

Miguel Angel Perez Alvarez:

## Robotics and Development of Intellectual Abilities in Children

### Abstract:

It is necessary to transform the educative experiences into the classrooms so that they favor the development of intellectual abilities of children and teenagers. We must take advantage of the new opportunities that offer information technologies to organize learning environments which they favor those experiences. We considered that to arm and to program robots, of the type of LEGO Mind Storms or the so called "crickets", developed by M. Resnik from MIT, like means so that they children them and young people live experiences that favor the development of their intellectual abilities, is a powerful alternative to the traditional educative systems. They are these three tasks those that require a reflective work from pedagogy and epistemology urgently. Robotics could become in the proper instrument for the development of intelligence because it works like a mirror for the intellectual processes of each individual, its abilities like epistemologist and, therefore, is useful to favor those processes in the classroom.

### Agenda

|                           |    |
|---------------------------|----|
| Fundamentación .....      | 85 |
| Problema .....            | 86 |
| Propuesta .....           | 86 |
| Antecedentes .....        | 86 |
| Nuestra experiencia ..... | 87 |

### Author:

Miguel Angel Pérez Alvarez

- Colegio de Pedagogía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México 04040, México,
- y Colegio de Filosofía, Universidad del Claustro de Sor Juana, Izazaga 92, Centró Histórico, Ciudad de México 06080, México.
- ☎ + 52 - 55 - 56893028 , ✉ [mapa@servidor.unam.mx](mailto:mapa@servidor.unam.mx), 🌐 <http://subdominio.net/mapa>
- Relevant publications:
  - "Web Creatividad y Constructivismo" En *Paedagogium*, Año No.29 Septiembre-October 2006.
  - "Estrategias para la gestión del conocimiento en la red y la superación de la brecha digital" (En co-Autoría Con Daniel Pimienta) *Fisec-Estrategias*, Año I N° 2, Fisec, Argentina, 6 de septiembre de 2005.
  - "La universidad virtual como motor del cambio educativo" en revista *Actas Pedagógicas*, Ibagué, junio 2005.
  - "Comunidades de aprendizaje en línea: espacios para la autoconstrucción del individuo" en *Revista Actas Pedagógicas*, vol. 2 número 9, Ibagué, 30 de junio de 2003, p. 32-39

Miguel Angel Perez Alvarez:

## Robotics and Development of Intellectual Abilities in Children

### Fundamentación

En el documento de la UNESCO para la educación del futuro se considera que dos de los pilares son educar para hacer y educar para pensar. Los sistemas educativos de mi país no logran ninguno de los dos objetivos de manera general porque la orientación del trabajo diario de los maestros en el aula está orientada a la memorización de la información y hacia la repetición de patrones cognitivos. En el aula mexicana se considera que el saber está en el maestro y las sesiones en el aula se destinan (los esfuerzos docentes) más hacia la memorización de información por parte del alumno que hacia el desarrollo de habilidades cognitivas o metacognitivas (específicamente habilidades para la búsqueda de la información y la construcción de conocimientos nuevos)

Una de las más grandes paradojas de nuestro tiempo en la educación mexicana es el uso de las nuevas tecnologías para reproducir el modelo educativo tradicional, orientado hacia la memorización de información. Es común que se utilicen enormes pizarrones electrónicos para presentar información solamente. La mínima o nula interactividad del estudiante con las herramientas electrónicas de búsqueda de información y con las herramientas para la producción de unidades de contenido informativos (como los multimedia o los de edición digital) que les permitan formarse como productores de conocimiento y no como simples consumidores de información, reflejan el enorme desconocimiento o la falta de compromiso político que existe entre los oficiales de la educación en México para diseñar políticas que aprovechen las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías para el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas en el medio escolar.

Desde hace ocho años<sup>1</sup> he desarrollado un enfoque para utilizar el diseño, armado y programación de

tareas en pequeños robots para organizar experiencias educativas que favorezcan el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas. El uso que hago de los robots se enmarca entonces en el de los ambientes de aprendizaje mediados por tecnología y la relación entre niños, jóvenes y robots en el marco de los ambientes de aprendizaje.

Tradicionalmente la educación es concebida como un acto de transmisión de información, un acto que busca la preservación de los conocimientos acumulados mediante su almacenamiento en pequeñas unidades informativas que luego son entregadas en episodios cortos repetidos frecuentemente (semanalmente es lo usual) con el propósito de transmitir de una generación a otra los conocimientos acumulados. La aplicación de exámenes por parte de la OCDE (PISA) ha demostrado que nuestro sistema educativo no contribuye a que los estudiantes desarrollen habilidades intelectuales básicas. La irrupción de unidades artificiales para el almacenamiento de la información y la crisis del concepto educativo tradicional provocó la aparición de una nueva visión de los actos educativos que se centra en el desarrollo de habilidades intelectuales (en el saber conocer) más que en el almacenamiento de información.

La aparición de las tecnologías del cuerpo<sup>2</sup> y las tecnologías de la mente transformaron la manera en la que pensamos y conocemos. Aun debemos llevar adelante esta transformación de nuestra cultura educativa para que contribuya a cambiar la manera en la que aprendemos en las aulas.

Aunque en México existe una tradición en el uso de robots en el desarrollo de habilidades intelectuales que se remonta a principios de los noventa<sup>3</sup>, su uso

<sup>1</sup> Ver:  
<http://funredes.org/mistica/castellano/ciberoteca/participantes/docupart/aprendizaje/#aa>

<sup>2</sup> La aparición de las tecnologías del cuerpo en los siglos XVIII y XIX transformó la manera en la que miramos (a través del microscopio y el telescopio) o nos desplazamos (autos, ferrocarriles, aviones). Las tecnologías de la mente (computadoras personales, tomógrafos axiales computados, redes de computadoras, telecomunicaciones digitales, instrumentos de la convergencia digital, robots) son un avance reciente, principalmente de mediados y finales del siglo XX.

<sup>3</sup> Con el apoyo de investigadores del Centro Científico y del Sector Educación de la empresa IBM de México se desarrolló en México un grupo de profesores especialistas en el uso de robots.

en el desarrollo del criterio moral no está documentado y fue mi formación filosófica y sobre todo mi interés por la obra de Piaget y Kohlberg <sup>4</sup> la que me indujo a probar con jóvenes esta vía de aproximación.

## Problema

¿Cómo puede transformarse la manera en la que aprendemos a conocer con ayuda de un robot? Los robots no pueden realizar tareas por nosotros si nos les "enseñamos a hacerlo". "Enseñar a un robot" en realidad significa que un ser humano diseñe un sistema tan general, un programa que le permita a la máquina realizar una tarea por sí sola. Esto que se enuncia de manera muy simple es en realidad un proceso complejo. Y no me refiero a la complejidad técnica del sistema que permite a una persona desarrollar la lista de instrucciones que permitirán al robot hacer una tarea sino a la concepción abstracta del proceso que el robot debe realizar por parte del programador. Esta tarea es todavía más compleja si lo que se busca es que el robot decida en una situación dada que curso de acción tomar. En un ejemplo, si dotamos a un robot con una cámara para que pueda "ver" por dónde camina y le damos como orden que camine por un espacio dado y el robot se encuentra súbitamente con un muro, el programador debe:

- a) dotar al robot con una instrucción tal que si encuentra un muro sepa que nuevo rumbo debe seguir; o

- b) dotar al robot de un programa que le permita elegir cuál curso de acción debe seguir

En el caso "b" el programador debe ser lo suficientemente apto para desarrollar un programa que permita al robot emular la acción inteligente mediante la cual los hombres elegimos un curso de acción dada en lugar de otro curso de acción. La capacidad para diseñar esos programas requiere un vasto conjunto de habilidades intelectuales. Esas habilidades se desarrollan a lo largo de la vida de un especialista y le permiten corregir aquellos pasos o procedimientos que impiden que un robot cumpla una tarea determinada. La capacidad para corregir esos errores de "programación" es desarrollada después de analizar con detalle miles de pasos en los "programas" y contrastarlos con la conducta del robot.

## Propuesta

### Antecedentes

Como señalé se han hecho importantes experimentos y proyectos académicos en México en el uso de robots con fines pedagógicos. En la UNAM, por ejemplo, el Dr. Enrique Ruiz Velasco ha publicado en su obra<sup>5</sup> que la robótica **puede ayudar en el desarrollo e implantación de una nueva cultura tecnológica en los países, permitiéndoles el entendimiento, mejoramiento y desarrollo de sus propias tecnologías. Enrique Ruiz-Velasco Sánchez** es un investigador del Centro de Estudios Sobre la Universidad, de la Universidad Nacional Autónoma de México, PhD. en Ciencias de la Educación con especialidad en Tecnología Educativa, U. de Montreal y Posdoctorado en Ciencia y Tecnología, I. de Educación, U. de Londres.

En algunas instituciones públicas y privadas se han introducido experiencias que se derivan de los enfoques que el costarricense Luis Guillermo Valverde trajo a México en los ochenta. El a su vez participó en el equipo de Alberto Cañas y Germán Escorcía y pertenece al grupo que se formó en los setenta y ochenta con Seymour Papert en el MIT. Afortunadamente en diversas escuelas en México

---

Encabezado por Luis Germán Valverde y Germán Escorcía el grupo formó a profesores como Guadalupe González del Colegio Vista Hermosa en el uso de estas herramientas tecnológicas en escuelas públicas y privadas de nivel primario y secundario.

<sup>4</sup> Ver: Henry M. Wellman, Craig Larkey, Susan C. Somerville, "The Early Development of Moral Criteria" en *Child Development*, Vol. 50, No. 3 (Sep., 1979), pp. 869-873; también ver Richard N. Tsujimoto, Peter M. Nardi "A Comparison of Kohlberg's and Hogan's Theories of Moral Development" en *Social Psychology*, Vol. 41, No. 3 (Sep., 1978), pp. 235-245; ver por otra parte: Douglas Magnuson, "Essential moral sources of ethical standards in child and youth care work", *Child and Youth Care Forum*, Springer Netherlands, Volume 24, Number 6, December, 1995, pp. 405-411

<sup>5</sup> Ruiz-Velasco Sánchez Enrique, *Robótica Pedagógica: iniciación, construcción y proyectos*, Grupo Editorial Iberoamérica, 2002.

existen proyectos basados en el uso de robots para el desarrollo de habilidades intelectuales. En Valle de Bravo, un pintoresco pueblo cercano a la Ciudad de México existe un pequeño centro de capacitación que es propiedad de la profesora Guadalupe González.

La experiencia que aquí narro surgió de mi capacitación y trabajo en el Sector Educación de *IBM de México* a principios de los noventa. Se enmarca en el conjunto de las experiencias que tanto el personal de IBM como el de las escuelas mexicanas desarrollan desde principios de los noventa y después de haber conocido los proyectos que se realizaban para el desarrollo de habilidades intelectuales en algunas escuelas públicas y privadas en México y los Estados Unidos

### Nuestra experiencia

Cuando se organiza un ambiente de aprendizaje en el que un niño o joven enfrenta la tarea de armar y "programar" a un robot, es decir cuando le ponemos frente a un reto, lo colocamos frente a una experiencia vital para el desarrollo de sus habilidades intelectuales. El niño confronta el programa que escribe con la "conducta" del robot. En esa experiencia con tecnologías se ponen en juego decenas de oportunidades para que el niño desarrolle nuevas habilidades intelectuales.

El caso que me interesa presentar, es el de un taller de Robótica que impartimos a todos los alumnos del nivel secundario de una escuela privada<sup>6</sup> En 1998 había yo sido contratado como Coordinador del programa de cómputo educativo en esa escuela. Los beneficios que trajo para el desempeño de los estudiantes en otras disciplinas que requirieron el uso de habilidades intelectuales fueron muy diversas, pero principalmente contribuyeron a formar habilidades metacognitivas -cómo aquellas que nos permiten preguntarnos sobre cómo aprendemos o cómo sabemos qué aprendemos.

Si nos atenemos a lo establecido por la UNESCO<sup>7</sup> la educación del futuro debe orientarse hacia ese propósito: contribuir al desarrollo de capacidades que permitan a la persona ser autónoma y autosuficiente en la búsqueda de los conocimientos. También y no menos importante la educación debe orientarse a despertar la comprensión empática entre las personas, es decir contribuir al desarrollo del criterio moral en niños y jóvenes

El objetivo de mi trabajo es reflexionar sobre las implicaciones que tiene usar robots en ambientes escolares como un medio para favorecer el desarrollo de habilidades intelectuales. La condición para que los niños devengan epistemólogos, seres concientes de su capacidad para conocer, está dada por una intervención pedagógica definida en los ambientes educativos. El uso de estas tecnologías ofrece nuevas oportunidades para que esa intervención pedagógica sea estimulante para el desarrollo de los niños y jóvenes.

En el terreno del desarrollo del criterio moral y por lo tanto en el terreno de la reflexión ética podemos señalar que nuestra experiencia se ha enriquecido con la introducción de aspectos éticos en la programación de robots. Generalmente en América Latina y el Caribe se atiende este importante aspecto del desarrollo de las personas mediante cursos demostrativos "de valores". En general el desarrollo ético se confía a una memorización de definiciones o a una ilustración de casos hipotéticos.

Los estudiantes del nivel secundario (entre los 11 y 15 años de edad) viven una etapa en la que se evoluciona en lo que Kohlberg<sup>8</sup> y Piaget caracterizan como del pensamiento formal. Llegar a la "etapa social postconvencional" requiere de un complejo y profundo proceso que los sistemas educativos no favorecen. Esta etapa del desarrollo intelectual es fundamental en el desarrollo del criterio moral. Las experiencias educativas y personales son factor clave para que ese criterio se desarrolle de manera saludable. Según Kohlberg el paso de la

<sup>7</sup> [http://portal.unesco.org/education/es/ev.php-URL\\_ID=27542&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/education/es/ev.php-URL_ID=27542&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

<sup>6</sup> El Instituto Educativo Olinca en el sur de la Ciudad de México es una institución con más de 25 años de experiencia educativa. Se destaca por su uso innovador de nuevas tecnologías en los diversos niveles de estudio que imparte.

<sup>8</sup> Llevar a la persona a lograr una "perspectiva social postconvencional" que es, según Kohlberg, la etapa madura en la que el sujeto supera su egoísmo y su pragmatismo infantiles. Ver [http://w3.cnice.mec.es/recursos2/convivencia\\_escolar/archivos/c2.doc](http://w3.cnice.mec.es/recursos2/convivencia_escolar/archivos/c2.doc).

heteronomía a la autonomía moral es un proceso largo que se inicia en la infancia y puede durar toda la vida. El niño y el joven pasan por etapas de individualismo, mutualismo, aceptación ciega de la ley y el orden, y la autonomía. En algunos casos el medio social no favorece este desarrollo y la persona requiere de fuertes controles sociales (fundamentalmente el temor a las sanciones económicas y corporales) por la falta de un criterio moral maduro. Ello repercute en el estancamiento social y en el conflicto pues estas personas carecen de las herramientas de juicio para actuar de manera autónoma. Que programar un robot contribuya a ese proceso es algo que debe ser calibrado y aquilatado. Las nuevas tecnologías de la información generalmente no son concebidas como instrumentos para la educación moral, pero podría empezar a cambiar ese concepto si se lee con atención el presente trabajo.

En la experiencia que sustenta este breve texto observamos que los retos que se plantean a los jóvenes implican decisiones y dilemas morales que contribuyen al desarrollo de la reflexión ética y a la madurez intelectual y emocional de los jóvenes.

Algunos de los retos que se les plantearon a los jóvenes que intervinieron en los Talleres de Robótica consistían en el diseño de programas que permitieran a los robots auxiliar a las personas en la realización de tareas simples.

El caso que más me interesa destacar y reseñar es el de un programa que, recurriendo al uso del sistema de reconocimiento de movimientos en áreas específicas de una imagen por parte de la cámara conectada al robot, podía conducir al robot por un laberinto. El reto era simular a una persona cuadripléjica conduciendo una silla de ruedas mediante el movimiento de los párpados.

El estudiante debía generar un programa que activara mediante la detección del movimiento del párpado el movimiento del robot por un laberinto. Ello implicaba reflexionar sobre las implicaciones en errores de programación del movimiento del robot en la integridad y confort del usuario del programa en caso de ser conectada su silla de ruedas a un robot que la condujera.

Mientras que todos los retos utilizados hasta ese momento estaban orientados a que los estudiantes desarrollaran habilidades cognitivas y metacognitivas, la introducción de un reto que involucraba la reflexión ética en las consecuencias de "errores" en el comportamiento del robot, obligó

a los estudiantes a implicar un nivel y calidad de reflexión de un orden distinto. Estas experiencias confrontaban al estudiante con una realidad distinta a la propia y le obligaban a la empatía, a ponerse en el lugar del otro y por ende le brindaban la oportunidad de ejercitar su criterio moral. Programar al robot para que se moviera por un dédalo o laberinto era una tarea compleja, pero pensar en la forma en la que el robot que operaba una imaginaria silla de ruedas eléctrica implicaba además considerar aspectos sobre el movimiento cuidadoso y sin "tumbos" o "zarandeos". Muchas veces el robot describía trayectorias erráticas y yo solía preguntar a los alumnos: - ¿Crees que si este robot condujera a una persona con discapacidad el movimiento sería peligroso o riesgoso? Generalmente los alumnos quedaban absortos y luego de un rato emprendían la tarea de revisar el programa recién escrito para modificarlo. El feedback o retroalimentación al proceso provenía de la reflexión personal más que de las correcciones del profesor y ese proceso intelectual de enorme riqueza ponía al estudiante, gracias al trabajo con robots y a la empatía con un eventual usuario de la nueva tecnología, en una condición excepcional para su desarrollo moral y metacognitivo. La respuesta a las disquisiciones preguntas juveniles se encontraba en la revisión y el diálogo con un programa de computadora, con un proceso intelectual, y no en la simple revisión de catálogos o listas de valores como hace la educación más tradicional.

No era frecuente en el momento en el que se presentó la experiencia aquí descrita que los estudiantes de nivel secundario llevaran a cabo una reflexión ética. Sin embargo el modelo educativo de esta escuela permite innovar en actividades académicas que generen oportunidades reflexivas de los alumnos, en especial de orden moral. En resumen este taller de robótica era una alternativa para iniciar a los jóvenes en una experiencia de índole filosófica por medio de un trabajo que se percibía como eminentemente técnico. No era considerado obligatorio o como parte del currículo (situación que ha cambiado pues ahora se imparte una materia en todo el sistema educativo mexicano denominada "Formación cívica y ética") y por ende ofrecía una situación inédita. Muchos jóvenes que encontraban rutinaria la programación de los robots se vieron estimulados por la perspectiva de pensar en soluciones para problemas de la vida real y aunque sabía que sus prototipos difícilmente serían utilizados por personas con discapacidades existía un enorme interés por pensar en cómo resolver los retos planteados por el profesor. Había, podríamos decirlo, un reto personal.

Este nuevo tipo de habilidad intelectual ligado al desarrollo del criterio moral fue uno de los grandes aportes de este taller a nuestro trabajo filosófico con jóvenes. Pudimos agregar a la reflexión epistemológica una nueva problemática relacionada con el aspecto moral y ético. Los dilemas planteados en la programación de robots trajo aparejada la oportunidad de ejercitar el criterio moral. Los avances de Piaget y Kohlberg en la materia difícilmente se ponen a prueba en nuestras escuelas. Los profesores juzgan que la mención de los valores morales, la presentación de casos edificantes o bien de situaciones trágicas impresionarán o dejarán una huella profunda en los jóvenes para que sigan un comportamiento "correcto". La falta de conocimiento sobre el desarrollo del criterio moral en niños y jóvenes impide que los profesores puedan crear situaciones académicamente relevantes para ese propósito.

Los nuevos avances tecnológicos traen aparejados el uso de un conjunto amplio de valores y registros de naturaleza ética. Los procesos educativos que garanticen el desarrollo del criterio moral en los niños y jóvenes en medio del cambio social y cultural que implican las nuevas tecnologías de la información son urgentes. Los educadores tenemos la responsabilidad histórica de crear un enfoque pedagógico coherente y sólido para asegurarnos que no ocurra lo que ocurrió con otras tecnologías en el pasado. Es lamentable ver cómo se introdujeron en nuestra cultura las visiones de la sociedad industrial y cómo se destruyó el medio ambiente con sus valores consumistas.

El uso de robots en escuelas puede ser una oportunidad para que los niños y jóvenes desarrollen el criterio moral y, por ende, pueden ser un aliado incondicional en la tarea fijada por la UNESCO de educar para la comprensión no sólo intelectual sino también emocional y empática con otros seres humanos. Los avances en el estudio del desarrollo del criterio moral y la oportunidad de iniciar a los jóvenes en la programación de robots abren por primera vez en la escuela el debate respecto a la inteligencia artificial y la determinación de la responsabilidad en la conducta de los robots. Esta situación que era hipotética en el pasado (y materia de la ciencia ficción) abre toda su posibilidad en el presente. La mejor manera de contribuir al desarrollo del criterio moral es poner al niño y al joven frente a situaciones y dilemas morales reales. Al desarrollar soluciones tecnológicas que implican razonar sobre las implicaciones morales de una decisión dada la robótica escolar adquiere una nueva ventaja que se

suma a las que ya hemos descrito en otros trabajos<sup>9</sup> sobre el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas. Conforme el costo de los equipos de cómputo y de los microprocesadores que pueden ser programados por niños y jóvenes (por ejemplo, Lego Mindstorms y Lego Mindstorms Nxt) van bajando y haciéndose más accesibles al público en general y conforme las autoridades educativas buscan aplicaciones tecnológicas que contribuyan a una educación de mayor calidad, el uso de la programación de robots se transforma en una oportunidad para el desarrollo del criterio moral en un ambiente educativo estimulante. El reto consiste en el desarrollo de un enfoque pedagógico y educativo que garantice a los jóvenes la oportunidad para construir un criterio moral que les lleve a administrar el cambio tecnológico actual con una visión universalista y ética. En eso los robots pueden "darnos la mano"

## References

- Piaget, J. *El criterio moral en el niño*, Barcelona, Martínez Roca, 1984. (version inglesa: Piaget, Jean, *The Moral Judgement of the Child*, Glencoe, IL, Free Press, 1948)
- Kohlberg, L. (1984) *The psychology of moral development*, San Francisco, Harper and Row. (Traducción al castellano en 1992, Desclee de Brouwer, Bilbao).
- Huitt, W., & Hummel, J. "Piaget's theory of cognitive development", *Educational Psychology Interactive*, Valdosta, GA, Valdosta State University, 2003. Revisado el 20 de enero de 2007 en: <http://chiron.valdosta.edu/whuitt/col/cogsys/piaget.html>
- Portillo Fernández, Carlos, "La Teoría de Lawrence Kohlberg". Revisado el 10 de febrero de 2007 en [http://ficus.pntic.mec.es/~cprf0002/nos\\_hace/desarrol3.html](http://ficus.pntic.mec.es/~cprf0002/nos_hace/desarrol3.html)
- Ruiz-Velasco Sánchez, Enrique, *Robótica Pedagógica: iniciación, construcción y proyectos*, Grupo Editorial Iberoamérica, 2002.
- Díaz-Aguado, M.J., "Desarrollando la empatía y los derechos humanos", *Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, CNICE*, consultado el 13 de enero de 2007 en

<sup>9</sup> Publicamos un resumen de esa experiencia en: <http://funredes.org/mistica/castellano/ciberoteca/participantes/docupart/aprendizaje/#aa>

[http://w3.cnice.mec.es/recursos2/convivencia\\_e\\_scolar/archivos/c2.doc](http://w3.cnice.mec.es/recursos2/convivencia_e_scolar/archivos/c2.doc)

*Wellman, Henry M., Larkey Craig, Somerville, Susan C., "The Early Development of Moral Criteria" en Child Development, Vol. 50, No. 3 (Sep., 1979), pp. 869-873*

*Tsujimoto Richard N., Nardi Peter M. "A Comparison of Kohlberg's and Hogan's Theories of Moral Development" en Social Psychology, Vol. 41, No. 3 (Sep., 1978), pp. 235-245*

*Magnuson Douglas, "Essential moral sources of ethical standards in child and youth care work", Child and Youth Care Forum, Springer Netherlands, Volume 24, Number 6, December, 1995, pp. 405-411*