

INTERACCIÓN HUMANO-ROBOT: CONSIDERACIONES DE IMPLEMENTACIÓN EN AMBIENTES ESCOLARES

John Jairo Páez Rodríguez

Ph. D. en Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana.

Docente Planta Universidad Distrital - Facultad de Ciencias y Educación.

Correo electrónico: jjpaez@udistrital.edu.co.

Interacción Humano-Robot: Consideraciones de implementación en ambientes escolares

———— John Jairo Páez Rodríguez

RESUMEN

Este documento de revisión explora cuatro aspectos relacionados con la integración de robots en ambientes educativos, en donde los robots deben ser reconocidos como instrumentos de mediación que, durante la interacción con el sujeto, asumen el rol de tutor o aprendiz para establecer, mantener, cambiar o terminar relaciones que orientan los procesos de pensamiento durante el aprendizaje. Primero, reflexiona sobre las transformaciones educativas durante su integración y las lecciones aprendidas de acuerdo a experiencias internacionales exitosas. Segundo, enumera diferentes aspectos que son de necesaria consideración para garantizar que la transferencia de buenas prácticas educativas proporcione condiciones que garanticen que un mayor número de poblaciones acceda, permanezca y culmine la educación básica. Tercero, presenta aspectos concretos en los cuales la interacción humano-robot y el uso de robots mejora los resultados frente al uso de otras tecnologías. Cuarto, reflexiona sobre cómo lograr que en el proceso de interacción humano-máquina, se generen emociones fruto de una personalidad asignada a un robot, que mantengan la comunicación y el interés del alumno en el proceso cognitivo.

Palabras clave: Construccionismo, Interacción Humano-Robot, Robots Sociales.

ABSTRACT

This review explores four aspects related to the integration process of robots into educational environments. First, considerations about educational transformations during the integration process and the learned lessons according to the international experiences are presented. Second, the aspects necessary to ensure the transfer of successful educational practices are enumerated. Third, the comparison between human interaction processes with robots and other technologies used in education is presented. Fourth, the emotional advantages of social robots in educational settings to maintain motivation during the learning process is analyzed. As a conclusion, the social conditions of robots must be recognized and exploited in learning processes.

Keywords: Constructionism, Human-Robot Interaction, Social Robots.

INTRODUCCIÓN

El grado de sofisticación de las máquinas, sustentado en los avances de las ciencias cognitivas y en las propuestas de sistemas cognitivos artificiales, establece condiciones de cooperación e interacción bajo patrones de interacción social, reconocidos inicialmente en las relaciones entre seres vivos humanos y no-humanos. Es decir, el desarrollo de los sistemas de reconocimiento y razonamiento, fomentan la convergencia cognitiva entre humanos y robots. Esa forma emergente de reconocimiento de las máquinas, ha reconfigurado las estrategias de pensamiento y los patrones de inteligencia que son visibles en los comportamientos lógicos de los artefactos, en la robótica se amplían con el movimiento, la corporalidad y las nuevas formas de comunicación; lo cual cierra la brecha cognitiva en procesos de cooperación, dado que la interacción física establece un mayor nivel de conciencia durante el proceso de interacción. Estas ventajas han abierto nuevos

campos de investigación para el desarrollo de aplicaciones industriales y sociales. En el contexto educativo, el robot social debe ser reconocido como un instrumento de mediación que durante la interacción con el sujeto; asume el rol de tutor o aprendiz para establecer, mantener, cambiar o terminar relaciones que orientan los procesos de pensamiento durante el aprendizaje.

TRANSFORMACIONES EDUCATIVAS

La robótica es una de las disciplinas que conforman el universo tecnológico; nace fuera del sistema educativo y comienza su ingreso a través de laboratorios de inteligencia artificial pertenecientes a centros educativos como Stanford University y Massachusetts Institute of Technology. Esta forma de ingreso, a través de laboratorios y no a través de propuestas curriculares, aplazó las reflexiones sobre sus condiciones pedagógicas y didácticas, dado que el interés estaba orientado al desarrollo tecnológico de áreas como la inteligencia artificial. Como consecuencia del desarrollo tecnológico en electrónica, mecánica y la computación, que facilitaba la construcción y programación de robots, se consideró su uso en nuevos escenarios educativos distantes a los laboratorios de ingeniería y cercanos a los grados académicos de la educación básica, los cuales tienen mayor regulación y reflexión curricular de los instrumentos utilizados. A finales del siglo XX, Seymour Papert propone el modelo pedagógico llamado *Construccionismo* para sustentar y orientar las acciones de los actores educativos durante el proceso de aprendizaje a través de robots (Bers et al., 2014).

“Como consecuencia del desarrollo tecnológico en electrónica, mecánica y la computación, que facilitaba la construcción y programación de robots, se consideró su uso en nuevos escenarios educativos distantes a los laboratorios de ingeniería y cercanos a los grados académicos de la educación básica, los cuales tienen mayor regulación y reflexión curricular de los instrumentos utilizados”.

Las acciones de los actores educativos bajo el paradigma constructivista que ya reconocían los artefactos como herramientas de medicación cognitiva, ahora asimilan y acomodan,

en términos Piagetianos, las propiedades de los nuevos artefactos, *robots* y sus consecuencias didácticas en la relación sujeto-artefacto-objeto. Es decir, la robótica, como artefacto mediador en el aprendizaje, se adapta a las propiedades del sistema educativo basado en el constructivismo y genera nuevas dinámicas. Es decir, desde antes del ingreso de la robótica como herramienta didáctica, el enfoque socio cultural de la psicología reconocía las consecuencias cognitivas de la mediación de artefactos en los procesos de construcción de significados. La configuración de los robots como sistemas externos de representación, afecta los procesos de interacción con humanos y reconocen el concepto de *significación*, en el cual, la idea de robot no está limitada a las características físicas, también a los modelos conceptuales que los sujetos elaboran para caracterizar su comportamiento. Desde esta perspectiva, la interacción aborda componentes culturales que orientan las percepciones del sujeto para establecer los alcances de la relación. Desde la ingeniería, estas afirmaciones ya son reconocidas en la metodología de diseño centrado en el usuario, especialmente en robótica en donde el cambio de paradigma de diseño es relativamente nuevo, aproximadamente dos décadas.

Dentro de los ejemplos que utilizan robots fundamentados en el modelo *construccionista* están: Mitnik et al. (2008), Mitnik et al. (2009); promueven el trabajo colaborativo durante el aprendizaje de conceptos de física, a través de la construcción y programación de robots LEGO. Lindh and Holgersson (2007) en un estudio que evalúa el uso de LEGO, reconoce nuevas formas de pensamiento asociadas a la integración de actividades de programación y de construcción de robots, aunque concluye afirmando que su efectividad está en función de las características de los estudiantes. Lindh and Holgersson (2007), desarrolla una propuesta de trabajo cooperativo con robots; el autor destaca los espacios apropiados para las actividades con robots, la necesidad de su capacitación en nuevas tecnologías y el rol de mediador del docente. Catlin (2014) afirma que, en el trabajo con robots, los docentes deben reconocer el momento apropiado de intervención durante el desarrollo de las actividades. Fagin and Merkle (2002) aseguran que las actividades con robots no deben evaluarse en los tiempos tradicionales del aula, porque el proceso de diseño, construcción y evaluación está en función de las características de los estudiantes. En algunas ocasiones, la detección de fallas en los mecanismos requiere diferentes inversiones de tiempo. Denis and Hubert (2001) dicen que la robótica educativa promueve cuatro

clases de competencias: dinámicas (motivación), estratégicas (meta cognición), de multiplicativas (herramientas de aprendizaje) y específicas.

En los trabajos relacionados los robots son una herramienta especial; sus condiciones físicas y principios de automatización; generan vínculos afectivos durante el aprendizaje. Algunos factores son: el valor de la interacción con objetos concretos como una condición en el desarrollo de procesos de pensamiento (Bers, et al. 2014), la manipulación de objetos que reconfigura; el pensamiento, el lenguaje y posibilita en el cerebro nuevas rutinas de pensamiento (Wilson, 1999); la motivación, especialmente en edades tempranas, generada por la ilusión de vida que tiene los artefactos asociada con el movimiento (Delval, 1975; Turkle, 2005); el deseo innato de control del hombre sobre la máquina y la naturaleza (Mumford & De Acevedo, 1945); la materialización del pensamiento (Landriscina, 2013); la influencia cultural que establece la relación entre el poder de la creación, el creador y la vida en el objeto creado (Sayers, 2005); el deseo de auto expresión y reconocimiento en el objeto creado, las relaciones fenomenológicas en las cuales la máquina tiene un valor en la configuración del conocimiento y existencia humana (Rosado, 1992; Ihde, 2002).

La robótica se ha posicionado dentro de las herramientas didácticas que resuelven los problemas de motivación, desarrollo del pensamiento lógico, aprendizaje autónomo y el desarrollo del pensamiento complejo útil en el mundo moderno. En educación, los robots se usan como herramienta de programación, como objeto de aprendizaje y como agentes que colaboran en el aprendizaje. El último, implica reconocer que los procesos cognitivos y administrativos son distribuidos entre los integrantes, el ambiente y el espacio del problema. En la literatura hay propuestas de trabajo cooperativo entre humanos y robots que pueden clasificarse en tres grupos:

- Cuando los humanos aprenden de los robots: Riener et al. (2005), Hwang and Wu (2014), Baddoura and Venture (2013), Ahmed et al. (2014), Nikolaidis et al. (2015), Yan et al. (2014), Conejo and Oliver (2011), Chemuturi et al. (2013).
- Cuando los humanos aprenden de los robots: Yan et al. (2014), Bruemmer et al. (2005), Sidner et al. (2005), Trafton et al. (2005), Aleotti et al. (2014), Drea (2006).
- Cuando humanos y robots aprenden juntos Hwang and Wu (2014), Ahmed et al. (2014), Hoffman (2010), Pandey and Alami (2010), Calinon and Billard (2007), Farenzena et al. (2010) y Öztürk et al. (2010).

En estas tres clasificaciones, el sujeto establece mediaciones, los utiliza como un soporte bajo el modelo teórico de la *zona de desarrollo próximo* y como un sistema externo de representación para configurar alternativas de comprensión y solución de problemas. Dentro de los robots más utilizados están: LEGO, Mini-Darwin, Vex, Parallax, Thymio, iRobot, Dash and Dot, Romo, NAO, iCat y BAXTER.

“Dentro de los robots más utilizados están: LEGO, Mini-Darwin, Vex, Parallax, Thymio, iRobot, Dash and Dot, Romo, NAO, iCat y BAXTER”.

A diferencia de las TIC, que han generado tensiones y cambios durante la implementación en el sistema educativo (Buckingham, 2008); la robótica educativa surge de un proceso que reúne las inquietudes de los actores educativos y las propiedades flexibles de construcción y uso de la robótica como disciplina. Así, los cambios en los procesos de formación son afectados por las características de los artefactos en el proceso de mediación (*inteligentes, emocionales y que evocan vida artificial*), que durante su construcción y uso, generan nuevas dinámicas en el proceso de aprendizaje dentro de las estructuras didácticas ya establecidas de las áreas habituales. Para dar un ejemplo de este aspecto, es lo que ocurre durante el desarrollo del pensamiento geométrico espacial, el sujeto utiliza el compás y de acuerdo a sus conocimientos evalúa las actividades desarrolladas; si el compás tuviera las características de un robot: *percibir, razonar, actuar*, entonces, podría colaborar de forma activa en el proceso de aprendizaje del sujeto dentro del paradigma constructivista.

TRANSFERENCIA DE BUENAS PRÁCTICAS CON ROBÓTICA EN LA EDUCACIÓN

Una de las estrategias utilizadas por el sistema educativo colombiano para evaluar su calidad académica de la educación básica y media, ha sido la participación en pruebas internacionales y la implementación de pruebas nacionales evaluadas con estándares internacionales. Al revisar el

informe de la Contraloría General de la Nación de las pruebas TIMSS 2007, PISA 2015, ICCS 2009 y CIVED 2009, (Mosquera et al., 2014) se reconoce de manera general, (no todos los países participan en todas las pruebas), la realidad colombiana y las experiencias exitosas de países como: China-Taipei, Corea del Sur, Estados Unidos, Finlandia, Hong Kong, Japón, Singapur y Chile como representante suramericano. Según el informe de la Contraloría, las experiencias curriculares de los países que lideran las pruebas en las que participa Colombia, se agrupan en tres factores: crecimiento de las propuestas tecnológicas, ecosistema educativo y trabajo docente. Aunque la robótica no está presente en las pruebas anteriores que evalúan matemáticas, ciencias, lenguaje y educación cívica; las indagaciones demuestran un crecimiento internacional del uso de la robótica de forma disciplinar y en áreas diferentes a tecnología e informática. A continuación, se relaciona un panorama general de los tres factores en varios de los países mencionados y otros que también tienen experiencias exitosas.

“Según el informe de la Contraloría, las experiencias curriculares de los países que lideran las pruebas en las que participa Colombia, se agrupan en tres factores: crecimiento de las propuestas tecnológicas, ecosistema educativo y trabajo docente”.

Las propuestas tecnológicas usadas en educación básica de los países se agrupan en cuatro conjuntos:

- Kits comerciales: Mark III, Polulo, Arduino, Boe-Bot, Qfix, Arobot, LEGO, VEX, ELEKIT.
- Plataformas abiertas: MIT SEG, Harvard Kilobot, Rice R-One, Infante, MiniSkybot, Pi Swarm, Evolution ER1.
- Robots ensamblados: Thymio, iRobot Create, Wow Wee Rovio, Surveyor, E-puck, Amigobot.
- Robots cooperativos de código abierto: CotsBots, Robomote, Alice, TERMES, MICAbot, Kobot.

Karim et al. (2015) y Armesto et al. (2015) proponen la opción de *robots imprimibles* como una estrategia para personalizar el diseño de estructuras, especialmente en

propuestas educativas en donde los estudiantes no usan plataformas estándar, sino construyen los robots con materiales y componentes genéricos.

El ecosistema educativo está reflejado en espacios y recursos. Alimisis (2013) analiza el uso de la robótica educativa en Europa mediante dos aproximaciones: aprendizaje basado en problemas; donde resalta el proyecto *Teacher Education in Robotics- enhanced Constructivist Pedagogical Methods* y la participación en las organizaciones como: *FIRST Lego League*, *RoboCupJunior*, *Trophée de robotique in France*, *World Robotics Olympiad in Greece* y *Roberta Teacher Training*. El autor resalta el reporte de la OECD que afirma que la tecnología está en todas partes menos en la escuela, aspecto que coincide con Buckingham (2008), debido a la escasez de propuestas curriculares formales, el costo económico y la percepción de complejidad. En el ámbito pedagógico, reconoce cómo la robótica, en lugar de innovar en las prácticas educativas, está siendo adaptada a los modelos educativos tradicionales (comportamiento similar a la integración de computadores).

En China, el Ministerio de Educación ha incluido los torneos de robot en la educación primaria y secundaria desde el 2001, lo que ha popularizado el uso de robots en el ámbito educativo. Dentro de los torneos más destacados están: China Adolescent Robotics Education, China's Robot Competition and Open RoboCup, FLL, FIRA, RoboCup, Asia-Pacific Broadcasting Union y Firefighting Robot Contest and Trinity College, Zhang and Zhang (2008). En Singapur existen torneos para promover el uso de la robótica, por ejemplo: robocup-Singapore, National Junior Robotic Competition; además, han implementado el uso de robots en pre-escolar. En Eslovaquia los eventos de robótica son: Istrobot con categorías como: seguidor de línea, mini sumo, robot laberinto. También están RoboCup Junior, FIRST LEGO League y FIRA robotic soccer, Petrovic^v and Balogh (2008). Mubin et al. (2013) presenta la implementación de la robótica educativa en países como: Japón, Corea, Australia, Alemania, Estados Unidos y Holanda; en donde afirma que hay una tendencia para usar robots para la enseñanza de conceptos técnicos y no técnicos en áreas como ciencias, matemáticas, geometría, música, así como para la enseñanza de una segunda lengua, y reconoce el uso de robots en actividades curriculares (incluyendo los torneos) y extra curriculares. Balanskat and Engelhardt (2014) presentan un informe de 20 países europeos dentro de los que se resalta España, con la iniciativa “*Programamos*”, y Finlandia,

que han incluido en el currículo el desarrollo de habilidades de programación o pensamiento computacional dada su importancia en las competencias del siglo XXI. En esta misma línea, Mannila et al. (2014) resalta las experiencias de Europa y Estados Unidos para promover el desarrollo de las habilidades anteriores, mediante estrategias como: creación de Clubs, olimpiadas, campamentos (p.e. Campus Party en Colombia) e iniciativas curriculares.

El trabajo docente se refleja en los escritos publicados en relación al uso de la robótica para las áreas denominadas STEAM: *Science, Technology, Art, Mathematics*. Después de hacer un estudio en cinco escuelas del norte y oeste de Melbourne en Australia, Nicholas and Ng (2012) afirman que los desafíos intrínsecos del docente para implementar la robótica son: nivel y capacidad de apropiación de conocimiento, actitudes frente al uso de la herramienta y las habilidades técnicas (Petrovic & Balogh, 2008). En los extrínsecos son: disponibilidad de recursos, tiempo para la preparación de las actividades, metodologías de evaluación de los estudiantes, participación en redes, coherencia con el currículo, historia y tradición de la escuela. Benitti (2012) realiza una revisión del uso de robots en áreas distintas a tecnología y afirma que en el área de física hay experiencias de aprendizaje relacionadas con leyes de Newton, distancias, ángulos, cinemática, construcción e interpretación de gráficas, fracciones y conceptos geoespaciales. Además, presenta usos en matemáticas para el desarrollo de habilidades de pensamiento, solución de problemas e interacción social. Laamanen et al. (2015) proponen el teatro robótico como estrategia para integrar áreas como historia, literatura, arte, diseño e ingeniería. Vollstedt et al. (2007) desarrollaron un proyecto de robótica con LEGO con el objetivo de fortalecer los resultados de las pruebas TIMSS en Estados Unidos; dentro de las conclusiones destacan la necesidad de formar a los docentes en el uso de la robótica. Al respecto, Lindh and Holgersson (2007) resaltan el dominio del docente para el soporte de las actividades escolares con los robots. Mitnik et al. (2008) afirman que generalmente el uso de robots está asociado a área de ingeniería y, de manera novedosa, desarrolla una plataforma para utilizar robots en el aprendizaje cooperativo de conceptos de física. Keren y Fridin (2014) usan un robot NAO para asistir en la enseñanza del pensamiento geométrico y el desarrollo de habilidades meta cognitivas en niños de preescolar. Barker (2012) presenta una propuesta curricular para K-12 basada en la robótica para promover el interés por carreras relacionadas

con STEM. Y Ruiz-del Solar y Avilés (2004), en un trabajo realizado con 700 niños en 90 profesores chilenos, resaltan los trabajos con robótica BEAM, Parallax Robots y LEGO. Dentro del currículo tienen un área llamada Educación Tecnológica, la cual es similar a las orientaciones para el área en Colombia. De acuerdo a las experiencias internacionales, especialmente de los países que comparten las pruebas académicas, se consideran los siguientes aspectos:

- **Compartir prácticas:** en línea con las tendencias internacionales, en Colombia se destacan propuestas que reúnen las experiencias de docentes y estudiantes como: Olimpiadas de robótica en la Universidad de Pamplona, UNROBOT de la Universidad Nacional, Robot al Parque de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Robotic People Fest Bogotá, Bogotá Robótica de la SED, Concurso de Robótica Distrital de la SED, Torneo de robótica UDENAR de la Universidad de Nariño, la participación internacional de FIRST Lego League y Vex Robotic Competition. También, hay propuestas de innovación tecnológica nacionales como los productos ATA-EPE creados por la Escuela Pedagógica Experimental, la tarjeta Frempetec, similar a Arduino, creada por docentes de la Secretaría de Educación Distrital de Bogotá y los robots cooperativos QUEMES de la Pontificia Universidad Javeriana.
- **Redes de profesores:** las comunidades en red fortalecen los aprendizajes de los docentes y estudiantes en relación a las mejores prácticas para la implementación de la robótica en el aula y el uso y apropiación de productos tecnológicos. En Colombia, son pocas las redes de docentes activas que soportan las experiencias en el aula. La Red de Docentes de Robótica del Distrito en Bogotá RED ROBÓTICA EDUCATIVA es una de pocas redes que, además de consumir los recursos propuestos por la SED, desarrollan procesos de innovación tecnológica de acuerdo a las condiciones de la población estudiantil de los colegios públicos. De los cuatro grupos de redes (redes de acompañamiento, redes para gestión y direccionamiento, redes temáticas, redes regionales) que tiene el Ministerio de Educación Nacional a través de su página: redacademica.edu.co, no hay declaraciones explícitas de redes asociadas a robótica educativa. Lo cual evidencia una necesidad de mayor institucionalización del tema por parte de las entidades del gobierno que complemente los esfuerzos

aislados de los docentes en los diferentes centros educativos, aunque se resalta la participación de docentes en portales latinoamericanos como la Red Latinoamericana de Portales Educativos, RELPE.

- **Apoyo a los docentes:** en la capital colombiana, la Secretaría de Educación Distrital está apoyando los proyectos a través de la dotación de kits LEGO a los colegios distritales, la flexibilidad curricular para implementar robótica en el área de tecnología e informática, la creación de clubs de robótica en el programa 40-40 y el convenio C4 establecido con el centro Ático de la Pontificia Universidad Javeriana. En ciudades como Medellín está RoboRAVE como parte del programa Jornada Complementaria, en la Guajira hay convenios de las entidades departamentales con ALECOP para la implementación de proyectos educativos en algunos municipios. En general, se encuentran diferentes escenarios de apoyo a los docentes para implementar estrategias innovadoras. En relación a la variedad de propuestas tecnológicas para educación básica utilizadas por los países de referencia, Colombia ha centrado sus esfuerzos a la compra de material LEGO, por ejemplo, Bogotá, que es la ciudad más grande, solo utiliza LEGO en las instituciones educativas.
 - **Integración curricular en diversas áreas:** una de las deficiencias más relevantes es el uso de la robótica educativa en áreas distintas a tecnología e informática. Es necesario crear estrategias para la preparación de los docentes de otras áreas para que reconozcan las ventajas de la robótica educativa, la forma de uso de los dispositivos y la forma de articulación de las propuestas didácticas que promuevan el desarrollo de las distintas habilidades de acuerdo a las necesidades. Por ejemplo, en programas académicos como la Especialización en Educación en Tecnología y la Maestría en Educación con énfasis en educación en tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Especialización y Maestría en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación de la Universidad Pedagógica Nacional, se evidencia la escasez de propuestas de trabajos de grado que aborden proyectos de robótica en áreas como física, matemáticas, arte, sociales y lenguaje. También son escasas las propuestas para la educación pre-escolar y básica.
 - **Validar las metodologías de implementación:** la implementación de la robótica educativa ha tenido un camino similar a los procesos de apropiación de tecnología. Al inicio hay interés por su uso acompañado del desconocimiento de las relaciones, que el robot, con sus condiciones sociales, emocionales, técnicas y culturales, genera como artefacto mediador en el proceso de aprendizaje. Entonces, en varias ocasiones los estudiantes, más que resolver problemas o desarrollar habilidades de pensamiento, se limitan a replicar acciones propuestas en los manuales de usuario o las recomendaciones de ensamble presentadas por los docentes. En este sentido, se omite el diseño, considerado como una de las habilidades cognitivas más importantes, en tanto los estudiantes generalmente verifican el modelo propuesto por el fabricante y no hay elaboraciones propias de modelos mentales que resuelvan un problema a través de la robótica. Los procesos de integración y evaluación de metodologías de enseñanza son escasos, no solo en Colombia, sino a nivel internacional. Es decir, aunque la metodología constructivista es apropiada para la implementación, son pocas las publicaciones formales colombianas que reúne las experiencias de docentes de matemáticas, lenguaje, u otras áreas cuando han implementado la robótica en sus procesos de enseñanza.
 - **Promover los semilleros:** los semilleros o clubs de robótica en las instituciones de educación básica deben crear mayores espacios para el trabajo estructurado con robots, no solo como un tiempo para armar modelos establecidos. En las experiencias internacionales, se refleja una mayor participación y movilidad de los estudiantes de K-12 en varios eventos, incluso promovidos por las entidades gubernamentales. Otra ventaja es la innovación; la mayoría de torneos colombianos, exceptuando las competiciones de LEGO, están centrados en robots seguidores de línea y el trabajo con semilleros estimula el desarrollo de propuestas alternativas en función del contexto y las necesidades de la región.
- En conclusión, la motivación y las habilidades que exige la sociedad de la información son los principales aspectos que soportan la robótica educativa. El primero, se destaca en las múltiples estrategias que tienen los países con excelentes resultados en las pruebas internacionales, que utilizan la robótica en ambientes educativos formales y no formales para promover, en distintas áreas, procesos de aprendizaje

de forma innovadora, en donde ya están agotadas propuestas didácticas con instrumentos de medicación obsoletos o que no ofrecen las ventajas que tiene la robótica y que se analizarán en la respuesta de la pregunta tres relacionadas con: capacidad de retroalimentación, posibilidad para establecer relaciones emocionales con los estudiantes, placer al construir artefactos que evocan vida y el fenómeno del animismo asociado con el antropomorfismo. El segundo, está relacionado con el reconocimiento de la robótica para el trabajo en equipo, desarrollo de habilidades de pensamiento y habilidades para la solución de problemas, presentes en lo que Bauman (2007) denomina la *modernidad líquida* y destacado por Robinson (2011) en relación al desarrollo de la creatividad en las escuelas.

Lograr que el estudiante mantenga el interés por el aprendizaje a través de los robots y establezca una relación de las posibilidades de aplicación en su entorno, hace aportes a los esfuerzos del sistema educativo para lograr la permanencia de los jóvenes en su proceso hasta culminar su formación básica. La robótica educativa es relativamente nueva, de forma acertada ingresó al sistema educativo por el área de mayor afinidad tecnológica, y dado su potencial educativo en términos de la motivación y el aprendizaje activo, ha comenzado a usarse en otras áreas. Al establecer la comparación con países cuyos modelos educativos son exitosos, es necesario promover estrategias de preparación docente, ampliación de cobertura, espacios de aplicación y diversidad de propuestas tecnológicas que flexibilicen los mecanismos de apropiación en diferentes áreas y con diferentes poblaciones.

“Lograr que el estudiante mantenga el interés por el aprendizaje a través de los robots y establezca una relación de las posibilidades de aplicación en su entorno, hace aportes a los esfuerzos del sistema educativo para lograr la permanencia de los jóvenes en su proceso hasta culminar su formación básica”.

INTERACCIÓN CON ROBOTS FÍSICOS ANTROPOMÓRFICOS

La interacción con robots sociales mejora los resultados en procesos de aprendizaje frente a otras tecnologías porque

son herramientas que tienen cualidades cognitivas similares a las humanas; esto favorece el proceso de comunicación, el desarrollo de tareas colaborativas, el aprendizaje social y la motivación. Ahora, el uso de robots físicos mejora los resultados frente a tecnologías virtuales porque la manipulación de objetos físicos incide en los procesos cognitivos en aspectos como: la relación entre habilidades mentales y motoras, la motivación a partir de la relación entre el poder de la creación, el creador y percepción de vida en el objeto creado, el efecto social de la presencia (*el estar ahí*) de los robots y desde la neurociencia; los cambios registrados en la actividad neuronal. La *interacción con un robot* evoca el encuentro entre agentes inteligentes del entorno natural y artificial. Al respecto, Ihde (2004) afirma que la interacción con la tecnología genera nuevos deseos, formas de experimentar el mundo y cambia el sentido de la corporalidad. Los aspectos concretos son:

- **Comunicación emocional:** la interacción, elemento vinculante entre hombre y robot, subraya la relación recíproca en el proceso de comunicación soportada en las cualidades físicas y emocionales de ambos agentes. Le Breton y Pons (1999) afirman que las emociones hacen parte de las estrategias de interacción social y su reconocimiento requiere una dimensión simbólica, un contexto cultural y la disposición de otro agente para traducir la significación. Los autores plantean la necesidad del prójimo para completar el proceso de comunicación, en el cual se envían, reciben y evalúan los gestos emocionales, considerados marcadores culturales no deterministas, que cumplen una función significativa previos a la acción y pueden ser de bajo nivel, solo asignación de emociones, o alto nivel, que incluye razonamiento. Al respecto los trabajos de Breazeal (2009), Parisi (2014), Brooks (2003), y los aportes del psicólogo Norman (2002), entre otros, reflejan las estrategias y ventajas de interactuar con nuestra tecnología con las mismas condiciones cognitivas emocionales que usamos con otros humanos. Es decir, el lenguaje no-verbal es natural y evita transitar por la formalización de los lenguajes de máquina.
- **Colaboración:** los robots que interactúan con humanos, no entre humanos, están diseñados para hacer tareas sencillas y esto implica un nivel de convergencia en las estrategias de solución de problemas. Parisi (2014) afirma que la colaboración considera pensar en

hacer cosas juntos, dependencia social y mente social. Aquí, el lenguaje incide en el grado de interacción, ya sea verbal o corporal, porque es una herramienta de comunicación que, de acuerdo a su sintaxis y semántica, modela el mundo. En los trabajos de Nikolaidis et al. (2015), Sheng et al. (2014), Maeda et al. (2014), Lasota and Shah (2015) y Kwon and Suh (2014), se observa como la implementación de modelos probabilísticos promueven la colaboración mediante el reconocimiento del usuario; pero, principalmente de la estrategia que tiene durante el desarrollo de la tarea, para generar comportamientos proactivos, asociados generalmente a tareas de manipulación que disminuya la carga física o cognitiva de los usuarios, incluso la disposición emocional para aumentar la fluidez de la colaboración, por ejemplo, usando alternativas de entrenamiento compartido y convergencia de modelos mentales.

- **Aprendizaje social:** este aspecto no solo implica el aprendizaje con pares, también reconoce el valor de los artefactos culturales en los procesos cognitivos (Cole, 1999). Bajo esta perspectiva se ha desarrollado la arqueología cognitiva, la cual permite establecer las condiciones cognitivas de acuerdo a las características de las herramientas diseñadas y utilizadas en épocas anteriores (Wynn & Coolidge, 2003). Así, los robots, con o sin sistemas cognitivos artificiales, hacen parte de ambientes de aprendizaje que promueven formas distintas de pensamiento. Cuando los robots tienen sistemas cognitivos artificiales, se pueden dar los siguientes estados: el robot aprende del humano, el humano del robot, y aprenden juntos. Las estrategias de aprendizaje más comunes son: demostración, imitación, instrucción y kinestésicas. Las condiciones cognitivas de los robots actuales permiten emplearlos como agentes colaborativos, establecer mediaciones, utilizarlos como un soporte bajo el modelo teórico de la zona de desarrollo próximo y como un sistema externo de representación para configurar alternativas de comprensión y solución de problemas. Por ejemplo, Jiménez et al. (2014) usan el robot Ifbot para promover el aprendizaje colaborativo con humanos; durante la solución de un problema, el robot escucha a los sujetos y hace sugerencias que de acuerdo a su proceso de aprendizaje pueden estar correctas o no. Sciutti et al. (2013) implementan un método para estimar el peso de un objeto y, de esta manera, lograr que el robot iCub lo pueda recibir ade-

cuadamente de un humano, en este ejercicio el robot aprende dadas las demostraciones del sujeto.

- **Manipulación de objetos:** en el ámbito educativo, esta categoría está contenida dentro del constructivismo donde hay un reconocimiento a la motivación que permite la construcción de artefactos y el desarrollo del pensamiento (Bers et al., 2014). Según Wilson (1999), la mano se ha estudiado desde tres enfoques: antropológico-evolutivo, neurológico-conductual y biomecánico-psicológico. El tercer enfoque relaciona manipulación, movimiento, percepción y aprendizaje. Esta relación promueve, a través de la manipulación de objetos concretos; capacidades mentales superiores, exploración del entorno, desarrollo del pensamiento simbólico, el desarrollo tecnológico y el lenguaje (Bell & Shaw, 1865). Correll et al. (2014) diseñaron robots modulares que son programados manualmente y no a través de lenguajes de programación. Greenfield (1998) establece para el desarrollo infantil, una relación entre la manipulación de objetos y palabras. Hong et al. (2012) demuestran las ventajas del diseño y construcción de robots con materiales comunes para el aprendizaje de conceptos de física, al igual que Barak y Zadok (2009). Durante la actividad, los estudiantes desarrollaron habilidades meta-cognitivas y abordaron problemas como el rozamiento y el torque, mejores de evidenciar en ambientes físicos. Barak y Zadok (2009) reconocen que la construcción y manipulación de robots como artefactos físicos, estimula formas de pensamiento y favorece la comprensión de conceptos abstractos, por ejemplo, los estudiantes se acercan al concepto de torque a través del desempeño del robot. Riedo et al. (2012) presentan el desarrollo del robot modular Thymio y las ventajas de su manipulación durante el aprendizaje. En esta propuesta, el módulo puede ser integrado y programado de acuerdo a las construcciones estéticas de la estructura construida. Ahora, los ambientes de aprendizaje con robots físicos reconocen formas de pensamiento que no se han evidenciado en ambientes virtuales. Los aspectos concretos son:
- **Presencia de los robots:** desde la fenomenología, el cuerpo y el pensamiento no se pueden separar y su relación determina la experiencia vívida y muchas de sus categorías son visibles solo en relación al entorno; condición que establece una diferencia entre lo virtual y lo

físico (Rosado, 1992). El cuerpo es una vía de acceso al mundo material sobre el cual se desarrollan los procesos cognitivos, los robots físicos evocan compañía, sociabilidad, reconocimiento del otro, del estar ahí físicamente como evidencia de existencia. La interacción física con robots físicos promueve el reconocimiento del cuerpo del sujeto como instrumento para el robot, y el cuerpo del robot como instrumento que complementa al sujeto. La presencia de los robots incide en el proceso de aprendizaje (Kennedy et al., 2014), especialmente durante el desarrollo de habilidades sociales (Kory et al., 2013). Aunque, Leyzberg et al. (2012) afirman que una de las variables es el efecto novedad de los robots y que no hay diferencias en el aprendizaje. Las personas interactúan más con robots físicos que virtuales (Mann et al., 2015), aunque también influye el rol del robot durante la actividad (Jiménez et al., 2014). Desde otra perspectiva, Bainbridge et al. (2011) plantean al robot como un compañero, con el que se debe desarrollar una tarea colaborativa. Los autores indagan sobre los beneficios de interacción cuando la presencia es física o virtual, para lo cual se deben reconocer aspectos como la relación entre tarea y forma del robot y la percepción que tienen los sujetos de las habilidades del robot para el desarrollo de la tarea. Dentro del análisis se presenta la incidencia del medio para la transmisión de emociones e indicaciones para el desarrollo de la actividad y el uso de la conciencia corporal en función del reconocimiento del medio de presentación del robot.

- **Relación entre habilidades mentales y motoras:** la arqueología cognitiva ha analizado cómo los procesos de construcción demandan habilidades mentales y motoras. Hay una relación entre manipulación, movimiento, percepción y aprendizaje que promueve, a través de la manipulación de objetos concretos como los robots; capacidades mentales superiores, exploración del entorno, desarrollo del pensamiento simbólico, el desarrollo tecnológico y el lenguaje (Wilson, 1999; Bell & Shaw, 1865). Por ejemplo, Wynn and Coolidge (2003) y Wadley (2013) concluyen que el proceso de diseño, construcción y manipulación de las herramientas en la era paleolítica y edad de piedra, requirió de capacidades mentales asociadas a la memoria constructiva y los procesos cognitivos complejos; entendidos como la capacidad de pensamiento abstracto, razonamiento analógico, creatividad, fluidez cognitiva, intercambio

de tareas, planeación y flexibilidad durante la solución de problemas. Algunos procesos de pensamiento surgen desde la corporalidad y el fenómeno de la percepción (que reconoce todos los sentidos) es determinante.

- **Influencia cultural:** Brooks (2003) afirma que los usuarios de la mascota AIBO le atribuían comportamientos que no habían sido programados, como el reconocimiento facial. Es decir, la interacción con robots físicos origina explicaciones desde el conocimiento de sí mismo. En Japón, en el siglo XVII, construían artefactos mecánicos llamados Karakuri; sistemas, sobre los cuales se logró imitar movimientos humanos; el más reconocido es Chahakobi ningyou que imitaba a una persona sirviendo el té (Yokota, 2009). Actualmente, los robots han logrado reproducir diferentes características humanas, ya no son vistos como mecanismos aislados, sino como sistemas que pueden brindar, por ejemplo, compañía (Pfeifer & Bongard, 2006). Un ejemplo de apropiación cultural es la mascota virtual Tamagotchi, para los japoneses la mascota solo tenía una vida, en Occidente, se podía revivir comprando otra Brooks (2003).
- **Motivación:** esta es generada por el deseo innato de control del hombre sobre la máquina y la naturaleza (Mumford & De Acevedo, 1945), y la influencia cultural que establece la relación entre el poder de la creación, el creador y la vida en el objeto creado (Sayers, 2005). El diseño y construcción de robots, no solo refleja las destrezas técnicas y conocimientos de los sujetos, también evidencia la subordinación de un artefacto inteligente de los deseos de su creador, incluso el deseo de auto expresión y reconocimiento en el objeto creado. El animismo es otra de las razones por las cuales se considera que la robótica genera motivación en los estudiantes. Este fenómeno ha sido estudiado por autores como Piaget y Deval (1975) en etapas de desarrollo infantil. Turkle (2005) afirma que el uso de artefactos tecnológicos con comportamientos originalmente atribuidos a seres humanos, promueven por parte de niños explicaciones animistas, dada la tendencia a explicar y ordenar el mundo desde los conocimientos previos. Por ejemplo, Beran et al. (2011) desarrollaron un ejercicio con 198 niños para evaluar aspectos como: percepción sobre el género del robot, habilidades cognitivas en relación a su apariencia, sentimientos, afectividad y

comportamiento; al final establece una relación entre las características del robot, la edad de los niños y expectativas de comportamiento.

En conclusión, se han presentado razones antropológicas, fenomenológicas, filosóficas, psicológicas, pedagógicas y un ejemplo desde la neurociencia, para establecer porque los robots y su corporeidad, influyen en el comportamiento de los sujetos cuando interactúan con ellos, cuando los consideran como una herramienta, objeto o agente colaborativo. Como se ha mencionado, los robots representan el ingenio de la creatividad humana en su búsqueda del control y comprensión de la naturaleza. Además, la interacción establece una relación entre manos, pensamiento y tecnología, que ha sido validada desde la psicología socio cultural.

EMOCIONES, ROBOTS Y APRENDIZAJE

Para que el robot genere emociones en el estudiante durante el proceso cognitivo, es necesario definir en el robot cuatro aspectos asociados con su personalidad y mediante los cuales se pueden reflejar distintas personalidades: *apariciencia*: relación entre la forma del robot y la tarea a desarrollar; *expresión de emociones*: uso del lenguaje verbal y corporal (no verbal); *comportamiento*: reglas de comportamiento sensibles a las habilidades del estudiante, mediación o intervención adaptativa durante el proceso de aprendizaje y *temperamento*: la forma de interactuar en el ambiente de aprendizaje (entorno). En el caso de los estudiantes colombianos, la emocionalidad que transmite el robot permitirá establecer, mantener, cambiar o terminar relaciones que orientan los procesos de pensamiento durante el aprendizaje; si el robot asume el rol de tutor, la emocionalidad que transmite es empatía, si asume el rol de aprendiz, es de interés.

- **Apariciencia:** en el ámbito educativo, la apariencia del robot es reconocida como un sistema de representación, una metáfora mediante la cual el sujeto elabora procesos de pensamiento orientados hacia la solución de problemas. Aunque hay varias experiencias de uso de robots humanoides para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento que no requieren interacción física, las personas prefieren formas de acuerdo a las necesidades de la tarea (Nitsch & Popp, 2014; Hegel et al., 2009). Como condición de interacción, la apariencia establece una relación de coincidencia entre las representaciones mentales de ambos agentes que permiten actuar de forma colaborativa en un ambiente

con representaciones simbólicas compartidas. Dentro de los diseños representativos están: antropomórficos que se dividen en humanoides: Nexi, KOBAN, Meet Milo, KASPAR, Kismet, NAO, iCub, Pepper, Roboy; no humanoides: Nabaztag, Robovie, PARO, Leonardo, Pleo, iCat, Mamoru, BAXTER; y no-antropomórficos: Keepon, BUDDY, JIBO, Romibo, Romo. Hegel et al. (2009) afirman que la apariencia visual de los robots sociables es determinada por cuatro aspectos de diseño: funcionalidad, apariencia caricaturizada, antropomorfismo y zoomorfismo. Además, relaciona el aspecto psicológico de la atracción física como aspecto de reconocimiento de las habilidades del robot; aspecto que también es evaluado por Norman (2002). Gray and Wegner (2012) afirman que, en humanos, la apariencia del robot es inquietante, no solo en términos estéticos como fue planteado por Mori et al. (2012), sino en términos cognitivos asociados a la experiencia y voluntad. Wu et al. (2012) reconocen su importancia en la valoración de habilidades de robots para asistencia médica. El estudio afirma que los robots pequeños y con rasgos entre humano, animal y máquina, tienen mayor aceptación. Kanda et al. (2008) comparan el comportamiento verbal y no-verbal de las personas al interactuar con dos robots humanoides; Robovie y ASIMO. Al final, determinan que la apariencia física y los movimientos del robot inciden en el comportamiento no-verbal de los humanos. Yohanan and MacLean (2012) afirman que, en términos de apariencia, los robots pueden transmitir la necesidad de ser tocados y, de esta manera, establecer un canal de comunicación kinestésica, por ejemplo, si la piel del robot es algodón, esto genera el deseo de tocar.

- **Comportamiento:** el robot como agente colaborativo en el aprendizaje, abandona el estado pasivo en el cual únicamente es útil para reflejar las acciones de pensamiento del usuario. Sus capacidades cognitivas le permiten reconocer diversas características del estudiante y mediar durante el proceso de aprendizaje. El concepto de mediación sugiere una intervención asertiva del robot, de manera que promueva el esfuerzo cognitivo durante el desarrollo de la tarea y el estudiante no pierda el interés; aspecto denominado Teoría de Flujo por Csikszentmihalyi (1998). Sin embargo, la forma del robot afecta su comportamiento, lo cual afecta

su comprensión. El robot puede realizar movimientos emblemáticos, descriptivos, rítmicos, deícticos, simbólicos, expresivos y regulados (grado de participación de los actores). En robots humanoides; Salem et al. (2013) afirman que el comportamiento no-verbal del robot incide en la percepción de los sujetos. A través del robot HONDA-2000, comprobaron como el uso de gestos co-verbales (icónicos, pantomímicos, deícticos) aumenta el fenómeno de antropomorfización y mejora la comunicación. Cabibihan et al. (2013) resumen las condiciones de comportamiento de los robots usados con niños autistas: imitación, contacto visual, atención compartida, cambio de turno, reconocimiento y expresión de emociones. En robots con brazos y expresión de emociones: el movimiento de los brazos refleja el comportamiento. Giuliani y Knoll (2013) proponen una tarea de manipulación cooperativa entre un humano y un robot manipulador para ensamblar piezas mecánicas. Durante el proceso de interacción, el robot, basado en la metodología embodied multimodal fusion, asume dos roles: instructor y soporte. En robots no-humanoides y sin emociones: el comportamiento está en relación al movimiento asociado a la tarea. Nikolaidis y Shah (2013) plantean el concepto de modelos mentales para la colaboración entre humanos y robots. A través de aprendizaje probabilístico reconocer las estrategias que utiliza el sujeto durante el proceso de ensamble mecánico y, de esta manera, el robot colabora en la tarea. Ogata et al. (2005) resaltan el comportamiento social de los robots para interactuar con humanos; proponen un modelo en el cual el sujeto aprende del robot y el robot del sujeto; durante el desarrollo de la tarea, el robot es receptivo a las sugerencias kinestésicas de navegación propuestas por el usuario. El modelado del comportamiento sugiere el uso de arquitecturas como: cognitivas (SOAR, ACT-R), agentes (BDI), propósito general (FAtiMA Modular) y otras (FLAME, ParleE, EMA, GALAAD, PLEIAD).

- **Expresión de emociones:** el robot como agente colaborativo, dispone su infraestructura física y cognitiva artificial (razón y emoción) para promover acciones de pensamiento durante el aprendizaje. Una forma es a través de respuestas emocionales que permiten aumentar, afinar y reestructurar los modelos mentales de la situación de aprendizaje. La forma de expresar emociones, que hace parte de la personali-

dad del robot, facilita la comprensión de las acciones del sujeto e incide en su proceso de aprendizaje. Ahora, la expresión de emociones está relacionada con la forma del robot, sus dispositivos de comunicación y el fenómeno de antropomorfización de los humanos. En las dos visiones de la emoción: naturalista y antropológico. La segunda, reconoce la necesidad de un proceso formativo socio cultural para integrarse al mundo simbólico. Le Breton y Pons (1999) afirman que las emociones hacen parte de las estrategias de interacción social y su reconocimiento requiere una dimensión simbólica, un contexto cultural y la disposición de otro agente para traducir la significación. Los autores plantea la necesidad del prójimo para completar el proceso de comunicación, en el cual se envía, recibe y evalúa los gestos emocionales, considerados marcadores culturales no deterministas, que cumplen una función significativa previos a la acción. Los movimientos corporales complementan el lenguaje oral en el proceso de comunicación. Para Le Brenton, así como existe una lengua materna, también existe un cuerpo materno, sobre el cual el sujeto construye el sistema simbólico de representación. Así como hay fonemas, están los kinemas; propuestos por Ray Birdwhistel y definidos como rasgos de movimiento que configuran el lenguaje corporal.

En los robots, la expresión de emociones se puede clasificar en factores como: antropomórficas a través de expresiones faciales (Ekman et al., 2013) (sorpresa, etc.); no-antropomórficas (movimiento, velocidad, colores); adaptativas (icónicas, rítmicas, deícticas); reactivas (percepción); deliberativas (memoria a largo plazo, razonamiento); dimensiones semánticas (valencia, dominancia, excitación). Nitsch y Popp (2014) expresan las emociones de un robot no-antropomórfico a través de cambio de velocidad y sentido de movimiento. Rosenthal-Von Der Putten et al. (2014) afirman que hay una relación entre los tipos de robots y los patrones emocionales cerebrales soportado por el comportamiento de las neuronas espejo. Tielman et al. (2014) aseguran que la transmisión de información mediante emociones, puede ser adaptativa; al igual que en las relaciones sociales, el humano se puede contagiar de las emociones del robot. Xu et al. (2014) reconocen la importancia del lenguaje corporal en robots humanoides como ASIMO, NAO y QRIO,

los cuales no imitan expresiones faciales. Un desarrollo interesante de robots antropomórficos que no imitan las expresiones faciales humanas es Pepper, Spectrum (2014), con gestos emblemáticos, descriptivos, rítmicos, deícticos, simbólicos, expresivos, reguladores y de acomodamiento, que se distinguen a través de tres aspectos del movimiento: intensidad, amplitud y rapidez. Además, desarrolla tres clases de secuencias corporales de comportamiento: instrumental, demostrativo e intencional. Nitsch y Popp (2014) afirman que utilizan movimientos de partes del cuerpo de seres vivos humanos y no humanos como la cola, extremidades superiores e inferiores y que expresiones faciales inspiradas en el comportamiento humano se están complementando con la emisión de luces de colores. Por ejemplo, Kwak et al. (2013) desarrollan un modelo mediante el cual el robot expresa emociones a través de patrones audiovisuales; el robot cambia de color, de rojo a morado, de acuerdo al castigo dado por el usuario. Yohanan y MacLean (2012) proponen la transmisión de emociones en HRI a través del tacto, similar a la forma en que los humanos se comunican con animales domésticos. El autor afirma que se pueden transmitir cinco categorías de intención que se relacionan con los estados emocionales: proteger, reconfortar, tranquilizar, ser cariñoso, y jugar. Aunque en este aspecto es necesario investigar acerca de cómo se modela la conciencia corporal del robot. Rosenthal-von der Pütten et al. (2013) afirman que la transmisión de emociones de robots hacia humanos no está en función de la familiaridad (con seres vivos humanos y no-humanos), sino con el tiempo de interacción.

- **Temperamento:** Karpov (2014) se fundamenta en la teoría del psicólogo ruso P.V. Simonov para modelar cuatro temperamentos de la personalidad: melancólico, flemático, colérico y sanguíneo. A cada uno de los temperamentos es asignado un nivel de inhibición y excitación, y de acuerdo a la combinación del valor de los sensores y las necesidades son producidas las acciones. El autor afirma que el cambio de temperamento es útil para el robot para desempeñarse en ambientes complejos. Lohse et al. (2008) realizan una investigación con tres grupos de estudiantes (en total 200) para evaluar la preferencia de interacción con un robot Pioneer P3-DX de personalidad extrovertida o introvertida. Un grupo observó un video con el comportamiento introvertido,

otro lo observó con el comportamiento extrovertido y el tercero observó ambos videos. Al final se establece que los usuarios prefieren el robot con la primera personalidad. Wendt y Berg (2009) utilizan otro robot Pioneer P3-DX para evaluar el uso del humor no-verbal. Durante la interacción el robot fue controlado a distancia para realizar acciones con humor, al final, se establece que el humor de los robots causa desconfianza en el comportamiento del robot, pero da indicios de comportamientos más humanos.

- **Transmisión de emociones en niños colombianos:** las emociones durante el proceso de aprendizaje están asociadas al logro de la tarea (Lund & Chemi, 2015); es decir, al reconocimiento de los avances a través del espacio del problema. En el contexto educativo, el robot social es un instrumento de mediación que, durante la interacción con el sujeto, asume el rol de tutor o aprendiz, lo cual implica que transmita emociones para establecer, mantener, cambiar o terminar relaciones que orientan los procesos de pensamiento durante la transición de estados hacia la meta. Si el robot asume el rol de tutor, la emocionalidad que transmite es empatía. Si asume el rol de aprendiz, es de interés. Ahora, la estética de las emociones de los robots con población colombiana, requiere analizar dos aspectos: las características culturales de uso y apropiación de robots, y la relación entre la emoción y la cognición. El primero reconoce los rasgos de Occidente, donde los robots son máquinas bio inspiradas o antropomorfizadas, en la mayoría de ocasiones con visiones construidas por el cine y la literatura, en el caso colombiano, con una incipiente presencia en la vida social y productiva. Son pocas las experiencias de robots sociables o humanoides desarrollados en el país, que reflejen nuestra cultura. Colombia no tiene una tradición en el desarrollo de robots que imiten comportamientos o movimientos humanos, como sí lo tiene la cultura japonesa que desde el siglo XVII ya construían artefactos mecánicos como Karakuri y hacían teatro con marionetas que simulan el sistema biomecánico humano, conocido como Bunraku (Lykhina, 2012). El segundo aspecto (cognición y emoción), en donde las emociones de los robots sociables inciden en el aprendizaje, hay que resaltar que las teorías cognitivas que explican el aprendizaje que se implementan en Colombia, son de origen norteamericano o europeo, y la teoría de transmisión de emociones afirma que las básicas (alegría, sorpresa,

temor, tristeza, ira, indignación) son de reconocimiento intercultural (Wainwright, 1985). Además, Díaz et al. (2011) realizaron una evaluación de las emociones con población colombiana a través del instrumento International Affective Picture System teniendo en cuenta las dimensiones; valencia, arousal, dominancia. Los resultados afirman que hay un comportamiento emocional similar en la evaluación de imágenes afectivas a la población de Estados Unidos, España y Bélgica. Lo anterior indica que las emociones generales de los robots en el ámbito de HRI, se pueden implementar también en procesos de aprendizaje con niños colombianos.

Para concluir se puede afirmar que dentro de la personalidad; la apariencia, el comportamiento, las emociones y el temperamento del robot, desempeñan un papel metafórico importante que invita formas de pensamiento asociadas al desarrollo de la tarea. Los antecedentes presentan al robot como un agente que, mediante su estética y comportamiento, promueve una relación social, que no es neutra y que depende de las condiciones socio cognitivas del usuario y el robot, incluso del diseñador del robot. Ahora, el interés del usuario también está mediado por los elementos abordados en la pregunta 3 y que están relacionados con el animismo, la manipulación de objetos (homo-faber), el efecto *Pigmalión* relacionado con el deseo de darle vida a las creaciones. Además, se encuentran aspectos como la novedad, y en el ámbito educativo, el conocimiento de resultados mediante el cual el sujeto reconoce su proceso de aprendizaje, trabajo en donde los robots sociables pueden hacer aportes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleotti, J., Micelli, V. & Caselli, S. (2014). An affordance sensitive system for robot to human object handover. *International Journal of Social Robotics* 6 (4), 653–666.
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education* 6 (1), 63.
- Alonso-Martín, F., Gorostiza, J., Malfaz, M. & Salichs, M. (2013). Multimodal fusion as communicative acts during human–robot interaction. *Cybernetics and Systems* 44 (8), 681–703.
- Armesto, L., Fuentes-Durá, P. & Perry, P. (2015). Low-cost printable robots in education. *Journal of Intelligent Robotic Systems*, 1–20.
- Babushkin, V. et al. (2014). Online learning in repeated human-robot interactions. *2014 AAAI Fall Symposium Series*.
- Baddoura, R. & Venture, G. (2013). Social vs. useful hri: experiencing the familiar, perceiving the robot as a sociable partner and responding to its actions. *International Journal of Social Robotics* 5 (4), 529–547.
- Bainbridge, W. Hart, J. Kim, E. & Scassellati, B. (2011). The benefits of interactions with physically present robots over video-displayed agents. *International Journal of Social Robotics* 3 (1), 41–52.
- Balanskat, A. y Engelhardt, K. (2014). *Computing our future computer programming and coding-priorities, school curricula and initiatives across europe*. Technical report, Technical report, European SchoolNet.
- Barak, M. & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education* 19 (3), 289–307.
- Barker, B.S. (2012). *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning: A New Technology for Learning*. IGI Global.
- Barreto, F & Benitti, V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58 (3), 978–988.
- Bauer, A., Wollherr, D. & Buss, M. (2008). Human–robot collaboration: a survey. *International Journal of Humanoid Robotics*, 5 (01), 47–66.
- Bell, C & Shaw, A. (1865). *The hand: its mechanism and vital endowments, as evincing design*, volume 4. Bell and Daldy.
- Beran, T., Ramírez-Serrano, A., Kuzyk, R. Fior, M. & Nugent, S. (2011). Understanding how children understand robots: Perceived animism in child–robot interaction. *International Journal of Human-Computer Studies* 69 (7), 539–550.
- Bers, M. Flannery, M., Kazakoff, E. & Sullivan, A. (2013). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers and Education* 72, 145 – 157.
- Bolt, R. (1980). *Put-that-there?: Voice and gesture at the graphics interface*. ACM.
- Breazeal, C. (2009). Role of expressive behaviour for robots that learn from people. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364 (1535), 3527–3538.
- Brooks, R. (2003). *Cuerpos y máquinas, de los robots hombres a los humanos robots*. volume 1. S.A. Ediciones.
- Bruemmer, D. et al. (2005). Shared understanding for collaborative control. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 35 (4), 494–504.

- Buckingham, D. (2008). *Más allá de la tecnología*.
- Cabibihan, J., Javed, H., Ang, M. & Aljunied, S. (2013). Why robots? a survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International journal of social robotics* 5(4), 593–618.
- Calinon, S. & Billard, A. (2007). What is the teacher's role in robot programming by demonstration? toward benchmarks for improved learning. *Interaction Studies* 8 (3), 441–464.
- Catlin, D. Using peer assessment with educational robots. *New Horizons in Web Based Learning* 57–65.
- Chabot, D. & Chabot, M. (2009). *Pedagogía emocional: sentir para aprender: integración de la inteligencia emocional en el aprendizaje*. Alfaomega.
- Chemuturi, R., Amirabdollahian, F. & Dautenhahn, K. (2013). Adaptive training algorithm for robot-assisted upper-arm rehabilitation, applicable to individualised and therapeutic human-robot interaction. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 10 (1), 102.
- Cherubini, A. et al. (2013). Multimodal control for human-robot cooperation. *Intelligent Robots and Systems (IROS), International Conference on*, 2202–2207.
- Cole, M. (1999). *Psicología cultural. Una disciplina del pasado y del futuro*. (Tomás del Amo, Trad.). España: Ediciones Morata.
- Correll, N., Wailes, C. & Slaby, S. (2014). A one-hour curriculum to engage middle school students in robotics and computer science using cubelets. *Distributed Autonomous Robotic Systems*, 165–176.
- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Creatividad: el flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*.
- Delval, M.J. (1975). *El animismo y el pensamiento infantil*. Editorial Siglo XXI.
- Denis, B. & Hubert, S. (2001). Collaborative learning in an educational robotics environment. *Computers in Human Behavior*, 17 (5), 465–480.
- Drea, C. (2006). Studying primate learning in group contexts: Tests of social foraging, response to novelty, and cooperative problem solving. *Methods* 38 (3), 162–177.
- Ekman, P., Friesen, W., & Ellsworth, P. (2013). *Emotion in the human face: Guidelines for research and an integration of findings*. Elsevier.
- Fagin, B.S. & Merkle, L. (2002). Quantitative analysis of the effects of robots on introductory computer science education. *Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)*, 2(4), 2.
- Farenzena, D.S., Lamb, L.C. & Araujo, R.M. (2010). Combining human reasoning and machine computation: Towards a memetic network solution to satisfiability. In *AAAI*.
- Fong, T. et al. (2006). A preliminary study of peer-to-peer human-robot interaction. *Systems, Man and Cybernetics, SMC'06. IEEE International Conference on*, volume 4, 3198–3203.
- Foster, M., By, T., Rickert, M. & Knoll, A. (2006). Human-robot dialogue for joint construction tasks. *Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces*, 68–71.
- Foster, M., et al. (2008). The roles of haptic-ostensive referring expressions in cooperative, task-based human-robot dialogue. *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, 295–302.
- Fundación Telefónica. *Aprender con tecnología: investigación internacional sobre modelos educativos de futuro*. Ariel, 2012.
- Gantiva, C., Guerra, P. & Vila, J. (2011). Validación colombiana del sistema internacional de imágenes afectivas: evidencias del origen transcultural de la emoción. *Acta colombiana de Psicología* 14 (2), 103–111.
- Giuliani, M. & Knoll, A. (2013). Using embodied multimodal fusion to perform supportive and instructive robot roles in human-robot interaction. *International Journal of Social Robotics* 5 (3), 345–356.
- Giuliani, M. et al. (2010). Situated reference in a hybrid human-robot interaction system. *Proceedings of the 6th International Natural Language Generation Conference*, 67–75. Association for Computational Linguistics.
- Gorostiza, J.F. et al. (2006). Multimodal human-robot interaction framework for a personal robot. *Robot and Human Interactive Communication, The 15th IEEE International Symposium on*, 39–44.
- Gray, K. & Wegner, D. (2012). Feeling robots and human zombies: Mind perception and the uncanny valley. *Cognition* 125 (1), 125–130.
- Greenfield, P. (1998). Language, tools, and brain revisited. *Behavioral and Brain Sciences* 21 (01), 159–163.
- Hayes, B. & Scassellati, B. (2013). Challenges in shared-environment human-robot collaboration. *learning* 8, 9.
- Hayes, B. & Scassellati, B. (2014). Discovering task constraints through observation and active learning. *Intelligent Robots and Systems (IROS), International Conference on*, 4442–4449.

- Hegel, F. Lohse, M. & Wrede, B. (2009). Effects of visual appearance on the attribution of applications in social robotics. *Robot and Human Interactive Communication, The 18th IEEE International Symposium on*, 64–71.
- Hoffman, G. (2010). Anticipation in human-robot interaction. *2010 AAAI Spring Symposium Series*.
- Hong, J.C., Chen, M.Y., Wong, A. Hsu, T.F. & Peng, C.C. (2012). Developing physics concepts through hands-on problem solving: a perspective on a technological project design. *International Journal of Technology and Design Education 22 (4)*, 473–487.
- Hwang W.Y. & Wu, S.Y. (2014). A case study of collaboration with multi-robots and its effect on children's interaction. *Interactive Learning Environments 22 (4)*, 429–443.
- Ihde, D. (2002). Los cuerpos en la tecnología. *Nuevas Tendencias: Nuevas Ideas*.
- Ihde, D. (2004). *Los cuerpos en la tecnología: Nuevas tecnologías: nuevas ideas acerca de nuestro cuerpo*. Editorial UOC.
- Jiménez, F., Kanoh, M., Yoshikawa, T. & Furuhashi, T. (2014). Effect of collaborative learning with robot that prompts constructive interaction. In *Systems, Man and Cybernetics (SMC), International Conference on*, 2983–2988.
- Johnston, M. et al. (1997). Unification-based multimodal integration. *Proceedings of the eighth conference on European chapter of the Association for Computational Linguistics*, 281–288.
- Jung, Y., Park, T. & Hong, A. (2014). Effect of robot's title in human-robot interaction. *Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 11th International Conference on*, 28–32.
- Kanda, T. et al. (2008). Analysis of humanoid appearances in human-robot interaction. *Robotics, IEEE Transactions on 24 (3)*, 725–735.
- Karim, M.E., Lemaignan, S. & Mondada, F. (2015). A review: Can robots reshape k-12 stem education? *Proceedings of the International Workshop on Advanced Robotics and its Social impacts*, 209–219.
- Karpov, V. (2014). Robot's temperament. *Biologically Inspired Cognitive Architectures 7*, 76–86.
- Kennedy, J., Baxter, p. & Belpaeme, T. (2014). Comparing robot embodiments in a guided discovery learning interaction with children. *International Journal of Social Robotics 7 (2)*, 293–308.
- Keren, G. &na Fridintive robot (kindsar) for children?s geometric thinking and metacognitive development in preschool education: A pilot study. *Computers in Human Behavior*, 35:400–412, 2014.
- Kindergarten social assis-
- Knoll, A. (2001). Distributed contract networks of sensor agents with adaptive reconfiguration: modelling, simulation, implementation and experiments. *Journal of the Franklin Institute*, 338 (6), 669–705.
- Knoll, A. (2003). A basic system for multimodal robot instruction. *Pragmatics and beyond new series*, 215–228.
- Knoll, A., Hildenbrandt, B. & Zhang, J. (1997). Instructing cooperating assembly robots through situated dialogues in natural language. In *Robotics and Automation, Proceedings. IEEE International Conference on*, 888–894.
- Konstan, J.A., Conejo, R., Marzo, J. & Oliver, N. (2011). User modeling, adaptation, and personalization.
- Kory, J.M., Jeong, S. & Breazeal, C.L., (2013). Robotic learning companions for early language development. *Proceedings of the 15th ACM on International conference on multimodal interaction*, 71–72.
- Kwak, S. et al. (2013). What makes people empathize with an emotional robot?: The impact of agency and physical embodiment on human empathy for a robot. *RO-MAN, 2013 IEEE*, 180–185.
- Kwon, W.Y. & Suh, I.H. (2014). Planning of proactive behaviors for human-robot cooperative tasks under uncertainty. *Knowledge-Based Systems 72*, 81–95.
- Laamanen, M. Jormanainen, I. & Sutinen, E. (2015). Theater robotics for human technology education. *Proceedings of the 15th Koli Calling Conference on Computing Education Research*, 127–131.
- Landriscina, F. (2013). *Simulation and Learning: A Model-Centered Approach*. Springer Science, Business Media.
- Lasota, P. & Shah, J. (2015). Analyzing the effects of human-aware motion planning on close-proximity human-robot collaboration. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 57 (1)*, 21–33.
- Le Breton, D. & Pons, H. (1999). *Las pasiones ordinarias: Antropología de las emociones*. Nueva Visión.
- Leyzberg, D., Spaulding, S., Toneva, M. & Scassellati, B. (2012). The physical presence of a robot tutor increases cognitive learning gains. *Proceedings of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Austin, TX: Cognitive Science Society*.
- Lindh, J. & Holgersson, T. (2007). Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?
- Lohse, M. et al. (2008). Evaluating extrovert and introvert behaviour of a domestic robot? a video study. *Robot*

- and Human Interactive Communication, *The 17th IEEE International Symposium on*, 488–493.
- Lund, B. & Chemi, T. (2015). *Dealing with Emotions. A Pedagogical Challenge to Innovative Learning*. Sense
- Lykhina, M. (2012). Bunraku theater. de <https://youtu.be/f4G68civvo8>
- Maeda, G. et al. (2014). Learning interaction for collaborative tasks with probabilistic movement primitives. *Humanoid Robots (Humanoids), 14th IEEE- RAS International Conference on*, 527–534.
- Mann, J.A., MacDonald, B.A., Kuo, I.H, Li, X. & Broadbent, E. (2015). People respond better to robots than computer tablets delivering healthcare instructions. *Computers in Human Behavior* 43, 112–117.
- Mannila, L. et al. (2014). Computational thinking in k-9 education. *Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation Technology in Computer Science Education Conference*, 1–29.
- Mitnik, R., Nussbaum, M. & Soto, A. An autonomous educational mobile robot mediator. *Autonomous Robots* 25 (4), 367–382.
- Mitnik, R., Recabarren, M., Nussbaum, M. & Soto, A. (2009). Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience. *Computers Education* 53 (2), 330–342.
- Mori, M., MacDorman, K.F. & Kageki, N. (2012). The uncanny valley (from the field). *Robotics & Automation Magazine* 19 (2), 98–100.
- Mosquera, C. et al. (2014). Política educativa y calidad de la educación básica y media en Colombia. *Informe Contraloría Delegada para el Sector Social Julio 15 de 2014*.
- Mubin, O., Stevens, C., Shahid, S. Al Mahmud, A. & Dong, J.J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning* 1, 209–0015.
- Müller, T., Ziaie, P. & Knoll, A. (2008). A wait-free real-time system for optimal distribution of vision tasks on multicore architectures. *ICINCO-RA (1)*, 301–306.
- Mumford, L. & De Acevedo, A. (1945). *Técnica y civilización*. Emecé.
- Nicholas, H. & Ng, W. (2012). Factors influencing the uptake of a mechatronics curriculum initiative in five Australian secondary schools. *International journal of technology and design education* 22 (1), 65–90.
- Nikolaidis, S. & Shah, J. (2013). Human-robot cross-training: Computational formulation, modeling and evaluation of a human team training strategy. *Proceedings of the 8th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, 33–40.
- Nikolaidis, S., Gu, K., Ramakrishnan, R. & Shah, J. (2014). Efficient model learning for human-robot collaborative tasks. *arXiv preprint arXiv:1405.6341*.
- Nikolaidis, S., Gu, K., Ramakrishnan, R. & Shah, J. (2015). Efficient model learning from joint-action demonstrations for human-robot collaborative tasks. *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human- Robot Interaction*, 189–196.
- Nitsch, V. & Popp, M. (2014). Emotions in robot psychology. *Biological cybernetics* 108 (5), 621–629.
- Norman, D.A. (2002). The psychopathology of everyday things. *Foundations of Cognitive Psychology: Core Readings*, 417.
- Ogata, T, Sugano, S. & Tani, J. (2005). Open-end human-robot interaction from the dynamical systems perspective: mutual adaptation and incremental learning. *Advanced Robotics* 19 (6), 651–670.
- Öztürk, P., Rosslund, K. & Gundersen, O.E. (2010). A multiagent framework for coordinated parallel problem solving. *Applied Intelligence* 33 (2), 132–143.
- Páez, J. Munévar, P. & Vargas, W. (2011). Entrenador virtual para el aprendizaje de rutinas motoras, en personas con ausencia de un miembro superior. *Revista de Investigaciones UNAD* 10 (2), 167–182.
- Páez, J., Sarmiento, L. & Sarmiento, J. (2009). Prótesis mecatrónica para personas amputadas entre codo y muñeca. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología* (25), 22–40.
- Pandey, A.K. y Alami, R. (2010). Mightability maps: A perceptual level decisional framework for co-operative and competitive human-robot interaction. In *Intelligent Robots and Systems (IROS) International Conference on*, 5842–5848.
- Pandey, A.K., Ali, M. & Alami, R. (2013). Towards a task-aware proactive sociable robot based on multi-state perspective-taking. *International Journal of Social Robotics*, 5 (2), 215–236.
- Parisi, D. (2014). *Future Robots: Towards a robotic science of human beings*, volume 7. John Benjamins Publishing Company.
- Petrovic, P. & Balogh, R. (2008). Educational robotics initiatives in Slovakia. *Proceedings of the SIMPAR 2008 conference/Workshop? Teaching with robotics: didactic approaches and experiences?*, University of Padova, 122–131.
- Pfeifer, R. & Bongard, J. (2006). *How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence* (Bradford Books). The MIT Press.

- Prado, J.A., Simplicio, C., Lori, N. & Días, J. Visuoauditory multimodal emotional structure to improve human-robot-interaction. *International journal of social robotics 4 (1)*, 29–51.
- Razzi, N., Tse, R. & Campbell, M. (2014). Enabling robust human-robot cooperation through flexible fully bayesian shared sensing. *2014 AAAI Spring Symposium Series*.
- Rickert, M., Foster, M., Giuliani, M. By, T., Panin, G. & Knoll, A. (2007). Integrating language, vision and action for human robot dialog systems. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Ambient Interaction*, 987–995.
- Riedo, F. et al. (2012). A two years informal learning experience using the thymio robot. *Advances in Autonomous Mini Robots*, 37–48.
- Robinson, K. (2011). Las escuelas matan la creatividad. *V TED, Entrevistador*.
- Rosado, A.C. (1992). *La filosofía de la técnica*. La Editorial, UPR.
- Rosenthal-Von Der Putten, A. et al. (2014). Investigations on empathy towards humans and robots using fmri. *Computers in Human Behavior 33*, 201–212.
- Rosenthal-Von Der Pütten, A. et al., (2013). An experimental study on emotional reactions towards a robot. *International Journal of Social Robotics 5(1)*, 17–34.
- Ruiz-Del Solar, J. & Avilés, R. (2004). Robotics courses for children as a motivation tool: the chilean experience. *Education, IEEE Transactions on 47 (4)*, 474–480.
- Salem, M. et al. (2013). To err is human (-like): Effects of robot gesture on perceived anthropomorphism and likability. *International Journal of Social Robotics 5 (3)*, 313–323.
- Sciutti, A., Patane, L., Nori, F. & Sandini, G. (2013). Do humans need learning to read humanoid lifting actions? In *Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL), 2013 IEEE Third Joint International Conference on*, 1–6.
- Sheng, W., Thobbi, A. & Gu, Y. (2014). An integrated framework for human–robot collaborative manipulation.
- Sidner, C.L. et al. (2005). Explorations in engagement for humans and robots. *Artificial Intelligence, 166 (1)*, 140–164.
- Simon, H. (1996). *The sciences of the artificial*. MIT press.
- Stiefelhagen, R., et al. (2007). Enabling multimodal human–robot interaction for the karlsruhe humanoid robot. *Robotics, IEEE Transactions on 23 (5)*, 840–851.
- Suchy, Y. *Clinical neuropsychology of emotion*. Guilford Press.
- Tielman, M., Neerincx, M. Meyer, J.J. & Looije, R. (2014). Adaptive emotional expression in robot- child interaction. *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, 407–414.
- Trafton, G., et al. (2005). Enabling effective human-robot interaction using perspective- taking in robots. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, 35 (4)*, 460–470.
- Turkle, S. (2005). *The second self: Computers and the human spirit*. Ciudad: MIT Press.
- Vollstedt, A.M., Robinson, M. & Wang, E. (2007). Using robotics to enhance science, technology, engineering, and mathematics curricula. *Proceedings of American Society for Engineering Education Pacific Southwest Annual Conference*.
- Wadley, L. (2013). Recognizing complex cognition through innovative technology in stone age and palaeolithic sites. *Cambridge Archaeological Journal 23 (02)*, 163–183.
- Wainwright, G.R. (1985). *Body language*. Hodder & Stoughton.
- Wendt, C & Berg, G. (2009). Nonverbal humor as a new dimension of hri. *Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN 2009. The 18th IEEE International Symposium on*, 183–188.
- Wilson, F. (1999). *The Hand: How Its Use Shapes the Brain, Language, and Human Culture*. Vintage, 1st vintage books edition.
- Wu, Y.H., Fassert, C. & Rigaud, A.S. (2012). Designing robots for the elderly: appearance issue and beyond. *Archives of gerontology and geriatrics 54 (1)*, 121–126.
- Wynn, T. & Coolidge, F. (2003). The role of working memory in the evolution of managed foraging. *Before Farming, (2)*, 1–16.
- Xu, J. Broekens, J., Hindriks, K. & Neerincx, M. (2014). Robot mood is contagious: effects of robot body language in the imitation game. *Proceedings of the 2014 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems*, 973–980.
- Yan, H. Ang, M. & Neow, A. A survey on perception methods for human–robot interaction in social robots. *International Journal of Social Robotics 6 (1)*, 85–119.
- Yohanan, S. & MacLean, K. (2012). The role of affective touch in human-robot interaction: Human intent and expectations in touching the haptic creature. *International Journal of Social Robotics 4 (2)*, 163–180.
- Zhang, G. & Zhang, J. (2008). The issue of robot education in china's basic education and its strategies. *Robotics, Automation and Mechatronics, Conference on*, 702–705.