

ROBÓTICA EDUCATIVA EN URUGUAY: DE LA MANO DEL ROBOT BUTIÁ

EDUCATIONAL ROBOTIC IN URUGUAY: BY THE HAND OF BUTIÁ ROBOT

Facundo Benavides¹, Ximena Otegui², Andrés Aguirre³, Federico Andrade⁴

1 Facultad de Ingeniería-UdelaR, Uruguay, fbenavid@fing.edu.uy, J. Herrera y Reissig 565 (11300)

2 Facultad de Ingeniería-UdelaR, Uruguay, xotegui@fing.edu.uy

3 Facultad de Ingeniería-UdelaR, Uruguay, aaguirre@fing.edu.uy

4 Facultad de Ingeniería-UdelaR, Uruguay, fandrade@fing.edu.uy

RESUMEN: *La introducción de robots en las aulas resulta ser una herramienta pedagógica poderosa en cuanto genera entornos de aprendizajes que potencian la interdisciplinariedad escolar, la exploración, la interacción entre los conocimientos teóricos y su aplicabilidad práctica, la creatividad de los estudiantes fomentando sus capacidades de observación, percepción y sensibilidad así como el desarrollo de la curiosidad y la imaginación. En Uruguay, la incorporación del Plan Ceibal (instrumentación del programa OLPC) en la Educación Primaria y Secundaria ha puesto en contacto a docentes, estudiantes y sus familias con recursos informáticos en una modalidad que posibilita un contacto constante con la tecnología, donde la incidencia de la misma en la vida escolar, familiar y comunitaria cada vez es mayor, generando un entorno más que propicio para el desarrollo de la robótica educativa en el Sistema Educativo formal. En el presente artículo se describe una experiencia de formación a docentes de enseñanza primaria y secundaria. Durante la misma se impartieron conocimientos relativos a robótica educativa, programación y construcción de robots, y posibles usos en el aula. Finalmente, los participantes construyeron su propio robot y diseñaron unidades didácticas para potenciar sus clases enriqueciendo la metodología de enseñanza que desarrollan habitualmente. Se destacan algunos resultados como la utilización práctica del robot para la enseñanza de variadas áreas disciplinares: matemática, física, música, idioma español, literatura, dibujo y filosofía, entre otras. En tal sentido, se concluye la factibilidad práctica del enfoque en el contexto del sistema uruguayo de educación formal.*

Palabras Clave: Robótica educativa, Robótica autónoma móvil, Robot Butiá.

ABSTRACT: *The introduction of robots in classrooms is a powerful pedagogical tool as it generates environments for learning that enhance academic interdisciplinarity, exploring, and the interplay between theoretical knowledge and its practical application. It increases Student's creativity as their skills for observation, perception and sensitivity enforcing the development of curiosity and imagination. In Uruguay, the "Plan Ceibal" (OLPC program implementation) in Elementary and Highschools education allows teachers, students and their family being in contact with computers resources; allowing a direct and continuous contact with technology, increasing its incidence in school, family and community life; building an environment that leads to robotics Education development in the formal education system. This paper describes an educational experience with elementary and highschools teachers were knowledge in educational robotics, programming, robot building, and its possibles uses in the classroom had been given. As a result, participants built their own robot and developed education plans to enhance their classes and enrich the teaching methodology which they were accustomed. This paper highlights some results as the practical use of the robot for teaching various knowledge areas such as mathematics, physics, music, Spanish language, literature, drawing and philosophy. As such, we conclude the practical feasibility of this approach in the context of the Uruguayan formal education system.*

KeyWords: Educational robotics, Autonomous mobile robots, Butiá robot.

1. INTRODUCCIÓN¹

La introducción de robots en las aulas resulta ser una herramienta pedagógica poderosa en cuanto y en tanto genera entornos de aprendizajes que potencian necesariamente – entre otros aspectos- la multi e interdisciplinariedad escolar, la exploración, la interacción entre los conocimientos teóricos y su aplicabilidad práctica, la creatividad de los estudiantes fomentando sus capacidades de observación, percepción y sensibilidad así como el desarrollo de la curiosidad y la imaginación.

El carácter polivalente y multidisciplinario de la robótica educativa, les posibilita a los estudiantes aprender a través del hacer, imponiéndose la lógica del *cómo hacer* y el *cómo pensar*, sustituyendo ambos al *qué hacer* y al *qué pensar*. Se generan nuevos ambientes de trabajo, de colaboración, de pensamiento y de procesamiento de la información basados en el aprendizaje activo y constructivista, y a su vez se integra lo tecnológico a las distintas áreas del conocimiento, conjugándose todo en un mismo proyecto, operando así como facilitadora y motivadora de la adquisición de saberes diversos.

Asimismo, la robótica educativa promueve un nuevo formato de acercamiento al conocimiento, de una forma más próxima a la realidad de los estudiantes, permitiéndoles problematizar elementos del entorno para lograr un aprendizaje más complejo y significativo; e incluso reivindicando el valor de la diversidad al buscar diferentes soluciones o alternativas a un mismo problema.

A su vez, le permite al estudiante ir de lo abstracto a lo concreto (lo abstracto de una idea, un diseño, a lo concreto de un modelo realizado y funcional). Cada proyecto parte de sus conocimientos previos que sirven como base a los nuevos saberes. Cada proyecto se desarrolla en equipo, por lo que se promueve el trabajo con otros en una construcción activa y colaborativa del conocimiento.

En Uruguay, la incorporación del Plan Ceibal² [15] en la Educación Primaria y Secundaria ha puesto en contacto a docentes, estudiantes y sus familias con recursos informáticos en una modalidad que posibilita un contacto constante con la tecnología, donde la incidencia de la misma en la vida escolar, familiar y comunitaria cada vez es mayor, generando un entorno más que propicio para el desarrollo de la robótica educativa en el Sistema Educativo formal, en especial en las Instituciones de Educación Secundaria pública.

Con estos antecedentes, en el año 2009 el Instituto

¹ Los conceptos vertidos son producto del estudio y elaboración de las siguientes referencias [1-14].

² Implementación del programa OLPC [16] en Uruguay

de Computación (*InCo* - [17]) de la Facultad de Ingeniería (*FI*) y la Inspección de Informática del Consejo de Educación Secundaria (*CES*) se propusieron extender el uso de la robótica a la Enseñanza Secundaria de todo el territorio nacional, fortaleciendo así el uso de las computadoras del Plan Ceibal (*XO*) en opciones aún no desarrolladas.

Comenzó de ese modo el diseño e implementación del Proyecto Butiá [18].

Desde Octubre de 2009 hasta Noviembre de 2010 se llevó adelante este proyecto con objetivos que apostaron a fortalecer la popularización de la ciencia y la tecnología. El Proyecto Butiá fue financiado, inicialmente, por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (*ANII*) [19] y permitió realizar el diseño, construcción e instalación de 27 plataformas robóticas móviles Butiá 1.0 en liceos públicos de todo el país.

El proyecto Butiá incrementa notoriamente las capacidades sensoriales y de actuación de la computadora *XO* (del proyecto *OLPC*) mediante *hardware* y *software* adicional, transformando la computadora del Plan Ceibal en una plataforma robótica móvil con capacidades de interacción con el entorno. Esta capacidad se logra, básicamente, mediante la utilización de sensores presentes en la propia computadora (como ser el micrófono y la cámara de video) y agregando sensores externos (temperatura, campo magnético, distancia, luz, colores, contacto, entre otros). El robot se distribuye en formato de *kit*, permitiendo, mediante piezas de acrílico, cambiar la ubicación de los sensores externos a utilizar sobre la plataforma conforme al objetivo o uso particular que se persiga.

A su vez el proyecto Butiá contempla el hecho de agregar nuevos sensores o actuadores a la plataforma de manera simple, abriendo la posibilidad a que los usuarios más interesados en electrónica puedan implementar fácilmente sus propios sensores y actuadores, incluso a partir de material de desecho tecnológico. El diseño mecánico e industrial del robot es abierto, lo cual permite realizarlo con materiales reciclados o de bajo costo.

La plataforma robótica se integra al set de herramientas de programación (*Tortugarte*, *Etoys*, *Pippy*) disponibles en el sistema operativo utilizado por las computadoras distribuidas por el Plan Ceibal (*Sugar*), aprovechando el conocimiento previo de los estudiantes sobre dichas herramientas.

Se destaca el hecho que el equipo de docentes de la *FI* encargado de la ejecución del proyecto, estuvo conformado por Ingenieros y estudiantes de las orientaciones Computación, Electrónica y Mecánica. Por tanto, se trabajó de forma multidisciplinaria, viabilizando y potenciando el enriquecimiento de los contenidos finales tanto por la aplicación de los

conocimientos más específicos de cada perfil así como por las sinergias positivas que se constatan en estas modalidades de trabajo.

También, la inédita experiencia de trabajo conjunto de la Universidad pública -InCo- y las Instituciones de Educación Secundaria -Inspección de Informática del CES-, en la formación y actualización del plantel docente de la asignatura Informática en temas específicos, mediante la cual los actores de ambos subsistemas tuvieron espacios para el intercambio y el aporte de conocimientos. Uno brindó alta calidad en la temática específica mientras que el otro aportó la transposición didáctica a los jóvenes, favoreciendo en ellos el encuentro de nuevos horizontes personales y profesionales.

Con el objetivo de permitir un ambiente de trabajo colaborativo entre todos los participantes del proyecto Butiá se creó un entorno virtual [20] basado en una plataforma *wiki* la cual permite intercambiar información tanto por los usuarios de la plataforma como por los desarrolladores y educadores.

Por otro lado, desde el año 2010 se dicta la asignatura electiva "Butiá: robótica educativa", para las carreras de ingeniería en computación y eléctrica, en la cual los estudiantes de *FI* participan activamente en el soporte y tutorías a los liceos vinculados al proyecto, además de participar en el desarrollo de nuevas funcionalidades para la plataforma.

En el presente artículo se describe una experiencia de formación de docentes de enseñanza primaria y secundaria realizada en Julio de 2012. Durante la misma, se impartieron conocimientos relativos a robótica educativa, programación y construcción de robots, y posibles usos en el aula.

Finalmente, los participantes construyeron su propio robot y diseñaron unidades didácticas para potenciar sus clases, enriqueciendo la metodología de enseñanza que desarrollan habitualmente. Se destacan algunos resultados como la utilización práctica del robot para la enseñanza de variadas áreas disciplinares como: matemática, física, dibujo, música, idioma español, literatura y filosofía, entre otras.

En tal sentido, la calidad de la experiencia, los materiales generados por los docentes y los resultados de su aplicación en las aulas nos permiten concluir la factibilidad práctica del enfoque en el contexto del sistema uruguayo de educación formal.

2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En Julio de 2012, en el marco del proyecto "Estímulo a la cultura científica y tecnológica" de la Administración Nacional de Educación Pública

(ANEP) y el Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), se desarrollaron los "Talleres de formación y elaboración de materiales en temas científico-tecnológicos para maestros y profesores". El InCo, a través de su grupo de investigación MINA [21], presentó la propuesta "**Robótica educativa con el robot Butiá**" a desarrollarse en el interior del país, en la ciudad de Durazno, con el objetivo de formar a 18 profesores y maestros en el uso de la herramienta robot como elemento pedagógico para su uso en el aula. A tales efectos se instrumentaron actividades para:

- Acercar a los docentes a los conocimientos en ciencias de la computación y robótica.
- Dar ejemplos de cómo utilizar el robot para motivar a los alumnos en la aplicación de conocimientos impartidos en asignaturas de otras áreas disciplinares, como: aritmética, geometría, trigonometría, lógica, física, entre otras.
- Mostrar las posibilidades de la reutilización de desechos tecnológicos en la construcción de sensores y actuadores para su uso en conjunto con el robot Butiá.
- Sensibilizar sobre la importancia de utilizar tecnologías abiertas en los procesos educativos.

2.1 Etapa presencial

En el marco del taller, se planificaron actividades presenciales de carácter expositivo, conjuntamente con actividades de trabajo práctico en grupos colaborativos.

Las actividades presenciales totalizaron una duración de 24 horas, divididas en 3 jornadas de 8 horas cada una.

Durante las mismas, se implementaron exposiciones teóricas (ver *fig. 1*) que incluyeron una agenda temática variada: introducción a la Robótica Pedagógica, introducción a la Inteligencia Artificial y Robótica, presentación del Proyecto Butiá y Programación de robots.



Figura. 1: Presentación teórica.

En forma alternada, y para generar espacios de aplicación práctica de los conocimientos impartidos, se realizaron en modalidad de taller, actividades de

programación (ver fig. 2), interacción con sensores (ver fig. 3), control de motores, armado de un robot (ver fig. 4) y finalmente, programación del robot para la resolución de un problema simple (ver fig. 5).



Figura. 2: Talleres de programación.

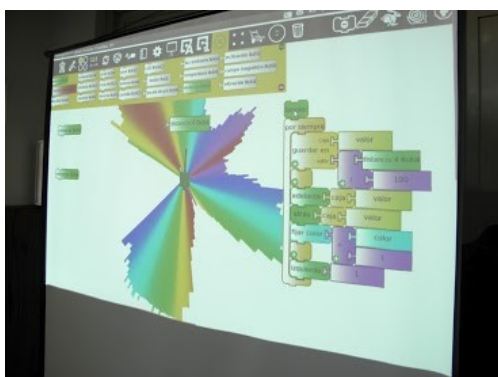


Figura. 3: Talleres de interacción con sensores.

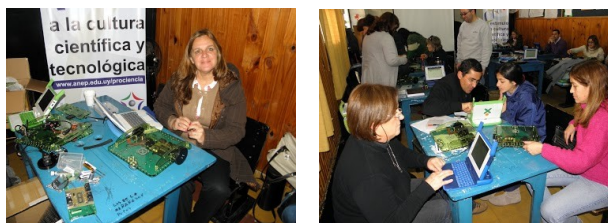


Figura. 4: Talleres de armado.



Figura. 5: Talleres de programación de robots.

Asimismo, a cada participante se le propuso la realización de un trabajo individual, con los objetivos de brindar la oportunidad a cada docente de manipular, armar³ y programar un robot para la

³ En http://www.youtube.com/watch?v=fXRRd5M_Zzs&feature=plcp se puede ver un video que resume el trabajo realizado por los participantes.

realización de una tarea simple, llevando a la práctica los conceptos y procedimientos trabajados. Los docentes a cargo del taller cumplieron en esta instancia el rol de tutores y guías, acompañando el proceso de aprendizaje de cada participante.

Luego, los kits robóticos construidos fueron entregados a cada participante, en carácter de préstamo, para su utilización en el centro de estudios con sus alumnos (ver fig. 6).



Figura. 6: Cierre de la actividad presencial.

Al finalizar la etapa presencial, se aplicó una encuesta de opinión sobre el taller a todos los participantes. En la misma, destacan principalmente la aplicabilidad de lo aprendido en el taller al trabajo de aula: "se puede aplicar al aula con buenos resultados"; "aprendí mucho y es 100% transferible al aula". También manifiestan que "nos aportó fundamentos para trabajar con la herramienta", valoran contar con "otra forma de trabajar con las XO y con el programa Tortugarte que a ellos [los estudiantes] más les gusta", entendiendo que "la propuesta generará interés máximo en el alumno". También indican que "me motivó a trabajar con los alumnos y que conozcan lo que es la robótica y al robot Butiá."

2.2 Etapa a distancia

Finalizadas las instancias presenciales, los participantes volvieron a sus localidades de origen con un kit robótico y el enorme desafío de planificar actividades didácticas que involucraran el uso del mismo con los estudiantes de su centro de enseñanza.

Para su realización, se dispuso de un entorno virtual de educación a distancia [22], a través del cual recibieron orientación y apoyo de los docentes de FI involucrados en el proyecto.

Los principales objetivos de esta etapa consistieron en:

- Sistematizar el contenido y la experiencia del taller presencial
- Afianzar el conocimiento adquirido

Como forma de replicar y multiplicar los

conocimientos y la experiencia que adquirieron los participantes durante el taller, los participantes colaboraron en la elaboración -como parte de las tareas del curso-, de material de apoyo para otros colegas de la enseñanza primaria y secundaria, que una vez terminado, será difundido y puesto a disposición de todos sus pares a nivel nacional.

Además, se propuso a todos los participantes, el desafío de desarrollar una experiencia práctica de aplicación de los conocimientos trabajados, para implementar con los estudiantes de sus centros de enseñanza.

En tal sentido, varios de ellos se dispusieron a trabajar con sus estudiantes en la resolución de alguno de los desafíos planteados en diferentes categorías del evento de robótica *sumo.uy*⁴.

2.3 Resultados

2.3.1 Unidades didácticas

La elaboración de los docentes abarcó áreas y aplicaciones diversas.

Se diseñaron unidades didácticas que integran la robótica a la enseñanza de:

- Literatura: a través de la lectura o proyección de obras de Isaac Asimov, promoviendo el estudio del género Ciencia Ficción.
- Idioma español: estudiando la comunicación como proceso de interacción entre las personas, entre máquinas y entre máquinas y personas.
- Historia: estudio de la tercera revolución industrial.
- Filosofía: toma de conciencia sobre impactos, consecuencias y cuestiones éticas asociadas con la aplicación de robótica en el mundo.
- Educación sonora y musical: estudiar el sonido como fenómeno físico. Comparar las capacidades humanas y las exhibidas por los sensores artificiales del robot.
- Matemática: representación de figuras geométricas.
- Informática: conceptualización de "variable".
- Física: conceptualización de la noción de energía y movimiento.

Se elaboraron 11 trabajos que lograron los objetivos propuestos. Resulta interesante destacar como ejemplos, tres de ellos.

1. Maestras de enseñanza primaria que trabajan con estudiantes de 2 y 3 año, propusieron una actividad que integra

contenidos de geometría – reconocimiento y representación de polígonos- con la programación de los movimientos del robot Butiá.

Esta actividad permite ver cómo estudiantes muy pequeños -7 y 8 años- pueden ejercitar y afianzar sus conocimientos de geometría aprendiendo e incorporando a la vez, de una forma lúdica, conocimientos sobre programación y lógica.

2. Un docente de Enseñanza Secundaria presentó una propuesta de trabajo para todo el Centro Educativo, mediante la cual logra involucrar a 6 docentes, de diferentes niveles y asignaturas para que todos aborden la temática "robótica" desde diferentes ópticas. Esta experiencia permite ver cómo la temática puede trabajarse con estudiantes de todas las edades a nivel de enseñanza secundaria, y desde muy variadas asignaturas- idioma español, historia, filosofía, ciencias físicas, educación visual y plástica y música. Muestra además el potencial que tiene la robótica para desarrollar la creatividad, tanto de estudiantes como de los docentes.
3. Una docente de informática de enseñanza secundaria, diseña una actividad de programación específica con el robot Butiá para profundizar en la conceptualización del término "variable", concepto significativo a la hora de trabajar en programación, y que presenta dificultades en su comprensión por parte de los estudiantes. Para ello diseña una actividad que implica construir una "mandala de colores" utilizando *Tortubots* [23].

2.3.2 Competencias robóticas

Desde Agosto hasta Octubre, 4 participantes (1 maestra de primaria y 3 profesores de secundaria) organizaron 6 equipos de estudiantes para participar en las competencias robóticas que se realizan en el marco del evento *sumo.uy*.

Los desafíos propuestos por la organización no resultaron triviales pero, con algo de apoyo a distancia, y valiéndose fundamentalmente de los conocimientos aprendidos y mucho entusiasmo y fuerza de voluntad, aproximadamente 40 estudiantes llegaron con sus docentes a la capital del país prontos para participar del evento. Durante 3 jornadas completas pudieron ver el fruto de su trabajo, mejorarlo con el aporte de otros equipos (conocieron e interactuaron con otros 30 participantes provenientes de diferentes puntos del país), aportar al trabajo de otros, disfrutando de un ambiente cooperativo y ameno en el que se

⁴ Sitio oficial del evento: www.fing.edu.uy/sumo.uy.

enmarcaron competencias, talleres, charlas y presentaciones varias.

En [24, 25, 26] se registran algunos de los principales momentos e impresiones de estudiantes y docentes.

En las encuestas de opinión realizadas durante el evento, los participantes manifiestan su gran conformidad con el mismo reiterando frases como *"muy bueno el evento"*, *"me gustó mucho la amabilidad y el compañerismo de la gente y participantes"*, *"valoramos mucho que nos pidan sugerencias [del trabajo con el robot], transformando la experiencia en un trabajo colaborativo"*, se trató de *"una experiencia enriquecedora para niños y docentes"*, *"nos vamos satisfechos de haber participado con escolares de esta actividad ya que en el interior nos encontramos muy alejados de esta realidad"*, *"muy divertido, gracias por darnos la oportunidad y ayudarnos a venir ya que se nos hace muy difícil porque vivimos un poco lejos"*.

3. CONCLUSIONES

Los docentes participantes de la experiencia de formación elaboraron diferentes unidades didácticas para implementar con sus estudiantes. De esta forma, se pretendió que llevaran a la práctica concreta de aula lo aprendido en el taller en relación a la robótica de manera integrada con los contenidos propios de su disciplina.

Esta etapa de elaboración, es a través de la cual se logran visualizar los mayores aportes de la actividad en su conjunto.

Se considera que esta instancia de trabajo de pensar y re-pensar la inclusión de la robótica en los cursos de las disciplinas tradicionales aporta significativamente a la formación docente. No sólo implica la revisión de los contenidos, de su pertinencia y vinculación con demás asignaturas, sino que brinda un espacio privilegiado para re-diseñar las metodologías de enseñanza que los docentes utilizan habitualmente, fortaleciendo aquellas que implican trabajo grupal y colaborativo guiado por el docente.

A través de los trabajos presentados se puede apreciar cómo elementos que la bibliografía de referencia destaca acerca de lo que puede aportar la robótica a la enseñanza y aprendizaje de otras disciplinas, se concretan en el diseño de la unidades didácticas. Las experiencias dan cuenta de cómo la versatilidad de la robótica permite trabajar en muy diversos escenarios que forman parte de la educación formal; de cómo es posible concretar la integración de diferentes disciplinas desde variados enfoques; están dirigidas a estudiantes de diferentes edades; proponen abordar los aprendizajes desde modalidades de

trabajo que favorecen la colaboración entre pares y el rol de tutor de los docentes; incorporan elementos lúdicos que favorecen la motivación de los estudiantes por el aprendizaje; dan muestra de la creatividad de los docentes a la hora de su diseño y de la apuesta al desarrollo de la creatividad de los estudiantes para los cuales están dirigidas.

Es de destacar además, que varios docentes lograron incluir en el diseño, instrumentos e instancias de evaluación muy pertinentes y acordes a los objetivos y desarrollo de las actividades – por ejemplo, matrices analíticas-, lo que sin dudas enriquece las propuestas.

En este contexto, se realizaron los mayores aportes de la actividad. incluso impensadas a priori.

Por otro lado, la experiencia de participación en el evento *sumo.uy* ha dejado saldos muy positivos pero también a dejado abiertas algunas interrogantes sobre las que profundizar. Algunos estudiantes no conocían la capital de su país. O nunca habían ingresado al predio de una facultad. En términos culturales no tenemos dudas que fueron muchos aportes a la formación de esos jóvenes estudiantes.

Sin embargo, contrastando la experiencia con el espacio educativo de la institución a la que concurren: ¿cómo incide en la motivación y desarrollo del aprendizaje -a priori- tener presente el objetivo de competir? ¿cómo incide en la motivación y desarrollo del aprendizaje -a posteriori- la experiencia concreta de la competencia del *sumo.uy*? ¿qué sucede cuando entre competidores encuentran aliados? ¿por qué no asumen el rol de competidores? ¿quienes asumen más rápidamente el rol de aliados? ¿los que más saben? ¿los más solidarios? ¿cómo incide sentirse parte de una comunidad educativa que rebasa los límites geográficos de su localidad? ¿cómo ven al docente luego de participar? ¿cómo se afectan los lazos interpersonales estudiante-estudiante y docente-estudiante?

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su reconocimiento y agradecimiento a la ANEP y al programa PEDECIBA por la financiación y apoyo recibidos, que hicieron posible la realización del taller de formación al cual se refiere el presente trabajo. Asimismo, se agradece muy especialmente el apoyo económico recibido de la ANTel y la ANII al evento *sumo.uy*, que, sumados, permitieron instrumentar más de 70 becas completas de alimentación, transporte y alojamiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Alonso Tapia, J.:** "Motivación y estrategias de aprendizaje. Principios para su mejora en alumnos universitarios"; en García, A.; Muñoz-Repiso, V. (coord.) Didáctica Universitaria Ed. La Muralla, 2001.

2. **Johnson, D.W., Johnson, R.T. y Holubec, E.:** "El aprendizaje cooperativo en el aula", Buenos Aires, Paidós, 1999.

3. **Johnson, D.W., Johnson, R.T.:** "Aprender juntos y solos. Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista". Buenos Aires, Aique, 1999.

4. **Proyecto MECESUP UCH0403:** "Renovación Curricular de la Ingeniería Civil en la Universidad de Chile y en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Estudio, selección y aplicación piloto de metodologías de enseñanza-aprendizaje en ingeniería". Comisión de Metodologías de Enseñanza y Aprendizaje, Enero, 2007.

5. **Míguez, M.:** "Análisis de las relaciones entre proceso motivacional, estrategias de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes del área CientíficoTecnológica de la Universidad de la República", Tesis de Doctorado en Química orientación Educación, Facultad de Química, Universidad de la República, 2008.

6. **Velázquez Callado, C.:** "El proceso de desarrollo de las propuestas cooperativas en la educación física", V congreso internacional de actividades físicas cooperativas, <http://es.scribd.com/doc/23463457/Carlos-Velazquez-Callado>, visitada Feb/2011.

7. **Villela, José:** "Ideas para enseñar a través de problemas", Ediciones Espartaco, Uruguay, 2006.

8. **Mirats Tur J. M., Pfeiffer C. F.:** "Mobile robot design in education", IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol 13, No 1, 2006.

9. **Lund, H. H.:** Robot Soccer in Education. Advanced Robotics Journal, 13:8, 737-752, 1999.

10. **Parsons S. and Sklar, E.:** "Teaching AI using LEGO Mindstorms", American Association for Artificial Intelligence, 2004.

11. **Klassner F.:** "A case study of LEGO Mindstorms™ suitability for artificial intelligence and robotics courses at the college level", 1-58113-473-8, ACM Press, 2002.

12. **Ruiz, E.:** "Robótica pedagógica virtual para la inteligencia colectiva", Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.

13. **Walter Bender et al.:** "Turtle Sensors How open hardware and software can empower students and communities", Disponible en:

http://wiki.sugarlabs.org/images/1/13/Turtle_sensors.pdf, visitada May/2012.

14. **Benavides, F.; Aguirre, A.; Otegui, X.; Andrade, F.; Tejera, G.:** "1 Adolescente.1 Computadora. 1 Robot", Foro Mundial de Educación en Ingeniería, Buenos Aires, Argentina, Octubre de 2012.

15. **Plan Ceibal:** www.ceibal.edu.uy, visitada Oct/2012.

16. **Proyecto OLPC:** <http://one.laptop.org/>, visitada Oct/2012.

17. **Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería:** www.fing.edu.uy/inco, visitada Oct/2012.

18. **Proyecto Butiá:** www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia, visitada May/2012.

19. **Agencia Nacional de Investigación e Innovación:** www.anii.org.uy, visitada Oct/2012.

20. **Plataforma de trabajo colaborativo del Proyecto Butiá:** www.fing.edu.uy/inco/proyectos/butia/mediawiki, visitada Dic/2011.

21. **MINA:** Grupo de investigación en Gestión de redes e Inteligencia Artificial, www.fing.edu.uy/inco/grupos/mina, visitada Oct/2012.

22. **Curso Robótica educativa con el robot Butiá:** eva.fing.edu.uy/course/view.php?id=312, visitada Oct/2012.

23. **TurtleBots:** Actividad de Sugar para trabajar con robots. Disponible en: <http://activities.sugarlabs.org/es-ES/sugar/addon/4434>, visitada Nov/2012.

24. **Blog del Liceo de Villa del Carmen:** Durazno, Uruguay. Disponible en: <http://liceocarmendurazno.blogspot.com/>, visitada Nov/2012.

25. **Blog de la Escuela N°108 de Florida:** Florida, Uruguay. Disponible en: <http://ceibalflovida.blogspot.com/2012/10/sumo.html>, visitada Nov/2012.

26. **Blog del Liceo N°3 de Durazno:** Durazno, Uruguay. Disponible en <http://segundocuatroliceo3durazno.blogspot.com/>, visitada Nov/2012.

6. SÍNTESIS CURRICULARES DE LOS AUTORES

Facundo Benavides es Profesor Asistente con Dedicación Total en el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad de la República de Uruguay (UdelaR). En Febrero de 2006 ingresa al cuerpo docente del Instituto de Computación como ayudante interino. Obtuvo el título de Ingeniero en Computación en el año 2006. Hasta 2010 se desempeñó, simultáneamente, como Ingeniero en Computación en la Administración Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL). Recientemente, finalizó su maestría académica en Informática dentro del área de Inteligencia Artificial y Robótica. Es responsable y colaborador en cursos de grado que imparten conocimientos en programación y robótica autónoma móvil desde 2006. Participa en proyectos y actividades de extensión universitaria y relacionamiento con el medio en el campo de la robótica educativa desde 2008. Sus principales trabajos de investigación se orientan hacia la planificación de movimientos y el aprendizaje automático por imitación. Sus últimas publicaciones refieren a la aplicación de Diagramas de Voronoi y Algoritmos Genéticos para la planificación automática de movimientos en robots móviles y, por otro lado, robótica aplicada en el sistema formal de educación para potenciar los procesos de enseñanza/aprendizaje.

Julio Herrera y Reissig 565 (11300), www.fing.edu.uy/~fbenavid.

Ximena Otegui es Profesor Adjunto de la Unidad de Enseñanza (UEFI) de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad de la República de Uruguay (UdelaR). En Febrero de 2002 ingresa al

cuerpo docente de la UEFI como Profesor Asistente. Obtuvo el título de Profesor de Enseñanza Media en la Especialidad Química en el año 2005. Paralelamente, se desempeña como docente de educación media en Química en distintas instituciones públicas y privadas del país. Actualmente, se encuentra finalizando su maestría académica en Enseñanza Universitaria (UdelaR). Desde la UEFI participa como docente en cursos de formación docente universitaria en aspectos pedagógico-didácticos. Participa en el diseño e implementación de diferentes proyectos de enseñanza y extensión de la FI. Participa en proyectos de enseñanza y actividades de extensión universitaria y de relacionamiento con el medio en el campo de la robótica educativa, colaborando en los aspectos pedagógico-didáctico de los mismos.

Andrés Aguirre es Profesor Asistente en el Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad de la República de Uruguay (UdelaR). En Marzo de 2008 ingresa al cuerpo docente del Instituto de Computación como ayudante honorario. Obtuvo el título de Ingeniero en Computación en el año 2007. Actualmente, se encuentra realizando su maestría académica en Informática dentro del área de Inteligencia Artificial y Robótica. Es responsable y colaborador en cursos de grado que imparten conocimientos en programación y robótica autónoma móvil desde 2008. Participa en proyectos y actividades de extensión universitaria y relacionamiento con el medio en el campo de la robótica educativa desde 2009. Sus principales trabajos de investigación se orientan hacia el testing de sistemas embebidos, la robótica educativa. Sus últimas publicaciones refieren a la aplicación de la robótica en el sistema formal de educación para potenciar los procesos de enseñanza/aprendizaje.