

Uso de la Robótica como Herramienta de Aprendizaje en Iberoamérica y España

Kathia Pittí Patiño, Belén Curto Diego, Vidal Moreno Rodilla and M.^a José Rodríguez Conde

Title—Using Robotics as Learning Tool in Latin America and Spain.

Abstract—Technological advances have allowed bring robotics as learning tool to multiple environments, ordinary school and after school. This article presents the perceptions of 127 teachers who teach Educational Robotics (ER) in Latin America and Spain to pre-university level. The studied dimensions were: the profile of the teachers, technological resources, learning activities, environmental characteristics and learning outcomes. The analysis suggests that learning outcomes in ER activities are related to attributes of the learning environment and the pedagogical approach.

Index Terms— Educational robotics, educational robotic platforms, learning outcomes, learning environment, learning tool, pedagogical approach, programming software, robotics.

I. INTRODUCCIÓN

EL uso de la robótica como herramienta de aprendizaje, más conocido como *Robótica Educativa* (RE), puede describirse como un proceso sistemático y organizado, en el que intervienen elementos tecnológicos interrelacionados (plataforma robótica y software de programación) como herramientas mediadoras, cuyo objetivo final es lograr aprendizajes.

Entre los aprendizajes asociados a estas actividades y que están muy relacionados con los roles que los robots pueden desempeñar en el proceso de enseñanza-aprendizaje [1]–[3], podemos mencionar:

Conceptuales. Por un lado, en la asimilación de conceptos relacionados con las materias más afines a la robótica (tecnología, informática, matemáticas, física). Desde este enfoque la robótica se convierte en *objeto de aprendizaje* y es, en la actualidad, su principal uso en el entorno escolar [4]–[8]. Por otro lado, se emplea la robótica como *apoyo para el aprendizaje* de conceptos/temas no directamente vinculables, por ejemplo: reciclaje [9], arte [10], etc.

Kathia Pittí Patiño, Departamento de Teoría e Historia de la Educación. Universidad de Salamanca. Paseo Canalejas 169, 37008. Salamanca. España. (email: kathia_pitti@usal.es).

Belén Curto Diego y Vidal Moreno Rodilla pertenecen al Departamento de Informática y Automática. Universidad de Salamanca. Plaza de los Caídos s/n. 37008. Salamanca. España. (email: {bcurto, vmoreno}@usal.es).

M.^a José Rodríguez Conde, Departamento de Didáctica, Organización y Métodos de Investigación. Universidad de Salamanca. Paseo Canalejas 169, 37008. Salamanca. España. (email: mjrconde@usal.es) 169, 37008. Salamanca. España. (email: mjrconde@usal.es).

Procedimentales [7], [11], [12]. En las actividades de RE también es habitual buscar potenciar habilidades cognitivas, sociales [13] y metacognitivas, entre ellas: resolución de problemas, pensamiento computacional, habilidades de investigación y el pensamiento creativo e innovador.

Actitudinales [9], [14]. Muy frecuentemente el uso de la RE persigue generar cambios de actitud hacia la ciencia y la tecnología, producto de la escasez en el mercado laboral científico [15]. Incluso, se persigue favorecer cambios en las actitudes personales (autoestima, esfuerzo, autoeficacia, responsabilidad) o de trabajo en equipo.

A su vez, se argumenta en la literatura [16]–[18], que la RE es una herramienta que apoya la creatividad y las habilidades de aprendizaje del siglo XXI, tan reclamadas a nivel internacional [19].

Por lo tanto, dilucidar los posibles aprendizajes que la RE puede favorecer, requiere investigar una amplia variedad de recursos, de edades, de objetivos y de entornos de aprendizaje, siendo un factor clave centrarse en qué datos son necesarios y no tanto en qué método se use para adquirirlos [2].

Durante la revisión del estado del arte de la RE encontramos estudios como el llevado a cabo por Sullivan [11], donde analiza las habilidades de pensamiento y del proceso científico que usan los alumnos para resolver un desafío robótico. Sullivan [11] y Benitti[3] argumentan que los resultados de aprendizaje obtenidos en las actividades de RE son consecuencia de *atributos del Entorno de Aprendizaje* (EA) en sí y del *enfoque pedagógico*. Ambos artículos sirven como punto de partida en el trabajo que presentamos.

Se plantea realizar un primer acercamiento a la RE preuniversitaria en Iberoamérica y España [20], [21], en función de una serie de atributos y variables pedagógicas que nos permitan describir y explorar las posibles relaciones con los resultados de aprendizaje.

En este artículo detallamos el método de investigación utilizado (sección 2); en el apartado 3 se muestran los resultados obtenidos; para posteriormente realizar su discusión y revelar su relación con otras investigaciones sobre RE (sección 4). Finalmente, en la sección 5, se dan a conocer las conclusiones y futuras líneas de investigación.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Con el fin de conocer el estado actual de la RE en Iberoamérica y España, tanto en los entornos escolares como extraescolares, se realizó un estudio exploratorio de tipo descriptivo. Para la recogida de datos se diseñó una encuesta en línea dirigida exclusivamente a los

docentes/instructores de RE de estas regiones, con el objetivo de describir: 1) el perfil de los docentes/instructores de RE; 2) los recursos tecnológicos; 3) características de los EA; 4) resultados de aprendizaje; además se exploran posibles relaciones entre estas variables [21].

A. Variables de Investigación

- I. *Dimensión: perfil de los docentes/instructores de RE.* En este grupo de variables se incluyeron: procedencia, género, edad, campo de estudio, experiencia y formación en robótica educativa.
- II. *Dimensión: recursos tecnológicos.* En este rubro se ubican: plataforma de robótica, lenguaje de programación y material de apoyo.
- III. *Dimensión: actividades de aprendizaje.* Las variables incluidas son: tipos de aprendizajes y actividades de aprendizajes.
- IV. *Dimensión: características generales.* Se agrupan aquí las siguientes variables: los atributos del entorno, la asignatura (entorno escolar) o la entidad (entorno extraescolar), edad de los alumnos, la utilización de etapas/fases y la asignación de roles a los alumnos.
- V. *Dimensión: resultados de aprendizaje.* Pertenecen a esta sección las variables: mejora en los aprendizajes y mejora en las calificaciones académicas.

B. Población y Muestra

Población: todos los docentes/instructores de RE a nivel preuniversitario ubicados en Iberoamérica y España, tanto de entornos de aprendizaje escolares como extraescolares, que pudieran ser contactados vía Internet para efectuar la encuesta.

Tipo de muestra no probabilística: una mezcla de muestra por cuotas (mínimo de 50 casos válidos y completos por cada entorno de aprendizaje) y en cadena.

Como unidad inicial y principal de nuestra muestra se utilizó la *Red de Robótica Latinoamericana* [22], con aproximadamente 210 miembros cuyo perfil corresponde con las características de este estudio, al mencionar como población meta de sus actividades de RE: niños (de 5 a 12 años) y jóvenes (de 13 a 17 años).

Posteriormente, se integraron a esta muestra grupos específicos localizados mediante búsqueda en Internet y contactados vía email:

- Torneos de robótica educativa (16 personas)
- Proyectos escolares (14 personas)
- Actividades extraescolares (79 personas)
- 12 docentes

C. Instrumento de Recolección de Datos

El proceso de construcción, fiabilidad y aplicación del cuestionario ad hoc pasó por diferentes fases (Dic. 2012 - Feb. 2013): revisión de la literatura existente, la técnica de juicio de expertos y una prueba piloto.

Una vez revisado y ajustado el instrumento, se distribuyó la encuesta a la muestra detallada anteriormente durante los meses de marzo a mayo. Se obtuvieron en total 127 respuestas válidas.

Fiabilidad y validez. De esta versión final del cuestionario se obtuvo el índice de fiabilidad, mediante la

aplicación del estadístico alfa de Cronbach a los ítems que lo permitían, es decir, a la escala para medir los atributos del entorno de aprendizaje, cuyo coeficiente de consistencia interna alfa de Cronbach fue de 0.850 (con 10 ítems y 123 casos válidos completos, ya que se consideraron “valores perdidos” si no respondían a uno de los ítems). Igualmente, el coeficiente alfa de Cronbach fue de 0.817 (con 8 ítems y 114 casos válidos completos) para la escala de medición de las actividades de aprendizaje que son requeridas a los alumnos al enseñar con robots. Ambos valores indican una fiabilidad muy alta.

La validez de contenido se llevó a cabo mediante juicio de expertos.

III. RESULTADOS

Se procesaron los resultados mediante análisis de frecuencias, a través del software estadístico SPSS 20.0. Se realizaron algunos análisis de dos o tres variables a la vez (frecuencia y ji cuadrado) con la finalidad de detallar las posibles relaciones significativas entre los Entornos de Aprendizaje (EA): escolar y extraescolar, la categoría de robot educativo y el resto de variables.

Del total de 127 casos, el 47.2% corresponde al entorno escolar y el 52.8% son del entorno extraescolar.

Un análisis en profundidad de la primera, segunda y cuarta dimensión se describe en [21]. En el presente artículo se señalan los resultados más relevantes de las mismas y su relación con las otras dos dimensiones.

A. Perfil de los Docentes/Instructores

En estos 127 casos encontramos docentes/instructores de casi todos los países convocados, a excepción de Cuba, Honduras, Nicaragua y Paraguay. Por regiones tenemos: un 59.8% de Iberoamérica y el 40.2% de España.

Los docentes (33.9% mujeres y 66.1% hombres) mostraron un rango de edad promedio de 33 a 40 años y diferentes campos de estudio; más de la mitad son del área de Ingeniería (56.7%).

Un dato a destacar es la *Formación en RE*. Apenas un 33% respondió formarse a través de cursos formales, siendo la *experiencia, el autoaprendizaje y el intercambio con colegas* su principal fuente de conocimientos.

En cuanto a los años de experiencia enseñando RE, se aprecia que el 52.7 % tiene menos de 4 años. Este dato puede reflejar el crecimiento actual de estas actividades.

B. Recursos Tecnológicos

Para analizar la diversidad de plataformas robóticas y software utilizados por los docentes/instructores hemos procedido a categorizarlos previamente.

En la literatura se señala que la Robótica integra diversas disciplinas como lo son: la electrónica/electricidad, la informática, la mecánica, la inteligencia artificial y la ingeniería de control. Basándonos en estas áreas, planteamos categorizar las distintas plataformas robóticas utilizando tres de ellas: la electrónica/electricidad, la informática y la mecánica, por ser las que mayor influencia tienen en los entornos investigados en este estudio: los preuniversitarios. Las tres categorías que proponemos, y que definimos a continuación, son:

Categoría EIM (Electrónica/Electricidad – Informática – Mecánica). El alumno pone en práctica conocimientos de estas tres áreas, aplicando la robótica de forma integral. Ejemplos: robots basados en placas Arduino o similar, robots imprimibles, fabricados con materiales reciclables, ...

Categoría IM (Informática – Mecánica). El alumno cuenta con piezas prediseñadas y de fácil conexión para construir su robot, de tal manera que no son necesarios conocimientos del área electrónica/eléctrica. Ejemplos: Lego Mindstorms, WeDo, FischerTechnik, ...

Categoría I (Informática). Son robots con una morfología predeterminada que no requiere (inicialmente) la fase de construcción, siendo su uso principal el aprendizaje del pensamiento computacional. Ejemplos: BeeBot, mOway, ...

De los robots educativos utilizados actualmente por los encuestados, la categoría predominante es la *IM* con un 74.0%, en segundo lugar la *EIM* con 24.4% y, finalmente, la categoría *I* con un 1.6%.

Los lenguajes de programación los hemos dividido, según la interface visual o no del programa, en textuales y gráficos. El 78.0% emplea una interface de tipo gráfico frente a únicamente un 20.5% que usa el de tipo textual, y el 1.5% restante corresponde a los robots Bee-Bot de tipo *I*.

La última variable de esta dimensión se refiere a la procedencia del material de apoyo que utilizan para planificar/impartir estas clases de RE. Más de la mitad, el 53.3% se basa en Internet y guías de elaboración propia, un 18.1% emplea el proporcionado por el fabricante del recurso, un 14.3% utiliza libros, un 14% usa el facilitado por la entidad organizadora del curso y el 0.3% que señaló “otra procedencia” corresponde al material compartido por un colega de trabajo.

A continuación se detallan los resultados del análisis diferencial de distintas variables en función de las categorías de robots educativos, al considerar su importancia en este estudio y para posteriores investigaciones. Hay que señalar que únicamente se tienen en consideración las categorías de robot *EIM* e *IM*. A su vez, solamente se presentan los resultados donde existen diferencias estadísticamente significativas en el contraste chi-cuadrado (χ^2).

Software de programación ($\chi^2(1) = 47.823$ $p = .000$)

El uso del lenguaje textual predomina en los robots categorizados *EIM* (76.9%), mientras que el lenguaje gráfico se usa en un 88.9% en los robots de tipo *IM*.

Edad de los alumnos ($\chi^2(1) = 11.598$ $p = .001$)

Se observa que los robots de la categoría *IM* son los más utilizados para ambos rangos de edades, sobresaliendo su uso en edades de 5 a 12 años (94.7%). En cambio, el 93.5% de los robots tipo *EIM* se está empleando casi exclusivamente en edades de 13 a 17 años.

C. Actividades de Aprendizaje

Se inicia esta sección, investigando qué tipo(s) de aprendizaje(s) quieren favorecer los docentes/instructores al utilizar recursos para hacer robótica en sus actividades (en esta pregunta seleccionaron todas las opciones pertinentes, por ello su sumatoria no equivale al 100%). De los resultados se extrae que los aprendizajes de tipo procedimental (habilidades/destrezas) están en primer lugar

con un 93%, en segundo lugar (75.7%) los aprendizajes actitudinales y en tercer lugar (66.1%) los aprendizajes conceptuales.

La siguiente variable analizada se refiere a la frecuencia en qué ocho diferentes actividades de aprendizaje son requeridas a los alumnos en un entorno de aprendizaje basado en la RE, en una escala de 1 a 5 (desde nunca hasta siempre). Las medias obtenidas en orden descendente fueron:

($\bar{X} = 4.37$) *Expresivas prácticas* (usar, aplicar)

($\bar{X} = 4.31$) *Creativas*

($\bar{X} = 4.20$) *Resolución de problemas*

($\bar{X} = 4.06$) *Analíticas*

($\bar{X} = 3.94$) *Expresivas simbólicas* (representar, comunicar)

($\bar{X} = 3.81$) *Críticas y argumentativas*

($\bar{X} = 3.73$) *Metacognitivas*

($\bar{X} = 2.56$) *Memorísticas/reproductivas*

Según los resultados de esta dimensión, la RE puede favorecer distintos aprendizajes y procesos cognitivos.

D. Características del Entorno de Aprendizaje

Para el entorno escolar se indagó sobre la asignatura donde se integra la RE. Los resultados coinciden con otros estudios, son las materias más afines a la robótica (*tecnología* con un 41%, informática con el 20%, robótica con un 14% y ciencias con un 12%). De estos datos se deduce que la RE se usa principalmente como *objeto de aprendizaje*.

Asimismo, para el entorno extraescolar se investigó sobre la entidad organizadora de la actividad de RE. Se aprecia la variedad de colectivos que intentan acercar la RE a los niños y jóvenes, donde la empresa privada lidera con un 33%, luego los centros escolares (19%), Universidad (17%), Asociación/club de robótica (12%), Fundación/ONG (9%), proyecto personal (6%), padres de familia (2%) y museos (2%).

Por otro lado, la participación en torneos es muy popular en ambos entornos, el escolar con un 42.9% y para el extraescolar un 57.1%.

En cuanto a la edad de los alumnos, la RE se promueve primordialmente para jóvenes de 13 a 17 años (68.5%).

A nivel pedagógico, se incluyeron dos variables por su relación con las actividades de RE. Un 64.6% de los docentes/instructores de RE utiliza fases o etapas en sus clases y el 54.0% asigna roles a sus alumnos. Algo contradictorio, el entorno extraescolar es donde más se aplican, alrededor del 55% en ambas opciones.

Si estudios anteriores [3], [11] concluyeron que los resultados de aprendizaje de los participantes en actividades de RE están asociados a atributos inherentes a este tipo de tecnología y al enfoque de enseñanza por parte del docente. ¿Cuáles atributos indagar?

La respuesta la encontramos en el reconocido especialista en diseño y tecnología educativa, el Dr. David Jonassen, quien junto a otros colegas, plantean que existen una serie de *atributos* que deben estar presentes en las actividades basadas en tecnología para que el *aprendizaje significativo* pueda ocurrir [23]–[25].

Tomándolos como base y por su gran correspondencia con la literatura revisada sobre RE [1]–[14], [16]–[18], [20],

[26], se analiza la frecuencia en qué los 127 docentes consideran presentes o no los siguientes diez atributos, en una escala de 1 a 5 (desde nunca hasta siempre). De la información proporcionada se extrae que *siete medias son superiores a 4*. Se presentan todos los atributos en orden descendente con su respectiva definición:

(\bar{X} = 4.54) *Tecnológico*: los alumnos utilizan las tecnologías como herramientas de construcción del conocimiento, aprenden con ellas, no de ellas.

(\bar{X} = 4.42) *Activo*: los alumnos son el centro del proceso de aprendizaje. Es decir, participando en la construcción de su propio conocimiento y adquiriendo una mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.

(\bar{X} = 4.37) *Manipulativo*: aprender haciendo, los alumnos trabajan activamente con los recursos de aprendizaje.

(\bar{X} = 4.37) *Colaborativo*: los alumnos trabajan en equipo para construir su aprendizaje y conocimiento, aprovechando las habilidades de los demás, intercambiando y exponiendo puntos de vista.

(\bar{X} = 4.26) *Constructivo*: los alumnos integran nuevas ideas a partir de sus conocimientos previos, con el fin de construir su propio significado.

(\bar{X} = 4.12) *Intencional*: las actividades de aprendizaje persiguen una meta establecida.

(\bar{X} = 4.04) *Reflexivo*: los alumnos consideran detenidamente el porqué de sus acciones y de las respuestas que encuentran.

(\bar{X} = 3.98) *Contextualizado*: los alumnos realizan tareas que favorecen aprendizajes muy vinculados al mundo real.

(\bar{X} = 3.82) *Conversacional*: los alumnos aprenden mediante un proceso dialógico inherentemente social.

(\bar{X} = 3.45) *Complejo*: se involucra a los alumnos en la solución de problemas poco estructurados.

Por supuesto, surgen interrogantes como: ¿habrá diferencias entre el entorno escolar y extraescolar? ¿Qué factores pueden afectar su presencia? ¿Importa el tipo de recurso? ¿Cómo afecta su presencia a los resultados de aprendizaje? Conocer las respuestas facilita el diseño de actividades basadas en la RE que propicien en los alumnos un verdadero aprendizaje significativo.

En consecuencia, realizado el análisis global, a continuación se verifica si existen diferencias significativas en estas medias en función, en primer lugar y por su importancia, del entorno de aprendizaje y luego con las demás variables del estudio. Por ello, con la intención de definir el empleo de las técnicas estadísticas más adecuadas (paramétricas o no paramétricas), se aplicó el estadístico de prueba Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Los resultados de los 10 atributos presentan un nivel de significación igual a .000, es decir, los datos en la población se distribuyen de manera aleatoria. En consecuencia se rechaza la hipótesis de normalidad. Se procede a utilizar pruebas no paramétricas, específicamente el modelo U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney para el entorno de aprendizaje en cada uno de los atributos

estudiados fueron $p > .05$, indicando que *no existen diferencias estadísticamente significativas*. O sea, se confirma una gran similitud entre los EA basados en robótica escolares y extraescolares, y a su vez una elevada presencia entre los diez atributos propuestos. Igualmente, *no existen diferencias significativas* en función del tipo de plataforma robótica o software de programación, es decir, del recurso tecnológico empleado.

Debido a la gran cantidad de variables estudiadas, se presentan las dos que influyen en una mayor cantidad de atributos, que presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < .05$) y que están bajo el control del docente/instructor. Éstas son: *establecer etapas/fases* y *asignar roles a los alumnos*.

En primer lugar, se puede afirmar que existen diferencias significativas en función de si el docente/instructor *utiliza o no etapas/fases* durante la actividad de RE respecto a cuatro atributos. Éstos son: constructivo ($p = .020$), intencional ($p = .002$), conversacional ($p = .002$) y complejo ($p = .001$). Algunos ejemplos de las etapas/fases utilizadas por los docentes/instructores participantes de la encuesta son:

- Identificación del problema, propuesta de solución, desarrollo del prototipo, experimentación, compartir soluciones, conclusiones y evaluación.
- Diseño, construcción, programación, pruebas, análisis de resultados.
- Imaginar, diseñar, desarrollar, probar, mejorar.
- Desaprender, aprender, re-aprender.
- Planificar, hacer, verificar.

Así como a los docentes/instructores les puede facilitar su labor disponer de una guía para enseñar un tema, lo mismo se aplica a los alumnos. Como diseñador de las actividades, un docente tendrá que *elegir las fases* que más se adecuen a su contexto: cuanto menor edad o experiencia tengan los alumnos, necesitarán un mayor número de fases y más explicación de qué hacer en cada una. El objetivo es brindarle al alumnado un método de resolución de problemas, que apliquen a otras situaciones y que sirva de base a la competencia “aprender a aprender”.

Por otro lado, los atributos: activo ($p = .018$), conversacional ($p = .026$), contextualizado ($p = .010$) y constructivo ($p = .036$) están presentes con mayor frecuencia en el entorno escolar si el docente les *asigna roles a sus alumnos*.

Por lo tanto, en las actividades de RE, es importante el concepto de *rol*, que puede ser definido como una determinada responsabilidad que se le entrega a un miembro del equipo, con las tareas específicas que debe llevar a cabo, pero que no lo exenta de participar en otras. Este *rol* no es permanente y debe rotarse entre los miembros del equipo. Esto permite que todos puedan practicar las habilidades relacionadas con cada rol y así descubrir sus propios talentos, limitaciones o aspectos a mejorar.

Veamos algunos roles que los docentes del estudio asignan a sus alumnos:

- Arquitecto, ensamblador, revisor.
- Coordinador, expositor, diseñador, controlador del tiempo.

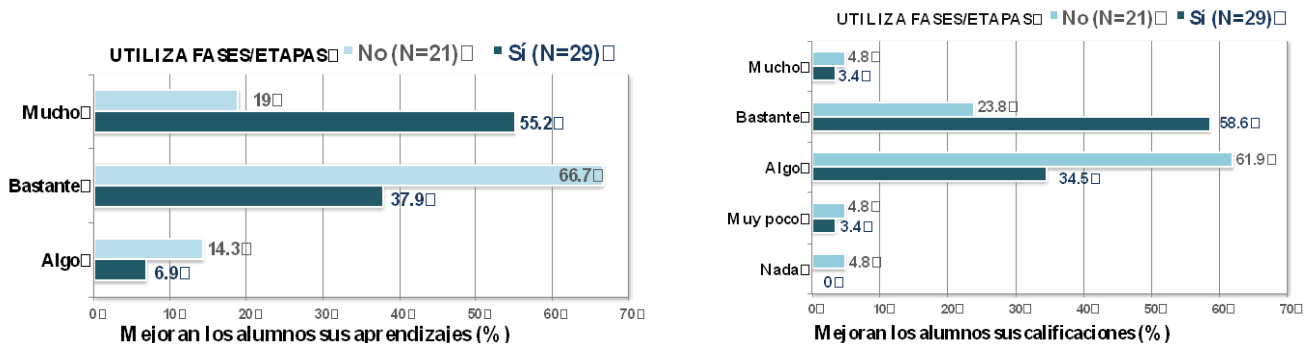


Fig. 1. Porcentaje de mejora de los aprendizajes y de las calificaciones de los alumnos en función de si el docente establece o no. fases/etapas.

- Diseñador, relator/periodista, informático, ingeniero.
- Programador, constructor, investigador, crítico, documentalista.
- Coordinador, comunicador, líder de herramientas, líder(es) de orden y limpieza, constructor.

E. Resultados de Aprendizaje

Esta dimensión únicamente se diseñó para los docentes de los entornos escolares, y en total se obtuvieron 50 respuestas. Primeramente, se les preguntó si perciben que sus alumnos mejoran sus aprendizajes con las actividades basadas en RE.

Se utilizó para ello una escala tipo Likert de 1 a 5 con los siguientes resultados: nada (0%), muy poco (0%), algo (10%), bastante (50%), mucho (40%). Todos los docentes contestaron favorablemente.

Así, la segunda pregunta consistió en saber si igualmente perciben una mejora en las calificaciones académicas. Usamos la misma escala de valores y se obtuvieron estos datos: nada (2%), muy poco (4%), algo (46%), bastante (44%), mucho (4%). Se aprecia un notable descenso en la mejora de las calificaciones con relación a la mejora de los aprendizajes.

Y, en último término, cabría aquí retomar la importancia de establecer etapas y asignar roles a los alumnos, para promover aprendizajes significativos. En este sentido, se analiza a continuación si los resultados de aprendizaje también varían cuando los docentes realizan estas acciones pedagógicas.

Se comprueba mediante la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes que existen diferencias estadísticamente significativas (Fig. 1) en función de si los docentes utilizan fases/etapas con ambas variables (mejora en los aprendizajes y mejora en las calificaciones).

Igualmente, se obtienen resultados similares (Fig. 2) en función de si los docentes asignan roles a sus alumnos, aunque solamente existe diferencia estadísticamente significativa en la variable: mejora en las calificaciones.

IV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En relación con los resultados de esta investigación y estudios anteriores [1]–[14], [16]–[18], [20], [26], se encontraron coincidencias en cuanto a la creciente popularidad de la RE, el género, las preferencias del tipo de recurso, necesidades tanto formativas como de guías didáctica. Igualmente, su uso actual en el aula es en asignaturas muy vinculadas a la robótica y como objeto de aprendizaje.

Así pues, la incorporación de la robótica como una herramienta de aprendizaje en Iberoamérica y España crece significativamente. El número de docentes de RE con menos de cuatro años de experiencia equivale al 52.8% de la muestra.

El género más representativo entre los docentes es el masculino. En este sentido, es necesario investigar más a profundidad las diferencias percibidas en este estudio (en los recursos tecnológicos utilizados y los atributos del EA [21]) en función del género, y tenerlas en consideración al diseñar experiencias que permitan mejorar la actitud de las mujeres hacia la ciencia y tecnología.

Asimismo, de los resultados de esta encuesta se detectan algunas necesidades urgentes. Por un lado, ampliar la oferta de cursos de formación en RE, tanto a nivel presencial como virtual [4], [17], y por otro lado, una mayor disponibilidad de guías didácticas que faciliten la labor docente.

Un dato a considerar es que alrededor del 50% de las actividades de RE en ambos entornos tienen como finalidad

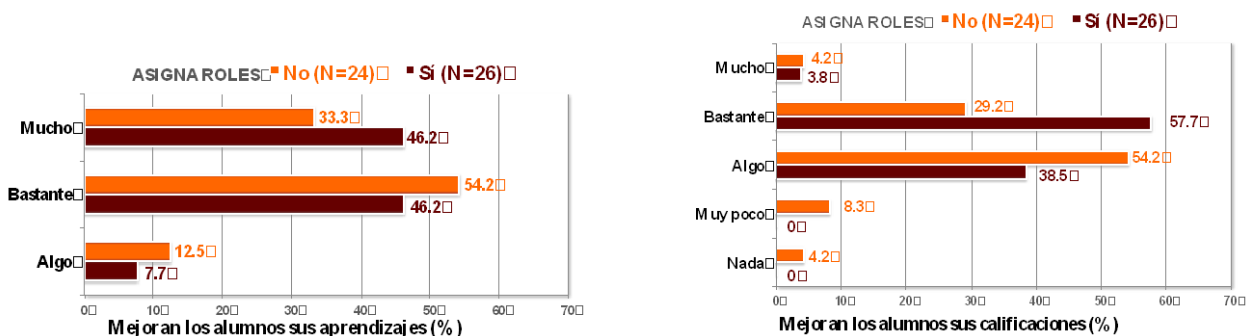


Fig. 2. Porcentaje de mejora de los aprendizajes y de las calificaciones, en función de si el docente asigna o no roles a sus alumnos.

participar en algún torneo. Se puede argumentar que las *competiciones de RE* han contribuido en gran medida a su popularidad e introducción en el aula escolar [3].

Se registra que un 90% de los docentes percibe una mejora importante en los aprendizajes de sus alumnos (bastante/mucho). Sin embargo, esta cifra desciende a un 48% (bastante/mucho) si nos referimos a una mejora en las calificaciones. Estos datos se asemejan a los obtenidos en algunos estudios aunque con otras herramientas de aprendizaje (pizarra digital interactiva, tabletas digitales). Actualmente, se cuestiona si los instrumentos de evaluación siguen privilegiando el aprendizaje memorístico, en vez de adecuarlos para medir los aprendizajes demandados en el siglo XXI [19].

En este sentido, según los resultados de la III dimensión, las actividades de aprendizaje exigidas a los alumnos en RE con mayor frecuencia son: las expresivas prácticas, las creativas, la resolución de problemas y las analíticas. Concordando con el principal aprendizaje a favorecer, el procedimental (habilidades/destrezas). En cambio, tanto los aprendizajes conceptuales como las actividades memorísticas quedan en último lugar, según los docentes/instructores participantes de este estudio.

Por otro lado, no se encontraron estudios antecedentes en los que se indagara sobre los atributos de un EA basado en RE, por lo que no se pueden comparar los resultados considerando esta variable. Sin embargo, de acuerdo con Jonassen y colegas [24], [25], estos atributos que favorecen un aprendizaje significativo se relacionan entre sí, son interactivos e interdependientes, es decir, son sinérgicos. También manifiestan que las actividades de aprendizaje que incluyan *una combinación de estos atributos dan como resultado un aprendizaje aún más significativo* que si se trabajan de manera individual o aislada.

En definitiva, en los resultados se demuestra que los EA basados en RE, tanto escolares como extraescolares, poseen inherentemente múltiples atributos para que los alumnos obtengan *aprendizajes altamente significativos*. Y que esos atributos se puede potenciar mediante acciones pedagógicas sencillas como: *establecer etapas y asignar roles a los alumnos*. Lo más importante: estas simples decisiones docentes también afectan *los resultados de aprendizaje* de los alumnos de forma estadísticamente significativa.

Otra aportación de este estudio, es el relacionado con categorizar las plataformas robóticas (EIM, IM e I) y los lenguajes de programación (textual y gráfico) para conocer sus usos actuales con más detalle. En tal sentido, aunque actualmente hay una gran diversidad de plataformas robóticas en las tres categorías propuestas, existe una tendencia clara al uso de plataformas IM y a lenguajes de programación con interface gráfico. Incluso la gran mayoría de los estudios sobre RE corresponden a robots tipo IM [3]. Por tanto, se deduce su uso de manera general para cualquier tipo de aprendizaje (conceptual, procedimental o actitudinal). Ciertamente, cabe preguntarse, si el objetivo es únicamente enseñar a programar, qué valor añadido obtengo al utilizar un robot tipo I frente a uno tipo IM o EIM. Igualmente aparece esta incertidumbre para los lenguajes de programación. Así, estas interrogantes apuntan a líneas de investigación prometedoras [26] que nos ayuden a lograr en los alumnos mejores aprendizajes significativos.

V. CONCLUSIÓN

En este artículo se ha presentado una visión actual de la *Robótica Educativa*(RE) en Iberoamérica y España desde la percepción de los propios docentes/instructores en relación a los recursos tecnológicos que usan, las actividades de aprendizaje, las características del entorno y los resultados de aprendizaje, con el fin de explorar posibles variables que permitan mejorar la práctica educativa.

De esta manera, de los resultados se hace evidente que actualmente se usan en las *actividades de RE* distintas plataformas robóticas categorizadas como EIM, IM o I, y lenguajes de programación clasificados en textual y gráfico. Estos datos reflejan la necesidad de realizar un estudio previo para definir cuál es la *herramienta más adecuada* según los *objetivos de aprendizaje*, sin olvidar valorar si cuenta con: *material didáctico, capacitación técnica/pedagógica* (ambos muy escasos según los datos) y una *comunidad de aprendizaje* [22] que facilite la labor de enseñanza.

Igualmente, se comprueba cómo *las acciones pedagógicas* del docente/instructor (*establecer etapas y asignar roles*) pueden favorecer ciertos atributos vinculados a un aprendizaje significativo y por ende, lograr mejores aprendizajes y resultados académicos en un EA basado en RE [3], [11]. Esto pone de manifiesto la importancia de *capacitar* a los docentes/instructores que usen esta tecnología, dando igual énfasis a los *aspectos didácticos* de su uso como a los técnicos.

Asimismo, esta investigación confirma lo señalado por varios autores. La *Robótica Educativa* como cualquier tecnología es una *herramienta al servicio del proceso de enseñanza-aprendizaje*, es decir, del docente/instructor; capaz de generar un entorno de aprendizaje significativo, escolar o extraescolar, y acorde con las habilidades del siglo XXI [19]; siempre que logremos un equilibrio al diseñar los Entornos de Aprendizaje basados en RE entre: *el contexto, la tecnología y la pedagogía*.

Por último, si bien en este estudio se demuestra, según las opiniones de los propios docentes/instructores de Iberoamérica y España, la *gran similitud de los atributos en tan variados Entornos de Aprendizaje basados en RE*, existen razones para profundizar si las mismas serán compartidas por sus alumnos. Es decir, ¿cómo perciben los participantes estas herramientas de aprendizaje y los atributos propuestos para un entorno de aprendizaje basado en RE? o ¿qué otras variables relacionadas con el método de enseñanza pueden contribuir a mejorar los atributos y por ende los resultados de aprendizaje? ¿qué papel tienen los instrumentos de evaluación en la mejora o no de las calificaciones de los alumnos? Éstas son algunas futuras líneas de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Kathia Pittí dispone de una beca de la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y el Instituto para la Formación y Aprovechamiento de Recursos Humanos (IFARHU), de la República de Panamá.

Igualmente, nuestra gratitud a los expertos y participantes de este estudio por su valiosa colaboración.

REFERENCIAS

- [1] D. Miller, I. Nourbakhsh, and R. Siegwart, "Robots for Education," in *Springer Handbook of Robotics*, B. Siciliano & O. Khatib, Eds. New York: Springer-Verlag, 2008, pp. 1283-1301. DOI= http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-30301-5_56
- [2] K. Stubbs, J. Casper, and H. A. Yanco, "Designing Evaluations for K-12 Robotics Education Programs," in *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*, B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, & V. Adamchuk, Eds. Hershey, PA: IGI Global, 2012, pp. 31-53. DOI= <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-0182-6.ch002>
- [3] F. B. V. Benitti, "Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review," *Computers & Education*, vol. 58, no. 3, pp. 978-988, Apr. 2012. DOI= <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- [4] G. B. Demo, M. Moro, A. Pina, and A. Arlegui, "In and out of the school activities implementing IBSE and constructionist learning methodologies by means of robotics," in *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*, B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, & V. Adamchuk, Eds. Hershey, PA: IGI Global, 2012, pp. 66-92. DOI= <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-0182-6.ch004>
- [5] J. Lindhand T. Holgersson, "Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?" *Computers & Education*, vol. 49, no. 4, pp. 1097-1111, Dec. 2007. DOI= <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2005.12.008>
- [6] M. Petre and B. Price, "Using robotics to motivate 'back door' learning," *Education and Information Technologies*, vol. 9, no. 2 pp. 147-158, Jun. 2004. DOI= <http://dx.doi.org/10.1023/B:EAIT.0000027927.78380.60>
- [7] R. Mitnik, M. Nussbaum, and A. Soto, "An autonomous educational mobile robot mediator," *Autonomous Robots*, vol. 25, no. 4, pp. 367-382, Nov. 2008. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s10514-008-9101-z>
- [8] B. S. Barker and J. Ansoorge, "Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment," *Journal of Research on Technology in Education*, vol. 39, no. 3, pp. 229-243, Spr. 2007.
- [9] K. Pittí, B. Curto, V. Moreno, and R. Ontiyuelo, "CITA: Promoting Technological Talent through Robotics," in *Proc. 3rd International Conf. on Robotics in Education*, Prague, Czech Republic, 2012, pp. 113-120. Available: <http://www.ksi.mff.cuni.cz/rie2012/proceedings/2012RiE-15.pdf>
- [10] H. A. Yanco, H. J. Kim, F. G. Martin, and L. Silka, "Artbotics: Combining art and robotics to broaden participation in computing," in *Proc. of the AAAI Spring Symposium on Robots and Robot Venues: Resources for AI Education*, Stanford, CA, Mar. 2007.
- [11] F. R. Sullivan, "Robotics and science literacy: thinking skills, science process skills and systems understanding," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 45, no. 3, pp. 373-394, Mar. 2008. DOI= <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20238>
- [12] M. Barak and Y. Zadok, "Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving," *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 19, no. 3, pp. 289-307, Aug. 2009. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s10798-007-9043-3>
- [13] G. Owens, Y. Granader, A. Humphrey, and S. Baron-Cohen, "LEGO® therapy and the social use of language programme: an evaluation of two social skills interventions for children with high functioning autism and Asperger Syndrome," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 38, no. 10, pp. 1944-1957, Nov. 2008. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-008-0590-6>
- [14] E. Hamner, T. Lauwers, D. Bernstein, I. R. Nourbakhsh, and C. F. DiSalvo, "Robot Diaries: Broadening Participation in the Computer Science Pipeline through Social Technical Exploration," in *AAAI Spring Symposium: Using AI to Motivate Greater Participation in Computer Science*, pp. 38-43, Mar. 2008. Available: http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/hamner_emily_2008_1/hamner_emily_2008_1.pdf
- [15] M. Rocard, et al., "Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe," Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities. Available: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- [16] A. Eguchi, "Educational Robotics Theories and Practice: Tips for how to do it Right," in *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*, B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, & V. Adamchuk, Eds. Hershey, PA: IGI Global, 2012, pp. 1-30. DOI= <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-0182-6.ch001>
- [17] D. Alimisis, "Educational robotics: Open questions and new challenges," *Themes in Science and Technology Education*, vol. 6, no. 1, pp. 63-71, 2013. Available: <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/119/85>
- [18] M. Gura and K. P. King (Eds.), "Classroom robotics: Case stories of 21st century instruction for millennial students," Charlotte, NC, Information Age Publishing, Inc. 2007.
- [19] Partnership for 21st Century Skills. 2009. *P21 framework definitions*. Available: http://www.p21.org/storage/documents/P21_Framework_Definitions.pdf
- [20] B. Curto and K. Pittí, K. (Eds.), Robótica educativa [online monograph], *Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. University of Salamanca, vol. 13, no. 1, pp. 1-172, Jul. 2012. Available: http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9043/9298
- [21] K. Pittí, B. Curto, V. Moreno, and M.ª José Rodríguez, "Resources and features of robotics learning environments (RLEs) in Spain and Latin America," in *Proc. of the First International Conf. on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturalism (TEEM '13)*, Francisco José García-Peñalvo (Ed.), ACM, New York, NY, USA, pp. 315-322, Nov. 2013. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/2536536.2536584>
- [22] Red de Robótica Latinoamericana. Available: <http://redrobotica.org>
- [23] D. H. Jonassen, "Designing of Constructivist Learning Environments," 1997. Available: <http://web.missouri.edu/jonassend/INSYS527.html>
- [24] D. H. Jonassen and J. Strobel, "Modeling for meaningful learning. In *Engaged learning with emerging technologies*," D. Hung and M.S. Kine (Eds.), pp. 1-28, 2006. DOI= http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3669-8_1
- [25] J. L. Howland, D. H. Jonassen, and R. M. Marra, "Meaningful learning with technology. Chapter 1 - Goal of technology integrations: Meaningful learning," (4th ed.). Boston, Pearson Education Inc., 2012. Available: http://www.pearsonhighered.com/assets/hip/us/hip_us_pearsonhigher_ed/samplechapter/0132565587.pdf
- [26] I. Gaudiello and E. Zibetti, "Using control heuristics as a means to explore the educational potential of robotics kits," *Themes in Science and Technology Education*, vol. 6, no. 1, pp. 15-28, 2013. Available: <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/115/81>



Kathia Pittí Patiño es Licenciada en Ingeniería Eléctrica y Electrónica por la Universidad Tecnológica de Panamá y Máster en “Las TICs en Educación: análisis y diseño de procesos, recursos y prácticas formativas” por la Universidad de Salamanca, España. Actualmente, es becaria del programa SENACYT-IFARHU de Panamá del doctorado “Las TICs en Educación” de la

Universidad de Salamanca. Realiza su tesis doctoral sobre Robótica Educativa. Colabora con el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas (Peñaranda de Bracamonte, Salamanca) y el grupo de investigación ROBO – PROC del Centro Regional de la Universidad Tecnológica de Panamá en Chiriquí.



Belén Curto Diego es Profesora Titular de la Universidad de Salamanca en el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. Trabaja en el Grupo de Investigación de “Robótica y Sociedad”.

Es autora de más de treinta artículos de investigación sobre Automática, Robótica Autónoma y Robótica en Educación, así como directora de proyectos de investigación con financiación pública y privada.



Vidal Moreno Rodilla es Profesor Titular de la Universidad de Salamanca en el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Tiene una amplia experiencia docente e investigadora en el campo de la Robótica y de la Inteligencia Artificial. Ha participado en diferentes proyectos de innovación docente así como proyectos de investigación de ámbito público y privado.



M.ª José Rodríguez Conde es profesora titular de la Universidad de Salamanca en Formación de Educadores en Metodología de Investigación y Evaluación.

Tiene amplia experiencia en el análisis estadístico de datos sociales (programa estadístico SPSS) y e-Learning y es autora de más de cincuenta artículos de investigación sobre educación y ciencias sociales. Dirige y desarrolla actividades de investigación en varios proyectos de ámbito regional, nacional e internacional.