARA ESTUDIANTES PREUNIVERSARIOS

### Marco conceptual del programa

La metodología usada en el programa de investigación para estudiantes preuniversitarios, la Academia Sabatina de Computación, Robótica e Ingeniería de la Universidad del Turabo, se ubica en la propuesta educativa del aprendizaje basado en proyectos (*project based learning*) (PBL, 2013), centrada en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. El método consiste en la realización de un proyecto, el cual ha sido previamente estudiado por el mentor

para asegurarse de que el estudiante podrá desarrollarlo con los conocimientos que posee o que podrá aprender lo que se requiere para culminar exitosamente el proyecto.

El aprendizaje basado en proyectos ha sido estudiado y aplicado (Moursund, Bielefeldt y Underwood, 1997) en la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). El doctor Moursund es editor de la revista *Leading and Learning with Technology*, de la International Society for Technology in Education (ISTE) y ha sido el impulsor del uso curricular del aprendizaje basado en proyectos (Galeana, 2006; Morales, 2011).

Afirma Morales (2011):

Lo cierto es que cuando leí el revelador libro *101 proyectos matemáticos* (Bolt & Hobbs, 1991) fue como si me rociaran con agua a punto de volverse sólida. En él se introducía, quizás con no demasiado acierto, el Aprendizaje basado en Proyectos (PjBL) y Problemas (PBL) y se exponían 101 ideas semilla de proyectos de trabajo del alumnado. Probablemente, si aquel libro llega a caer en mis manos durante el primer año de docencia, intoxicado de prejuicios y de auténticos dogmas de fe, lo hubiera considerado como una simple curiosidad, como una colección de simpáticas ideas para hacer trabajitos con el alumnado, pero no fue así. Llegó en el momento adecuado: supe, desde un primer instante, que las posibilidades eran inmensas; que, aunque algunos de los ejemplos planteados eran “poco curriculares” la idea de fondo era revolucionaria, maravillosa. Pero aquel mundo que se abrió ante mí me abrumó y llegué a dudar en múltiples ocasiones de mis propias posibilidades: ¿Cómo empezar? ¿Debo cubrir todo el temario con proyectos y problemas? ¿Encontraré suficientes ideas semilla para desarrollarlo? ¿Será el alumnado capaz de enfrentarse a algo así? Y, sobre todo: ¿seré capaz de guiarles con éxito? Trabajar por temas era sencillo: lo había vivido como alumno y lo estaba viviendo como profesor, tal y como describe C. Y. Kwan, profesor de la Universidad de McMaster (Kwan, 2000). En aquellos momentos consideraba que el contexto había resuelto un porcentaje importante de las deficiencias de mi trabajo diario en el aula, incluso podía hacer incursiones absolutamente abstractas ya que ahora el



alumnado sí que tenía motivos y sensibilidad ante todas las caras de la Matemática; las TAC (Técnicas de Aprendizaje Cooperativo/Colaborativo) me habían hecho crecer como gestor de dinámicas; las TIC, integradas, casi transparentes, pero... trabajar por proyectos: ¡esas eran palabras mayores! Las respuestas, desgraciadamente, no las encontré en ningún libro. La mayor parte de la bibliografía disponible abordaba este enfoque metodológico desde un punto de vista estrictamente teórico y no había forma de encontrar proyectos completos desarrollados. Peor aún, el trabajo por proyectos parecía obedecer más bien a una metodología propia de Infantil y Primaria (o de la Universidad). Pensar esto ha sido, con diferencia, el mayor error táctico que he cometido como docente. (p. 7)

Como lo plantea Morales, no es fácil trabajar con la metodología de aprendizaje basado en proyectos, pero a lo largo del tiempo el mentor o instructor desarrolla las competencias que le permite ayudar a sus estudiantes. Además, no es fácil formular propuestas de proyectos para los estudiantes. Sin embargo, Morales afirma: “Una vez empiezas, todo es más fácil. Al principio cuesta imaginar proyectos, luego resulta complicado no imaginarlos. Y por supuesto, una vez lo pruebas, ya no hay vuelta atrás: ¡Es fantástico!” (p. 14).

El “tiempo didáctico” es una preocupación que surge en relación con la implantación de esta metodología durante las clases regulares en una institución educativa. Parece que los contenidos curriculares propuestos no se pueden completar. Al respecto, Morales señala:

Los contenidos no sólo se “daban” sino que se integraban y combinaban en problemas y proyectos reales como nunca hasta ese momento, generando aprendizajes que iban más allá de las Matemáticas, desarrollando autonomía, iniciativa, espíritu crítico, creatividad, capacidad de trabajo en equipo, visión global de la Matemática y de las Ciencias y mil aspectos más. Aquellos contenidos específicos como Teorema del resto, radicales, [...] se seguían “dando” de forma tradicional (apoyado en TAC y TIC); algo que seguiré haciendo hasta que encuentre un proyecto, problema o tarea que lo integre, manteniendo así una programación híbrida. (p. 12)

Según la experiencia lograda durante cuatro años, se considera que la metodología de aprendizaje basada en proyectos es apropiada para promover el desarrollo de destrezas por parte de los estudiantes, diferentes de las adquiridas en la educación formal, y se propone utilizarla en actividades complementarias o extracurriculares como la Academia Sabatina.

Sin embargo, una réplica debe basarse en la conformación de equipos interdisciplinarios e interculturales que trabajen juntos para desarrollar proyectos para solucionar problemas reales. La interdisciplinariedad y la interculturalidad ofrecen oportunidades de aprendizaje y de experiencias formativas para motivar a los estudiantes a trabajar en ambientes diversos y globales. Para lograr éxito, en el formato de trabajo descrito, se requiere un diseño instruccional definido, definición de roles y fundamentos de diseño de proyectos (Galeana, 2006).

En el aprendizaje basado en proyectos los estudiantes planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase (Galeana, 2006, Blank, 1997; Dickinson et al., 1998; Harwell, 1997). Este modelo tiene sus raíces en el constructivismo que evolucionó a partir de los trabajos de Lev Vygotsky, Jerome Bruner, Jean Piaget y John Dewey. El constructivismo enfoca el aprendizaje como el resultado de construcciones mentales según conocimientos actuales y previos (Galeana, 2006; Karlin y Vianni, 2001). En el aprendizaje basado en proyectos, se desarrollan actividades de aprendizaje interdisciplinarias, a largo plazo y centradas en el estudiante (Galeana, 2006).

El programa Academia Sabatina de Computación, Robótica e Ingeniería de la Universidad del Turabo es un buen ejemplo de aplicación de las teorías del aprendizaje activo. El aprendizaje activo se centra en el alumno y requiere la implicación, la motivación, la atención y el trabajo constante del estudiante. El estudiante no es un agente pasivo, puesto que no se limita a escuchar en clase, tomar notas y, ocasionalmente, plantear preguntas al profesor, sino que participa y se implica en la tarea para poder obtener los resultados que se plantean como objetivos (PROFI, s. f., p. 3).

Esta metodología requiere que el instructor asuma una actitud de orientador, puesto que es el alumno quien asume la responsabilidad ante el conocimiento. Sin embargo, el papel de orientador adquiere relevancia, ya que debe orientar y guiar el proceso de búsqueda que los alumnos deben realizar. Orienta a cada alumno, promueve diferentes actividades, responde a cuestiones que obstaculizan el avance de los estudiantes y los compromete a esforzarse para lograr la solución (PROFI, s. f., p. 3).

## **METODOLOGÍA DE LA ACADEMIA SABATINA**

Los estudiantes que participan en el programa de investigación para estudiantes preuniversitarios son orientados por mentores quienes ya han tenido varias experiencias de investigación. Los mentores proponen los temas de investigación a los participantes según las experiencias de investigación que han tenido previamente. Los participantes escogen entre los temas ofrecidos y conforman los grupos de trabajo de hasta tres integrantes para desarrollar sus proyectos. Algunos estudiantes prefieren trabajar solos. En algunos casos, son los mismos participantes quienes proponen sus proyectos de investigación.

El primer día de asistencia a la Academia Sabatina se aplica una prueba sobre el método científico, después los mentores dictan una charla sobre éste. El último sábado del semestre se aplica una prueba para indagar sobre su comprensión sobre el método científico. Los resultados reportan tendencia hacia la mejora.

Una estrategia interesante que se ha usado para motivar a los estudiantes es la certificación ofrecida por la Iniciativa de Entrenamiento Institucional Colaborativa (Collaborative Institutional Training Initiative [CITI]). En marzo de 2000, Paul Braunschweiger y Karen Hansen del Fred Hutchinson Cancer Research Center fundaron el programa CITI. Este desarrolló un contenido educacional en el área de protección de sujetos humanos, poco tiempo después de que el Departamento de Salud y Servicios Humanos (Department of Health and Human Services) anunciara su mandato de educación

sobre protección de sujetos humanos en junio de 2000. La organización produjo diez módulos de un curso basado en la web (Braunschweiger, 2010). El CITI ofrece certificaciones tales como Conducta Responsable en la Investigación (Responsible Conduct of Research), Protección de Sujetos Humanos en la Investigación (IRB/Human Subjects Research), Bioseguridad (CITI, 2013; IRBNET, 2011).

La mayoría de los participantes en la Academia Sabatina han obtenido tales certificaciones. El Comité de Revisión Institucional (IRB) se ocupa de aprobar, monitorear, revisar, garantizar y proteger los derechos y el bienestar de todos aquellos sujetos que participen en proyectos de investigación en universidades, laboratorios o cualquier institución pública o privada que desarrolle investigación. Por regulación federal norteamericana, todas las instituciones que realicen investigación deben tener este comité (IRB, 2013).

Se debe destacar que, a través de la metodología usada, los estudiantes tienen la oportunidad de aprender varios lenguajes de programación tales como C++, Java, Scratch, App Inventor, Teekkotsu, R y Python. Asimismo, tienen la oportunidad de aprender sobre diferentes programas de computador, tales como Matlab, Excel, PowerPoint, Impress de OpenOffice, necesarios para desarrollar sus proyectos.

Cuando los estudiantes han definido sus proyectos, proceden a obtener los resultados y, luego, a escribir los informes finales, que serán divulgados como poster o como presentación oral. Los mentores revisan los resúmenes y el director del programa también lo hace. Posteriormente, se someten a valoración por parte de los organizadores del Simposio.

Los resúmenes se envían a los organizadores del Simposio de Investigación Preuniversitaria dos semanas antes de la realización de este, ellos tienen especialistas que evalúan tanto el componente científico como la redacción inglesa del documento. La elaboración de los pósteres y las presentaciones se hacen en el programa PowerPoint o Impress de OpenOffice, y es asesorado y revisado por los mentores.

## EL PROGRAMA PARA ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

El principal objetivo de este programa es motivar y preparar a los estudiantes participantes para que inicien estudios posgraduados, maestría o doctorado al terminar sus carreras. Las actividades ofrecidas por el programa brindan ventajas a los estudiantes para competir por empleo en la industria. Una de las actividades centrales ofrecidas por este programa es la asesoría para que los estudiantes apliquen a algún internado de verano en los Estados Unidos. Los internados de verano son una práctica muy extendida en este país. La NSF tiene un programa a través del cual los investigadores universitarios pueden conseguir subvenciones para financiar experiencias de investigación para estudiantes de pregrado. Este programa financia anualmente un gran número de proyectos en universidades públicas y privadas (NSF, 2014).

Además, empresas privadas tales como Google, General Electric, Amgen, Microsoft tienen programas estivales de internado, otros programas de internado son ofrecidos por agencias del Gobierno tales como el Departamento de Energía, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, el Departamento de Defensa, la Agencia de Seguridad Nacional.

Cuando algún estudiante no consigue ser admitido en un internado de verano, el director del SRDC lo financia y lo ubica en algún laboratorio, universidad de los Estados Unidos, o de otros países.

Con este programa de becas, se beneficiaron cuarenta estudiantes, todos tuvieron por lo menos una experiencia estival de investigación, y algunos de ellos estuvieron hasta tres veces. De estos estudiantes, trece fueron admitidos a programas de posgrado y cuatro terminaron sus maestrías y trabajan en la industria, veintidós tienen empleo en la industria.

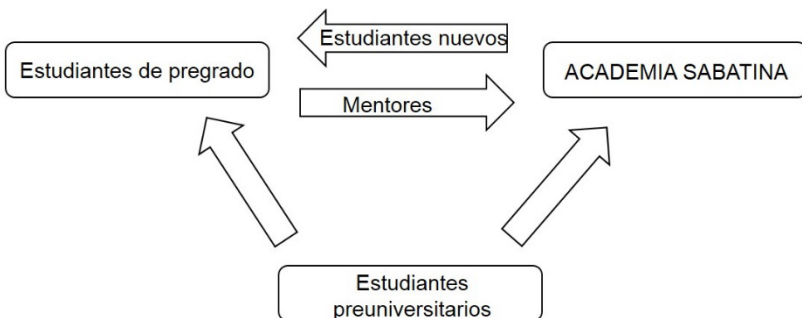
En los últimos dos años, se ofrecieron talleres sobre diferentes herramientas computacionales para estudiantes de escuelas públicas y privadas tanto en Puerto Rico como en las Islas Vírgenes. Se dictaron talleres sobre App Inventor (MIT1, 2014), Scratch (MIT2,

2014), Java Script y Game Design and Development, para este último se usa GameMaker: Studio (GameMaker, 2014). Estos talleres fueron dictados por algunos de los estudiantes universitarios participantes en el proyecto.

## LA MENTORÍA EN LA ACADEMIA SABATINA

La mentoría realizada por parte de los estudiantes universitarios a los estudiantes preuniversitarios es un componente interesante del proyecto. A manera de ejemplo, se ofrece el caso de un becario, quien inició su participación en la primera cohorte, en enero de 2010, cuando inició el CCCE, quien como estudiante de Ingeniería Computacional estuvo trabajando como mentor. En el verano de 2011, se graduó y empezó a trabajar como profesor adjunto en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras en la Universidad del Turabo, y continuó trabajando en la Academia Sabatina. Él desempeñó un papel muy importante en el desarrollo de la Academia, porque, además de ser mentor de estudiantes preuniversitarios, formó varios mentores.

La Figura 1 esquematiza el modelo de mentoría usado en la Academia Sabatina, los estudiantes preuniversitarios entran en ella donde reciben mentoría por parte de los estudiantes de pregrado que participan del programa de becas para estudiantes universitarios del CCCE.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1.** Modelo de mentoría de la Academia Sabatina.

Si bien existen muchos casos de estudiantes que vale la pena informar para ilustrar el efecto positivo que su participación les ofrece, hay dos casos que es de interés resaltar. Un estudiante descubrió sus aptitudes para investigar y su afinidad con la computación científica. Así fue como decidió estudiar Ingeniería Computacional, cambiando la carrera que inicialmente había elegido. Otra experiencia transformadora para este estudiante fue el internado realizado en el Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (National Center for Atmospheric Research [NCAR]) en la Universidad de Colorado en la ciudad de Boulder (NCAR, 2014).

En dicho internado, el estudiante desarrolló el proyecto *Investigation of climatically suitable container breeding habitats for the Dengue vector mosquito Aedes aegypti* (SOARS, 2012). A causa del trabajo desarrollado en ese verano, fue incluido como autor en un artículo científico, el cual fue sometido para publicación en una revista especializada (Monaghan et al., 2012), es decir, antes de entrar en la universidad este estudiante ya tenía una publicación científica. El segundo caso es el de un estudiante que participó en la Academia Sabatina cuando estaba en grado duodécimo de escuela superior, posteriormente entró a estudiar Ingeniería Computacional en la Universidad del Turabo, y a partir de su sexto semestre de carrera, fue beneficiario del programa de becas para estudiantes de pregrado. Este estudiante tuvo dos experiencias estivales de investigación, una en Francia y otra en los Estados Unidos, razón por la cual fue escogido para ser mentor en la Academia Sabatina. Antes de terminar su carrera ya había sido aceptado para iniciar el doctorado en Ciencias de la Computación en una universidad norteamericana donde cursa estudios actualmente.

Debido a la buena acogida del programa y la cantidad de personas que se habían beneficiado, se propuso que durante el verano de 2012 se organizara por primera vez una academia de verano orientada a estudiantes de sexto grado en adelante. Los estudiantes desarrollaron sus proyectos en la plataforma App Inventor (MIT, 2014) del Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Aun los niños más pequeños aprendían muy rápidamente a trabajar con la herramienta y desarrollaron nueve aplicaciones para teléfonos inteligentes, las cuales utilizaron ellos mismos en sus teléfonos Android. El App Inventor es un proyecto iniciado por Google y posteriormente cedido al MIT para que lo continuara; el MIT tiene una página web donde se puede encontrar toda la información necesaria para aprender a usar esta herramienta. Tanto App Inventor como Scratch (MIT2, 2014) usan un sistema de programación por bloques que los niños aprenden a usar muy fácilmente, lo cual los motiva a explorar el mundo de la programación de computadores.

## CONCLUSIONES

Los estudiantes universitarios participantes en el proyecto CCCE son expuestos a experiencias tempranas de investigación seria que no suelen ser ofrecidas en los programas curriculares de sus carreras universitarias. Si bien el Programa para Estudiantes Universitarios tiene un enfoque formal, es decir, las actividades ofrecidas por el proyecto buscan fortalecer las competencias académicas de los estudiantes para que continúen con su formación doctoral, las experiencias adquiridas complementan su formación para trabajar en la industria.

Una de las ventajas para los estudiantes ofrecidas por el proyecto es que la mayoría de las actividades se desarrollan en inglés (presentaciones orales y escritas). Por tanto, cuando terminan sus carreras, ellos están acostumbrados a la argumentación académica en inglés.

La experiencia en los internados de verano ofrece oportunidades para resolver problemas concretos. En el ámbito laboral puertorriqueño o norteamericano, la certificación de este tipo de experiencia incrementa las opciones de ser contratado. Las empresas consideran que durante los internados de verano los estudiantes desarrollan pensamiento crítico y objetivo, además adquieren seguridad para abordar problemas abiertos.

Los estudiantes participantes en la Academia Sabatina de Computación, Robótica e Ingeniería adquieren destrezas de gran utilidad para su futuro como estudiantes universitarios, tales como escribir resúmenes de sus trabajos, hacer presentaciones o charlas



científicas frente al público, diseñar pósteres de sus trabajos, hacer búsquedas en bases de datos científicas y filtrar la información obtenida en esas búsquedas, familiarizarse con la lectura de artículos científicos, conocer el método científico, argumentar correctamente para defender su trabajo de investigación y someterse a la crítica o evaluación de pares.

Los proyectos que desarrollan los estudiantes en la Academia Sabatina ofrecen varias ventajas formativas para los estudiantes:

- Favorece el aprendizaje de conceptos que no suelen ser enseñados durante la educación secundaria. Además, favorece que trabajen con problemas concretos, analizarlos y describirlos formalmente. Cuando ingresan a la universidad, la experiencia y las destrezas adquiridas en la Academia Sabatina les permiten incorporarse en grupos de investigación desde los primeros semestres.
- Aprenden a trabajar en grupo.
- Respetan el trabajo de sus pares inclusive si no entienden el proyecto que han desarrollado los otros.

Con las ventajas enumeradas, parece conveniente replicar el proyecto en universidades y colegios en otros países latinoamericanos. Nuestros países necesitan formar más investigadores para lograr el desarrollo económico y, de acuerdo con esto, creemos firmemente que esta sería una muy buena estrategia para ayudar a formar los doctores que nuestros países necesitan para apoyar su desarrollo científico y tecnológico.

Para llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza, tanto el programa de becas como la academia sabatina, se requiere un grupo de personas con gran compromiso y de una institución que apoye un proyecto de largo aliento. La financiación sostenida por un periodo largo es un requisito sin el cual tan solo es posible hacer talleres o semilleros de fin de semana sin un propósito definido en el tiempo. Además, se requiere gestión a fin de convencer a grupos económicos para invertir en este tipo de actividades que plantea logros a largo plazo. El programa se ofrece a la comunidad sin distinción de clase social, estrato, religión y credo político.

## REFERENCIAS

- AGMUS Institute of Mathematics (2012). Pre-College summer internship opportunities. Recuperado de [http://www.suagm.edu/umet/im/Internship/pre\\_college\\_13.asp](http://www.suagm.edu/umet/im/Internship/pre_college_13.asp)
- Arratia, J. F. (2006). *Proceedings of the XVII Undergraduate Research Symposium*. San Juan, Puerto Rico: Universidad Metropolitana.
- Arratia, J. F., Trucco, M. Y. y Font, L. F. (2011). *Caribbean Computing Center for Excellence: Building Undergraduate Research Skills, Changing Perceptions of Post-Graduate Study*. Proceedings of 118<sup>th</sup> ASEE Annual Conference & Exposition. Recuperado de <http://www.asee.org/public/conferences/1/papers/557/view>
- Blank, W. (1997). Authentic instruction. En W. E. Blank y S. Harwell (eds.), *Promising practices for connecting high school to the real world* (pp. 15-21). Tampa: University of South Florida.
- Bolt, B. y Hobbs, D. (1991). *101 proyectos matemáticos*. Barcelona: Labor.
- Braunschweiger, P. (2010). Collaborative Institutional Training Initiative (CITI). *Journal of Clinical Research Best Practices*, 6(4). Recuperado de [http://www.firstclinical.com/journal/2010/1004\\_CITI.pdf](http://www.firstclinical.com/journal/2010/1004_CITI.pdf)
- CITI (2013). Collaborative Institutional Training Initiative. Recuperado de <https://www.citiprogram.org/>
- Dickinson, K. P., Soukamneuth, S., Yu, H. C., Kimball, M., D'Amico, R., Perry, R. ... et al. (1998). *Providing educational services in the Summer Youth Employment and Training Program (Technical assistance guide)*. Washington, D.C.: Department of Labor, Office of Policy & Research.
- Galeana de la O., L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. Recuperado de <http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf>
- GameMaker (2014). GameMaker: Studio. Recuperado de <https://www.yoyogames.com/studio>
- Harwell, S. (1997). Project-based learning. En W. E. Blank y S. Harwell (eds.), *Promising practices for connecting high school to the real world* (pp. 23-28). Tampa: University of South Florida.
- IRB (2013). Institutional Review Board Services. Recuperado de <https://www.irbservices.com/>

- IRBNET (2011). Instrucciones certificaciones en línea. Recuperado de [http://www.suagm.edu/pdf/Instrucciones %20Certificaciones %20IRBNet.pdf](http://www.suagm.edu/pdf/Instrucciones%20Certificaciones%20IRBNet.pdf)
- Karlin, M. y Viani, N. (2001). *Project-based learning*. Medford: Jackson Education Service District.
- Kwan, C. Y. (2000). What is problem-based learning (PBL)? It is magic, myth and mindset. *CDTL Brief*, 3(3). Recuperado de <http://www.cdtl.nus.edu.sg/brief/pdf/v3n3.pdf>
- MIE (2006). The Model Institution for Excellence (MIE). Recuperado de [http://srdc.suagm.edu/About\\_Us/mie.asp](http://srdc.suagm.edu/About_Us/mie.asp)
- MIE (2006). The Model Institution for Excellence (MIE). Recuperado en [http://srdc.suagm.edu/About\\_Us/mie.asp](http://srdc.suagm.edu/About_Us/mie.asp)
- MIT1 (2014). App Inventor. Recuperado de <http://appinventor.mit.edu/>
- MIT2 (2014). Scratch. Recuperado de <http://scratch.mit.edu/>
- Monaghan A. J., Steinhoff, D. F. Barlage, M. J., Hopson, T. M., Tarakidzwa, I., Ortiz-Rosario, K., Lozano-Fuentes, S., Hayden, M. H. ... y Eisen, L. (2012). WHATCH'EM: An Energy Balance Model for Determining Water Height and Temperature in Container Habitats for *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. Recuperado de [http://www.ral.ucar.edu/staff/steinhoff/Exp\\_summer2013/Papers/Experiments/TempME-13-145\\_1.pdf](http://www.ral.ucar.edu/staff/steinhoff/Exp_summer2013/Papers/Experiments/TempME-13-145_1.pdf)
- Morales Socorro, C. (2011). *El aprendizaje basado en proyectos en la educación matemática del siglo XXI*. Ponencia en las 15 Jornadas sobre el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas, Canarias, España. Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/carlosmoralessocorro.pdf>
- Moursund, D., Bielefeldt, T. y Underwood, S. (1997). *Foundations for the road ahead: Project-based learning and information technologies*. Washington, D. C.: National Foundation for the Improvement of Education.
- NCAR (2014). National Center for Atmospheric Research - NCAR. Recuperado de <http://ncar.ucar.edu/>
- NSF (2007). Program provides blueprint for recruiting minorities to science and engineering. Recuperado de [http://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=110124](http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=110124)
- NSF (2014). Research Experiences for Undergraduates (REU). [https://www.nsf.gov/funding/pgm\\_summ.jsp?pims\\_id=5517&org=NSF](https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=5517&org=NSF)

- PBL (2013). *Project based learning*. Recuperado de <http://pbl-online.org/>
- PROFI (s. f.). *Programa de formación inicial: el aprendizaje activo: una nueva forma de enseñar y aprender*. Barcelona: Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Rodríguez, C., Kirshstein, R. y Hale, M. (2005). *Creating and maintaining excellence: The Model Institutions for Excellence Program*. Recuperado de [http://www.air.org/files/MIE\\_Report\\_final.pdf](http://www.air.org/files/MIE_Report_final.pdf)
- SOARS (2012). *Research Mentoring Community. Earth, Wind, Sea and Sky: 2012 RESESS, SOARS, AND SPARK Pre-College Internship Abstracts*. Recuperado de <https://www.soars.ucar.edu/DOCS/EWSS/EWSS%202012.pdf>