

ACTIVIDADES STEM EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES: NUEVOS ENFOQUES DIDÁCTICOS PARA LOS DESAFÍOS DEL SIGLO XXI.

RESUMEN

En este trabajo se describe la ejecución de actividades bajo el enfoque de ciencias integradas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) en la formación inicial de profesores, desarrolladas a partir de un proyecto de innovación educativa. También se reportan los principales resultados de su aplicación respecto del logro de competencias científicas en un curso introductorio de física para estudiantes de primer año de la carrera de Pedagogía en Biología, de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

PALABRAS CLAVE

Innovación educativa, ciencias integradas, educación STEM, enseñanza de las ciencias, formación inicial de profesores.

STEM ACTIVITIES IN INITIAL TRAINING OF TEACHERS: NEW TEACHING APPROACHES FOR THE CHALLENGES OF THE 21ST CENTURY.

SUMMARY

This paper describes the execution of activities under the STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) integrated approach in initial teacher training, developed from an educational innovation project. The main results of its application regarding the achievement of scientific competences are also reported in an introductory physics course for first year students of the Pedagogy in Biology, from the Metropolitan University of Education Sciences.

KEYWORDS

Educational innovation, integrated science, STEM education, science education, initial teacher training.

Mg. Yonnhatan García
Cartagena. Departamento de
Física. Laboratorio de
Tecnología. LabTec (ei).

Facultad de Ciencias Básicas.
Universidad Metropolitana de
Ciencias de la Educación. Chile.

yonnhatan.garcia@umce.cl

Dr. David Reyes González.
Departamento de Química.
Facultad de Ciencias Básicas.
Universidad Metropolitana de
Ciencias de la Educación. Chile.

david.reyes@umce.cl

Fabián Burgos Oviedo.
Colaborador, Laboratorio de
Tecnología LabTec (ei).
Facultad de Ciencias Básicas.
Universidad Metropolitana de
Ciencias de la Educación. Chile.

fabian.burgos@umce.cl

1. Introducción.

Los desafíos actuales de la humanidad requieren de sujetos creativos y competentes para abordar problemas sistémicos complejos. El calentamiento global, la innovación y la competitividad de los mercados, la exploración espacial y la producción de energía son claros ejemplos de éstos. En términos sociales, estos desafíos traen consigo un incremento de la importancia que se da a las habilidades para resolver problemas, producir y evaluar evidencia científica, trabajar en equipo, y por sobre todo, comprender el mundo y los fenómenos que lo constituyen, para actuar sobre él. No como una forma de dominación del mundo, sino más bien, como una manera de hacer sustentable nuestra existencia.

Según Tsupros et al., (2009), una economía basada en el conocimiento está dirigida por la innovación constante, motivada por recursos humanos calificados y equipados con habilidades en el campo de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Sin embargo, las necesidades de los recursos humanos calificados, al igual que aquellos de la industria y la sociedad, se encuentran en constante cambio. Por lo que la comprensión de los principios científicos y matemáticos, el conocimiento práctico del hardware y software informático, y las habilidades de resolución de problemas desarrollados por los cursos STEM, son necesarios para la mayoría de los trabajos.

La educación STEM (del inglés Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) surge como una propuesta que pretende resolver tales problemáticas, desde un enfoque que privilegia la enseñanza de las ciencias integradas con énfasis en sus aplicaciones en el mundo real. Recientemente se ha considerado a las artes como otra de las disciplinas que no pueden ser marginadas, dando origen al enfoque STEAM (del inglés STEM + Arts). A partir del trabajo educativo bajo estos dos enfoques, se ha evidenciado que los estudiantes logran comprender conceptos de forma práctica y más creativa (Becker y Park, 2011).

Desde sus orígenes, el enfoque STEM se sustentó en la teoría del aprendizaje constructivista (Sullivan y Bers, 2017). Esta teoría postula que el aprendizaje se construye y reconstruye mientras la persona interactúa dinámicamente con el mundo en el que está inmersa. Gracias a esta interacción se genera y se desarrolla el conocimiento, entendido como el fruto del trabajo propio y el resultado del conjunto de vivencias del individuo desde que éste nace (Valdivia, 2003). De aquí que el aprendizaje se comprenda como un proceso en el que influyen múltiples variables que depende de quien lo experimenta, pero también, de la acción recíproca entre el sujeto y el medio.

Becker y Park (2011) realizan un estudio preliminar con el objetivo de sintetizar los resultados de investigaciones relacionadas con los efectos de los enfoques integradores¹ entre asignaturas STEM y el logro de los estudiantes durante el período comprendido entre 1989-2009. En esta investigación concluyen que la integración de las asignaturas de tipo STEM tienen un efecto positivo en el logro de los estudiantes, y proporciona un aprendizaje de tipo activo centrado en el estudiante. Además, que las disciplinas pueden integrarse desde diferentes perspectivas: como un contenido, como un método o como un proceso. A modo de ejemplo, señalan la elaboración de una clase donde ciencia y tecnología se

¹ Sanders (2009), define los enfoques integradores como aquellos que exploran la enseñanza y el aprendizaje entre dos o más asignaturas STEM y/o entre una asignatura STEM y una o más asignaturas escolares.

integran de manera tal que la tecnología, integrada como procesos, favorece la comprensión de contenidos científicos.

Por otra parte, para que un tema de estudio sea considerado como parte de las disciplinas STEM debe cumplir dos requisitos: i) pertenecer a los campos de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas y ii) clasificar dentro de uno de los cuatro grupos pertenecientes a las disciplinas duras (Vo et al., 2017). Cabe señalar que una disciplina dura se caracteriza por tener una estructura atomística acumulativa, con énfasis en lo cuantitativo, relacionada con fenómenos y leyes de carácter universal, y que además en su forma aplicada, se preocupa de la maestría del ambiente físico, orientado hacia la generación de productos y técnicas (Xu, 2008). Las disciplinas blandas, en cambio, son de carácter reiterativo y holístico, con énfasis en lo cualitativo, concentradas en la particularidad de cada situación y que en sus formas aplicadas se preocupan de la elaboración de protocolos y procedimientos (Neumann et al., 2002).

A partir de lo anterior, se desprenden los siguientes requisitos que debe cumplir una propuesta educativa para ser considerada dentro del marco de la educación STEM: i) centrar el proceso de aprendizaje en el estudiante, quien construye y reconstruye conocimientos a través de su participación activa en la resolución de problemas provenientes del mundo real (Aladé et al., 2016; Farrior et al., 2007; Sanders, 2009). ii) integrar los componentes de STEM, ya que ayuda a la resolución de los problemas planteados (Becker & Park, 2011). Dicha integración debe tender preferentemente hacia la inter o transdisciplinariedad (Max-Neef, 2005). iii) Los objetos de estudio deben ser parte efectiva de alguno de los campos STEM y pertenecer al dominio de las disciplinas duras (Vo et al., 2017).

Desde la perspectiva de las disciplinas STEM, las conexiones naturales entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas han hecho que se agrupen en una misma metodología (Glancy et al., 2013). A pesar de su proximidad siguen aisladas en el currículum escolar. Es por ello que en este trabajo se muestra una primera aproximación a la integración efectiva de este enfoque en la práctica docente en el aula universitaria, a partir del desarrollo de una experiencia de innovación en un curso de física para primer año de la carrera de pedagogía en Biología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

2. El enfoque STEM.

La educación STEM se puede entender, en el contexto de las ciencias integradas, como una aproximación para la enseñanza de las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas de forma interdisciplinar, donde la rigurosidad de los conceptos científicos es desarrollada mediante actividades didácticas inmersivas aplicadas al mundo real. Al trabajar bajo este enfoque, los estudiantes aplican elementos de aquellas áreas, en contextos que vinculan la escuela, la comunidad, el mundo laboral, y la industria (Brown, 2016; Chiu et al., 2015; Tsupros et al. 2009).

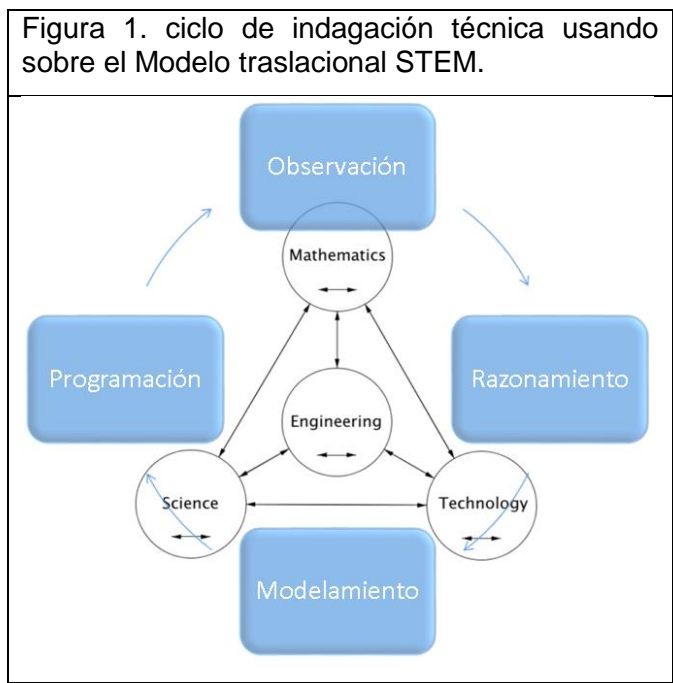
Se postula, entonces, que cualquier adecuación al currículo debe considerar que los estudiantes que sean alfabetizados bajo un enfoque STEM, estén técnicamente bien preparados para el mundo del trabajo, con el objeto de que se conviertan en creadores, innovadores y solucionadores de problemas (Bybee, 2013). Es necesario transformar ventajas competitivas estáticas en ventajas dinámicas. De esta forma, pasar de una

economía basada en la eficiencia de los factores de producción a una economía sustentada en la innovación (García, 2012, p. 78).

La implementación de un currículo STEM podría contribuir a acelerar el tránsito de Chile hacia un nivel alto de desarrollo. Además de contribuir a formar científicos e ingenieros, técnicos y trabajadores competentes, capaces de enfrentar las demandas de conocimiento basado en la ciencia y la tecnología, así como también, contribuir a formar ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, que participen de las decisiones públicas, comprendiendo la complejidad del mundo que les rodea, para que puedan tomar decisiones informadas, que afectan su entorno familiar y su comunidad (Reyes y García, 2014).

En este sentido, las innovaciones desarrolladas tienen como foco el trabajo en aula bajo el enfoque STEM, y consideran el modelo traslacional propuesto por Glancy y Moore (2013) como escenario para las acciones. Sobre este escenario actúa el ciclo de indagación técnica (Figura 1) que transita por la observación-razonamiento-modelamiento-programación en cada actividad, valiéndose de robots programables en que los sujetos modelan y estudian distintas rutinas de movimiento. Con este tipo de proceder se pretende que los estudiantes, a través de la manipulación y creación, se apropien del conocimiento científico en contraposición a la memorización para la realización de un examen (Fernández, 2016).

En la educación STEM, la resolución de problemas es un elemento central (Aladé et al., 2016) debido a que favorece la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, que se vuelve aún más significativo y provechoso si es que dichos problemas provienen o se conectan de alguna manera con situaciones del mundo real (Farrior et al., 2007; Sanders, 2009).



Según este modelo, las actividades STEM son más eficaces cuando alientan a los estudiantes a trasladar las ideas a través de múltiples disciplinas. Es fundamental que los estudiantes tengan la oportunidad de reflexionar en torno a las distintas perspectivas

disciplinarios entre conceptos, mientras se enfrentan a los desafíos con énfasis en los problemas del mundo real. No obstante, para garantizar que los estudiantes hagan conexiones entre los conceptos científicos estudiados y desarrollen habilidades durante el proceso, es necesario que el profesor tenga en mente el modelo traslacional.

Se debe destacar que el ambiente en el cual se desarrollan las actividades STEM debe permitir el libre intercambio de ideas entre los estudiantes, y fomentar el aprendizaje a partir de actividades colaborativas. Para ello se debe prestar atención a la organización del espacio, de forma que los estudiantes puedan desplazarse libremente entre los grupos de pares. Este contexto facilita el intercambio de ideas y las soluciones logradas se socializan de forma más rápida, impulsando la motivación del estudiante al verse cumplidas las metas.

3. Una innovación didáctica basada en el enfoque STEM.

Dentro de la Facultad de Ciencias Básicas la asignatura de Física para los primeros años de las carreras de Pedagogía en Biología, en Química y en Matemáticas presenta un alto grado de reprobación –superior al 50% en todos los casos– (ver Tabla 1). Esto se convierte en un nudo crítico en la progresión académica de los estudiantes de primer año, y en un factor que afecta negativamente a la tasa de retención institucional.

Tabla 1. Reprobación² de asignatura de Física en primer año
Carreras Facultad Ciencias Básicas³.

Asignatura	Aprobados	Reprobados	% Reprobación
Física para Biología	35	45	56%
Física para Matemática	66	69	51%
Física I para Química	24	27	53%
Física II para Química	5	19	79%

En la prueba de competencias científicas (García et al., 2016) aplicado a la cohorte de ingreso 2016 más de un 80% de los estudiantes obtiene niveles insatisfactorios en las competencias de razonamiento lógico, modelamiento y argumentación (ver Tabla 2). No obstante, la asignatura requiere de estas competencias, entre otras, para avanzar con seguridad ante los desafíos que imponen los problemas abordados en ella, y en las futuras asignaturas científicas de las mallas curriculares de las carreras de la Facultad de Ciencias Básicas.

² El cálculo fue realizado sólo para carreras con ingreso vigente para la cohorte 2016, y no han sido considerados estudiantes homologados ni convalidados. Se muestran aquellas asignaturas impartidas durante el año 2015 con un porcentaje de reprobación igual o superior a 25%.

³ La base de datos fue construida por el Sub Departamento de Admisión y Registro Curricular de la Universidad con fecha de corte 11 de mayo de 2016.

Tabla 2. Resumen Nivel de Logro por competencia
 Carreras Facultad Ciencias Básicas⁴

Nivel de Logro	General		Razonamiento Lógico		Modelización		Argumentación	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Insuficiente	160	83,8%	148	77,5%	74	38,7%	65	34,0%
Básico	31	16,2%	41	21,5%	109	57,1%	115	60,2%
Alto	0	0,0%	2	1,0%	8	4,2%	11	5,8%
Total	191	100%	191	100%	191	100%	191	100%

Dado este contexto, es preciso realizar ajustes en la asignatura de Física para los ingresantes al primer año de las carreras de la Facultad de Ciencias Básicas, de forma tal que las innovaciones producidas tiendan a mejorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes participantes del curso. Es por esto que se propuso realizar una experiencia de innovación en la asignatura de Física para Biología con el propósito de mejorar los niveles de logro en las competencias de razonamiento lógico y modelización. Además de aumentar el porcentaje de aprobación general del curso, sin bajar el nivel de exigencia. Con tal de lograr estos objetivos, se buscó cambiar el enfoque mediante el cual se desarrollaban las clases de física, lo que se plasmó como innovaciones didácticas en el trabajo del aula, ajustando la metodología de trabajo con que se abordan dichos contenidos.

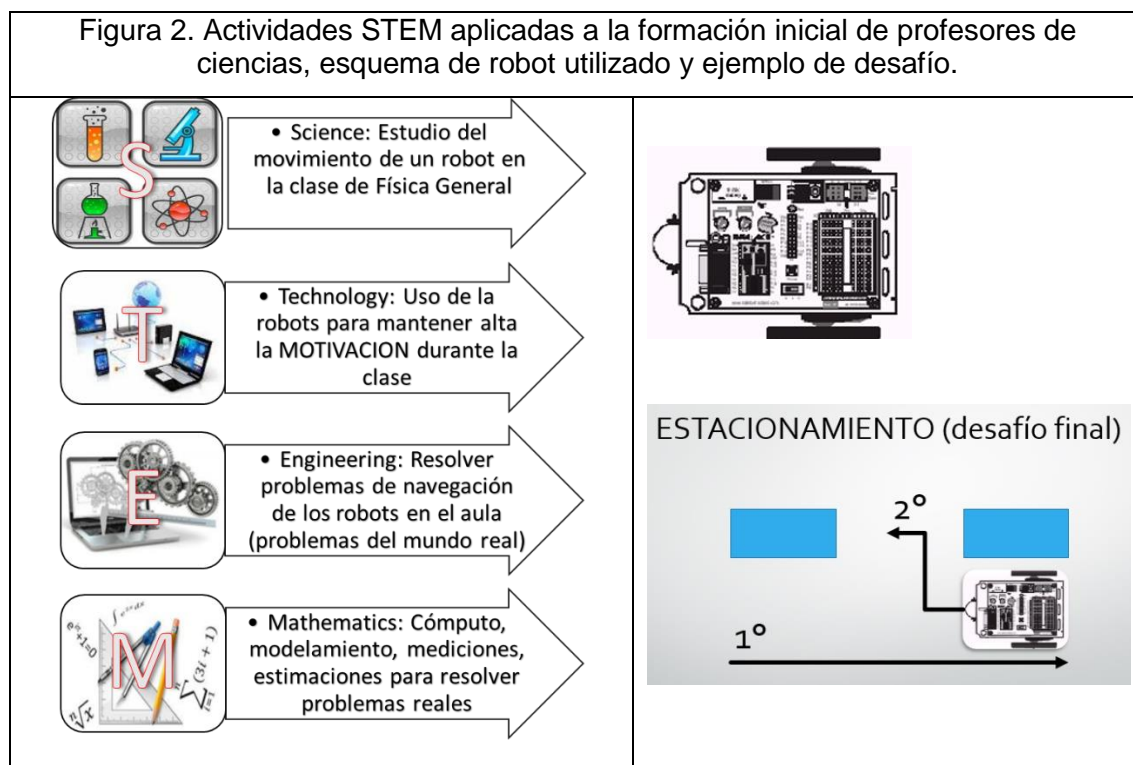
El programa de estudio del curso innovado consideraba tres unidades temáticas: i) óptica geométrica, ii) cinemática, y iii) dinámica del punto material. Se abordó principalmente los contenidos referidos a la unidad de cinemática, que representan 1/3 de la extensión cronológica del programa. Específicamente, las actividades desarrolladas abordaron los siguientes tópicos: trayectoria, desplazamiento y velocidad media, análisis del movimiento unidimensional, construcción y análisis de gráficos posición-tiempo. Los contenidos relativos a la cinemática fueron trabajados mediante el uso de robots (TIC). Esto permitió estudiar el movimiento desde una perspectiva activo-participativa, basada en la indagación y en la solución de problemas –hibridación entre indagación y metodología basada en problemas– mediante el estudio del movimiento de sistemas autónomos. En cuanto a las habilidades desarrolladas, las actividades consideraron el razonamiento lógico y el modelamiento.

Los principios que guiaron el diseño y construcción de las actividades se fundaron en cinco premisas, a saber, i) que los estudiantes progresan a lo largo de fases o etapas, ii) que el material didáctico debe organizarse y presentarse en pequeños pasos, iii) que los estudiantes requieren práctica, retroalimentación y repaso, iv) que el trabajo colaborativo

⁴ Resultados de la aplicación de la prueba de diagnóstico de Competencias científico-matemáticas al primer año ingreso 2016 de las carreras de la Facultad de Ciencias Básicas. Proyecto MECESUP UMC1302 “Plan de Mejoramiento para la nivelación de competencias científicas aplicado a estudiantes de primer año de Formación Inicial Docente de la Facultad de Ciencias Básicas basado en el modelo de Indagación Científica”.

facilita el aprendizaje y la motivación, y finalmente, v) que el aprendizaje es influenciado por factores motivacionales y contextuales.

Las actividades (Figura 2) fueron diseñadas para desarrollar conceptos científicos (trayectoria, desplazamiento, velocidad), mediante el uso de robots programables (modelamiento, programación), resolviendo problemas de navegación (cómo ajustar la velocidad de giro de las ruedas para avanzar recto, cómo optimizar el avance, cómo evitar la falta de adherencia de las ruedas en algunas superficies, etc.), recurriendo naturalmente a las matemáticas para razonar en torno a las formas (cómputo, estimaciones, mediciones, etc.).



Anteriormente, el equipo de trabajo había indagado en las habilidades científicas que podrían ser desarrolladas en la formación de profesores de física, química y matemática en un curso introductorio de robótica. La investigación se estructuró en dos fases: capacitación en aspectos propios de la robótica (electrónica y programación) mediante el uso de los kits Home-Bot® de Parallax® y el lenguaje de programación PBASIC; y una fase de resolución de problemas prácticos de navegación con robots. Esta experiencia se encontró que las habilidades testeadas se manifiestan sin diferencia significativa entre estudiantes de las carreras de pedagogía en física, pedagogía en química y pedagogía en matemática, y sin discriminación de género. Este hecho destaca el potencial de la robótica para desarrollar habilidades de proceso científico en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática.

A partir de lo anterior, el producto final quedó constituido por tres actividades cuyos objetivos fueron: i) presentación, familiarización con materiales y herramientas, y primeros desafíos,

ii) modelamiento, programación de trayectorias y análisis del movimiento, y iii) modelamiento, programación de trayectorias y construcción de gráficos posición-tiempo.

Las actividades ejecutadas fueron desarrolladas en grupos de 2-3 estudiantes siguiendo el ciclo de indagación técnica antes propuesto (Figura 1). Cada actividad tuvo una duración de 3 horas continuas un día a la semana, durante tres semanas. En promedio, 20 de 26 estudiantes asistieron regularmente a cada una de las sesiones de trabajo. Hubo 3 estudiantes ayudantes de cursos superiores presentes al momento de ejecutar las actividades. Dos de ellos profesores de Biología en formación y uno de Química. Todos los ayudantes ya habían trabajado con los dispositivos y desarrollado las actividades de forma previa, por lo que, al momento de ejecutar las actividades con los estudiantes de primer año, ya conocían posibles problemas que podrían ser explotados didácticamente.

Para dar cuenta de las variaciones en el nivel de competencias científicas que mostraban los estudiantes participantes del curso, se aplicó un pre y post-test de competencias científicas (García et al., 2016). El pre-test fue aplicado al inicio del semestre académico, y el post-test fue aplicado una vez finalizadas las actividades del curso innovado. Esta prueba permite evaluar tres competencias científicas: razonamiento lógico, modelamiento o modelización, y argumentación. Puesto que las actividades buscaban desarrollar dos de las tres competencias en que permite indagar esta prueba, se consideró válida su utilización para sustentar las observaciones.

4. Resultados y conclusiones de la experiencia de innovación.

En referencia al nivel de logro mostrado en la evaluación de diagnóstico aplicada al ingreso de la cohorte 2016 para la carrera de pedagogía en Biología de la Facultad de Ciencias Básicas, se esperaba reducir el porcentaje de sujetos en el nivel insuficiente para las competencias de razonamiento lógico (81,8%) y modelización o modelamiento (49,1%), y con ello aumentar el porcentaje de sujetos en los niveles Básico y Alto respectivamente.

Al analizar la Tabla 3, se puede apreciar que las medias son mayores en el post-test que en pre-test en todas las competencias evaluadas (razonamiento lógico, modelamiento, argumentación). Por lo que se puede inferir que hay un incremento en el logro medio de las competencias evaluadas.

Tabla 3. Estadísticos generales

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Post-test	,477	20	,165	,037
	Pre-test	,285	20	,220	,049
Par 2	RL ¹ _post	,434	20	,225	,050
	RL ¹ _pre	,325	20	,288	,064
Par 3	Mod ² _post	,308	20	,243	,054
	Mod ² _pre	,201	20	,199	,044
Par 4	Arg ³ _post	,406	20	,189	,042
	Arg ³ _pre	,226	20	,165	,037

¹RL: razonamiento lógico, ²Mod: modelamiento, ³Arg: argumentación

En la Tabla 4 se muestra cómo la diferencia entre las medias del pre y post-test es de 0,19 y que el límite aceptable está comprendido entre los valores 0,091 y 0,293. Según se observa en la misma tabla, la diferencia se encuentra dentro del intervalo de confianza, por lo tanto se acepta que las medias son diferentes. También se puede ver el *estadístico t* que vale 3,975 y junto a él, su significación o *valor p* que vale 0,001. Dado que este valor es menor que 0,025 (contraste es bilateral) se rechaza la hipótesis de que no hay diferencias significativas en las medias del pre y post-test. Por lo tanto, se puede afirmar que hay un incremento en el nivel de logro de las competencias evaluadas de forma global, y que este incremento es significativo.

No obstante, al desagregar y comparar las competencias evaluadas en el pre y post-test se observan logros dispares. Por ejemplo, las competencias de razonamiento lógico y modelamiento muestran una variación no significativa en el nivel de logro. Por lo que los datos no son concluyentes.

Tabla 4. Comparación de medias competencias científicas pre y post-test.

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias de Media	Desviación típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Post-test Pre-test	,1925	,2166	,0484	,0911	,2938	3,975	19	,001
Par 2	RL ¹ _post RL ¹ _pre	,1085	,3551	,0794	-,0576	,2746	1,366	19	,188
Par 3	Mod ² _post Mod ² _pre	,1068	,3390	,0758	-,0518	,2655	1,409	19	,175
Par 4	Arg ³ _post Arg ³ _pre	,1797	,2208	,0493	,0763	,2831	3,639	19	,002

¹RL: razonamiento lógico, ²Mod: modelamiento, ³Arg: argumentación

En síntesis, si bien se observa una ganancia global en el nivel de logro de las competencias abordadas en las actividades y evaluadas mediante un pre y post-test, al momento de desagregar, dichos resultados no son concluyentes. Entre los principales factores que podrían estar afectando las variaciones observadas, se encuentra la corta duración de las actividades (si descontamos las sesiones de evaluación fueron solo 3 clases). Sin embargo, importante es destacar el efecto en la motivación observada de forma indirecta en los estudiantes. Esto coincide con los efectos reportados en otras investigaciones que involucran a la robótica en el contexto educacional (Barker y Ansorge, 2007; Nourbakhsh et al., 2005). Así también se destaca la efectividad potencial de la robótica para impactar positivamente en el aprendizaje (Fagin y Merkle, 2003), y aportar al desarrollo de habilidades científicas en los profesores en formación (Reyes y García, 2014).

Por otra parte, uno de los objetivos de esta experiencia fue mejorar la tasa de aprobación del curso, sin descuidar el nivel de desarrollo de competencias científicas (razonamiento lógico y modelamiento). Al respecto, de los 20 estudiantes que asistieron regularmente a las actividades del curso, 16 fueron aprobados (60%). Por lo tanto, la reprobación efectiva fue del 40%, valor por debajo de la línea base histórica. De esta forma, se puede concluir que existe una reducción de la tasa de reprobación, con una tendencia al alza en el nivel de competencias científicas evidenciadas en los estudiantes que participaron en el curso innovado.

Es importante mencionar que los estudiantes reaccionaron de forma positiva a las actividades de aprendizaje propuestas, y al enfoque utilizado. Así como también, cabe destacar la participación de estudiantes ayudantes que están en su fase final de formación, pues les permitió conocer nuevas estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias, las que podrán ser utilizadas en su futuro ejercicio profesional.

Entonces, es necesario introducir innovaciones didácticas en la enseñanza de las ciencias en general y en la física en particular, pues permite un aprendizaje significativo de competencias científicas en los estudiantes. Además, se disminuye la tasa de reprobación efectiva. En este caso, se utilizó la indagación mediada por robots como forma de abordar el contenido disciplinar. Cuando se trabaja con robots, las actividades incluyen la manipulación de herramientas, el uso de computadores y la estimación de diferentes variables por parte del estudiante, entre otras cosas, dando cuenta de un aprendizaje activo centrado en el estudiante.

Para finalizar, recomendamos incorporar en el currículum el enfoque STEM, ya que proporciona un marco constructivista para el desarrollo de conocimientos en los estudiantes mediante actividades altamente contextualizadas. Además, este enfoque permite el desarrollo de competencias científicas para enfrentar los desafíos actuales de la Humanidad y proveer las capacidades técnicas necesarias para el mundo del trabajo.

5. Referencias bibliográficas.

- Aladé, F., Lauricella, A. R., Beaudoin-Ryan, L., Wartella, E. (2016). Measuring with Murray: Touchscreen technology and preschoolers' STEM learning. *Computers in Human Behavior*, 62, 433–441. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.080>
- Barker, B., Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229–243. Recuperado de <https://doi.org/Article>
- Becker, K., Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23–38. Recuperado de <https://doi.org/10.1037/a0019454>
- Brown, J. (2016). The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education*, 17(4), 52–56.
- Bybee, R. W. (2013). The Case for Education Challenges and Opportunities. *National Science Teachers Association*.
- Chiu, A., Price, C. A., Ovrachim, E. (2015). Supporting Elementary and Middle School Stem Education at the Whole-school level: A Review of The Literature. In *In NARST 2015 Annual Conference*. Recuperado de https://www.msichicago.org/fileadmin/assets/educators/science_leadership_initiative/SLI_Lit_Review.pdf
- Fagin, B., Merkle, L. (2003). Measuring the effectiveness of robots in teaching computer science, 35(1), 307. Recuperado de <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=611892.611994>
- Farrion, D., Hamill, W., Keiser, L., Kessler, M., Lopresti, P., McCoy, J., Tapp, B. (2007). Interdisciplinary Lively Application Projects in Calculus Courses. *Journal of STEM Education*, 8(3), 50–63.
- Fernández, A. (2016). *Programa de desarrollo de la creatividad para alumnos de 3° de ESO en la asignatura de Física y Química*. Universidad Internacional de La Rioja.
- García Cartagena, Y. (2012). *e-Ciencia en Chile*. Editorial Académica Española EAE.

- García Cartagena, Y., Adúriz Bravo, A., Arancibia, G., Pérez Matzen, C., Vargas, I., Vargas, J. (2016). Diseño y validación de un test para la evaluación de competencias en la formación inicial del profesorado de ciencias y matemáticas. *In Press*.
- García Cartagena, Y., & Reyes González, D. (2012). Robótica educativa y su potencial mediador en el desarrollo de las competencias asociadas a la alfabetización científica. *Educación Y Tecnología*, 2, 42–55.
- Glancy, Aran w., Moore, T. J. (2013). Theoretical foundations for effective STEM learning environments. *Purdue E-Pubs*, 1(1), 1–24.
- Max-Neef, M. A. (2005). Foundations of transdisciplinarity. *Ecological Economics*, 53(1), 5–16. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.014>
- Neumann, R., Parry, S., & Becher, T. (2002). Teaching and Learning in their Disciplinary Contexts: A conceptual analysis. *Studies in Higher Education*, 27(4), 405–417. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/0307507022000011525>
- Nourbakhsh, I. R., Crowley, K., Bhave, A., Hamner, E., Perez-Bergquist, A., Richards, S., & Wilkinson, K. (2005). The Robotic Autonomy Mobile Robotics Course: Robot Design, Curriculum Design and Educational Assessment. *Autonomous Robots*, 18, 103–127.
- Reyes González, D., García Cartagena, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas. *Educación Y Educadores*, 17(2), 271–285. Recuperado de <https://doi.org/10.5294/edu.2014.17.2.4>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMAnia. *Education*, 68(4), 20–27.
- Sullivan, A., Bers, M. U. (2017). Dancing robots: integrating art, music, and robotics in Singapore's early childhood centers. *International Journal of Technology and Design Education*, 1–22. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9397-0>
- Tsupros, N., Kohler, R., Hallinen, J. (2009). STEM Education in Southwestern Pennsylvania the missing components. Recuperado de <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- Valdivia, A. O. (2003). El construccionismo y sus repercusiones en el aprendizaje asistido por computadora. *ContactoS*, 48, 61–64.
- Vo, H. M., Zhu, C., Diep, N. A. (2017). The effect of blended learning on student performance at course-level in higher education: A meta-analysis. *Studies in Educational Evaluation*, 53, 17–28. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.01.002>
- Xu, Y. J. (2008). Faculty turnover: Discipline-specific attention is warranted. *Research in Higher Education*, 49(1), 40–61. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s11162-007-9062-7>