

Robótica, programación y una aproximación a la educación ambiental

Robotics, programming, and an approach to environmental education

Cristian Ferrada Ferrada^{1*}, <https://orcid.org/0000-0003-2678-7334>

Danilo Antonio Díaz-Levicoy², <https://orcid.org/0000-0001-8371-7899>

¹Universidad de Los Lagos, Castro, Chile

²Universidad Católica del Maule, Talca, Chile

*Autor para la correspondencia (email) cristian.ferrada@ulagos.cl

RESUMEN

Objetivo: Este artículo tiene como objetivo evaluar el impacto de un programa educativo introducido en la Educación Primaria orientado a promover la educación ambiental para la sostenibilidad, y la formación científica requerida, a partir de herramienta educativa enmarcada en una secuencia de actividades STEM, con el auxilio de la programación y robótica educativa.

Métodos: Se desarrolla un programa de educación ambiental con una muestra de 15 estudiantes de quinto y sexto consistente en una actividad práctica experimental en la que los alumnos programan y conducen un robot por una ciudad simulada. Se emplearon dos tipos de materiales STEM: La programación *Scratch* y la robótica. El objetivo es estimular la creatividad y el pensamiento al emplear en la programación nociones matemáticas previamente sistematizadas, conjuntamente con el aprendizaje de elementos medio ambientales. Se aplicaron pruebas de entrada y salida para medir el impacto de nuestro estilo de vida sobre el medio.

Resultados: La prueba inicial demuestra que los estudiantes tienen un bajo nivel de conciencia ecológica; una vez que participaron en el programa descrito, la prueba de salida confirmó que el

93,3% reconoce la importancia de preservar el medio ambiente y de tomar conciencia del impacto de las acciones individuales sobre la naturaleza.

Conclusiones: La utilización de las diferentes herramientas enmarcadas en el trabajo STEM, la programación y la robótica, con una conciencia medioambiental y de sostenibilidad, contribuyó a que los estudiantes obtuvieran mejores resultados no sólo a nivel cognitivo sino también emocional, motivacional.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, enseñanza de la matemática, educación ambiental, TIC, lenguajes de programación.

ABSTRACT

Objective: This paper aims at assessing the impact of a program introduced at the primary education level for the promotion of sustainability and environmental education and the need scientific training based on STEM, programming and educative robotics.

Methods: A sample of 15 fifth and sixth students is involved in an environmental educative program involving an experimental practice of programing and driving a robot through a simulated city. Two types of STEM materials were used: Scratch programing and robotics. The aim is to stimulate creativity and logical thinking in using mathematics previously systematize notions in programing. Pre and posttest techniques were used to assess the impact of our life style on the environment.

Results: The pretest given shows that students have a low level or ecological consciousness. After their enrolment in the program, the post text confirms that 93,3% recognize the importance of preserving environmental conditions and of being aware of the impact of individual actions on nature.

Conclusions: The use STEMS tools, robotics, programming in an environmental educative program contributes to students' cognitive and emotional achievement, particularly to the development of awareness about the importance of preserving natural conditions and sustainability.

Keywords: Science instruction, mathematics instruction, environmental education, ICT,

programming languages, thinking skills.

Recibido: 21/11/2021

Aprobado: 8/09/2022

INTRODUCCIÓN

A inicios del siglo xx, en Estados Unidos y en Europa, se inicia una transformación a nivel educativo a consecuencia del surgimiento del enfoque STEM, acrónimo por sus siglas en inglés Science, Technology, Engineering and Math, (Kelley & Knowles, 2016). Durante este siglo la educación debe responder a los nuevos contextos tecnológicos que están en permanente evolución y que cada vez es más frecuente observar a temprana edad, mediante la manipulación de celulares y videojuegos (Wong, Dillon & King, 2016).

De esta forma, los países tecnológicamente avanzados son conscientes de que no se está preparando suficientes estudiantes y maestros en áreas STEM (OCDE, 2016; Roldán, de León, García & Barrientos, 2020). El explosivo crecimiento de las ciencias y las tecnologías, también ha generado una brecha entre quienes tienen acceso a estos avances y quiénes no (Serrano, Rioja del Río & Cabrera, 2019). La Universidad de Oxford (Frey & Osborne, 2013) dio a conocer que sobre las 702 ocupaciones catalogadas por la agencia del Trabajo de los EE. UU, se estima que la mitad de estas corren riesgo de automatizarse en los próximos 10 a 20 años (Visintainer & Linn, 2015). En busca de una solución, EE. UU fomenta la educación en ciencias, abriendo centros de apoyo para la docencia e incorporando maestros de educación directa (Lok, 2010). La metodología STEM, busca soluciones innovadoras, sostenibles, multidisciplinaria, de manera práctica y enfocada desde sus inicios a la búsqueda de respuestas a problemas reales y próximos a los contextos (Jiménez, 2017).

La educación STEM representa un modelo que integra diferentes disciplinas, siendo asimilada eficientemente en diferentes realidades educativas a consecuencia de su flexibilidad entre las

áreas del conocimiento y la potencialidad que entregan las herramientas presentes en los diversos contextos en que se pretende trabajar (Moote, 2019).

A nivel curricular es fundamental entregar una enseñanza de manera integrada, basada en la educación STEM, considerando el desarrollo científico y tecnológico emanado desde la sociedad del conocimiento. En este escenario se vuelve imprescindible el fomento de vocaciones STEM, particularmente en el contexto de la Educación Primaria, en la que se desarrolla en los estudiantes una visión y práctica diferente de la educación, fundamental en las sociedades tecnológicamente avanzadas (Martín, Aguilera, Perales & Vílchez, 2019). En un estudio realizado por Arabit & Prendes (2020) se menciona que los resultados de los informes de evaluación internacionales más prestigiosos muestran que las puntuaciones obtenidas por los alumnos españoles en las áreas de STEM en Educación Primaria se encuentran por debajo de la media de la UE y la OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development).

En la actualidad, la sociedad vive momentos de convulsión en donde diversos agentes están enfocados en promover aspectos de sostenibilidad y desarrollo sostenible en las nuevas generaciones. Para suscitar un compromiso de todos los agentes y lograr desafiar las dificultades a las que se enfrenta el mundo actual, las cuales amenazan gravemente el futuro, profundizar en elementos armoniosos con el medio ambiente es visto como estrategia de trabajo a corto y mediano plazo (UNESCO, 2017).

Es innegable la necesidad de encaminar a los estudiantes hacia un ambiente integral y vincularlos directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), puesto que estos apuntan al desarrollo de las capacidades sociales y de preocupación mundial en un ambiente de desarrollo sostenible. De esta forma en la siguiente investigación presentamos una experiencia de enseñanza aprendizaje entre la educación STEM, Robótica y educación ambiental, asociadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3, 4, 7, 11 y 13, en un aula escolar de educación primaria 5º y 6º grado y su relación con la sostenibilidad planteados en contextos reales, introduciendo actividades, que promueven un acercamiento a la sostenibilidad, referente y guía para la educación de este presente (UNESCO, 2017). Desde la ONU sugieren 17 objetivos de desarrollo sostenible (UNESCO, 2017) que abordan una amplia variedad de temáticas (**Figura 1**):



Fig. 1: Objetivos de desarrollo sostenible, UNESCO (2017)

Esta investigación se justifica considerando la necesidad que existe de fortalecer un currículo integrado en proporcionar aprendizajes con un sentido medioambiental y sostenible, basado en disciplinas que entreguen a los estudiantes herramientas y conocimientos científicos desde los primeros años de Educación Primaria y la realidad a sus contextos comunes (Fernández & Romero, 2020).

En la implementación de proyectos interdisciplinarios, basados en el enfoque STEM, se considera necesaria la utilización de metodologías activas, que ubiquen al estudiante en el centro del aprendizaje (Ruiz, 2017). Además, el trabajo en estas áreas en la educación tiene especial relevancia en la sociedad digital actual, donde los estudiantes deben saber cómo lidiar con la tecnología. Más aún cuando se desarrolla bajo el enfoque STEM, propiciando una conexión inclusiva de los estudiantes, considerando los ritmos diversos de aprendizaje, la necesidad de resolver problemas en contextos reales, obligando a generar una interdisciplinariedad, ya sea en contenidos como metodologías de trabajo (Sanders, 2009).

El cambio climático es un desafío científico, ambiental, social, político, económico y de seguridad complejo para el mundo. En los últimos años, más personas se han dado cuenta de que el cambio climático se ha convertido en un factor que afecta a todas las actividades de la

sociedad humana en todas las escalas, así como a los diferentes enfoques de la educación ambiental y la educación para el desarrollo sostenible, más allá de las fronteras internacionales, entre la educación formal, informal y comunitaria, así como entre investigadores y profesionales de todo el mundo. La idea educativa subyacente es empoderar a los jóvenes mediante el desarrollo de dichas competencias, y el objetivo de la enseñanza es aplicar los conocimientos y las habilidades que los jóvenes aprenden en la escuela y convertir el conocimiento en acción. Una competencia de acción desarrollada capacita a los estudiantes para manejar los complejos desafíos sociales del desarrollo sostenible. La ambición a largo plazo de la educación y el desarrollo de competencias es apoyar la capacidad de reflexión y análisis de los jóvenes y su voluntad de actuar sobre la base de puntos de vista informados, y así contribuir a un mundo mejor y más sostenible. Es indiscutible que el sector empresarial tiene el mayor impacto en la continuación de la crisis ambiental en la que vivimos. Reconocer el impacto del sector empresarial en la continuación de la crisis causal no es nada nuevo. El sector empresarial tiene un gran impacto en los factores bióticos y abióticos que se encuentran en la Tierra y en sus interacciones (Patnaik, 2018). Aparentemente, y en línea con los objetivos de la educación ambiental (McKeown & Hopkins, 2003), se podría esperar que los educadores ambientales se enfocaran en actividades educativas incluso con representantes del sector empresarial. En la práctica, la educación ambiental ha comenzado su práctica en el sistema de educación formal (Stevenson, Peterson & Bondell, 2019), McKeown & Hopkins, 2003) y durante casi cincuenta años la educación ambiental continúa concentrándose en actividades con estudiantes de educación formal en las escuelas (Kollarics, 2019). Las actividades de los educadores ambientales con un público adulto, el sector privado y, entre otras cosas, con las distintas empresas industriales son limitadas. La educación de adultos es tanto una solución a largo plazo como una palanca importante que puede vincular nuestro estilo de vida actual con un futuro ecológico y socialmente sostenible muy diferente (Lange, 2007). Por lo tanto, la colaboración entre educadores ambientales y profesionales del sector empresarial puede conducir a una situación en la que todos salgan ganando.

Los educadores son un puente importante entre una variedad de perspectivas disciplinarias, traduciendo y enmarcando la ciencia para que sea comprensible y creíble, desarrollando la

alfabetización climática entre sus audiencias, empoderando a los educadores y a los estudiantes que trabajan hacia el cambio social.

Esta investigación se justifica a partir de la necesidad que existe de fortalecer un currículo integrado, que proporcione aprendizajes con un sentido medioambiental y sostenible, basado en disciplinas que entreguen a los estudiantes herramientas y conocimientos científicos desde los primeros años de Educación Primaria, insertos en la realidad de sus contextos comunes (Montgomery & Fernández, 2018). Reyes & García (2014) plantean que, en educación, un currículo STEM agiliza el tránsito del país hacia un nivel más alto de desarrollo, contribuyendo a la formación de científicos, ingenieros, técnicos y trabajadores con herramientas para enfrentar las demandas científicas, ambientales y tecnológicas.

A través de un aprendizaje enfocado en competencias STEM se facilita a los estudiantes el desarrollo de diferentes procesos cognitivos fundamentales en la resolución de problemas en contextos cotidianos, además se motiva a indagar, aprovechar y aplicar conceptos o metodologías enfocadas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática en una proyección de generar elementos con los cuales enfrentar los desafíos sostenibles con el ambiente (Means, Wang, Young & Lynch, 2016). En concordancia con Cheng, Sun, & Chen (2018), los beneficios de la robótica en la educación y el despertar de conocimientos y estrategias de orden superior de conocimiento que se relaciona con la motivación y actitud hacia los nuevos aprendizajes. Cada día son más frecuentes las investigaciones que ponen de manifiesto la relación entre las habilidades metacognitivas y el aprendizaje de las áreas STEM, esto último en sentido amplio y creciente (Benitti, 2012).

La revisión de la literatura muestra algunas investigaciones previas relacionadas con el estudio del enfoque STEM dentro del contexto de Educación Primaria. Por ejemplo, Ha & Fang (2013) demuestran que los estudiantes de primaria, sometidos a una educación STEM mostraron mejor preparación, un incremento de las calificaciones y mayor dominio de conocimientos elementales, abordando la manera en que el contexto influye en el proceso de aprendizaje, y cómo influye el enfoque STEM.

Ruiz (2017) en su investigación doctoral presenta un análisis de las propiedades STEAM del

currículo educativo de la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa, desarrollando y llevando a la práctica un proyecto de aprendizaje que utiliza la programación, actividades con el medioambiente y robótica para la consolidación de aprendizajes.

En este sentido, Castiblanco (2016) da a conocer una investigación práctica en el cual aplica el enfoque educativo STEM, utilizando herramientas de la robótica, programación y efectos de sostenibilidad para el mejoramiento del aprendizaje y el desarrollo de competencias matemáticas y científicas tecnológicas de los cursos terceros y quinto de Educación Primaria de Colombia.

El trabajo con estas nuevas formas de enseñar facilitará introducir nuevas tecnologías, permitiendo con ello fabricar representaciones sobre fenómenos del mundo, proporcionando la adquisición y transferencia a distintas áreas del conocimiento, con el fin de desarrollar e intercambiar actividades basadas en la metodología STEM (Perales & Aguilera, 2020; Bybee, 2013). Se pretende, por tanto, desarrollar un enfoque que privilegie la enseñanza de las ciencias integradas con énfasis en sus aplicaciones en el mundo real.

Para enfrentar de manera directa la problemática ambiental, se plantea hacer uso de una educación ambiental enfocada en la generación de estrategias para el desarrollo sostenible, trabajo iniciado en los primeros años de la formación educativa de los estudiantes por Bonil, Junyet & Pujol (2010), “desde la visión sistémica y holística del concepto de medio ambiente” (Sierra, 2012, p. 10), entendiendo que el medio ambiente es una red de compleja de sistemas interrelacionados (socio-económico y ambiental, entre otros) donde las acciones que se realicen sobre un sistema concreto influyen directamente en los demás agentes de la sociedad.

Este artículo tiene como objetivo evaluar el impacto de un programa educativo introducido en la educación primaria para promover la educación ambiental para la sostenibilidad, y la formación científica requerida, a partir de herramienta educativa enmarcada en una secuencia de actividades STEM, con el auxilio de la programación y robótica educativa.

MÉTODOS

La finalidad de la propuesta que aquí se describe es promover el cambio de conductas y comportamientos que afecten de manera positiva la vida de los estudiantes, a partir del proyecto de intervención STEM (educación ambiental y robótica), para su evaluación se aplicó un cuestionario *ad hoc* como un pre-test y post-test del Groupe Renault Fundación de Empresa (2016) sobre educación ambiental para todos, el cual está relacionado con la huella ecológica y elementos medio ambientales, en donde se integran conceptos trabajados con tecnología y cambios de hábitos que se pueden generar mediante un trabajo curricular en el impacto de los aprendizajes asociados al cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad, conjuntamente con elementos de ciencia y matemática trabajados en la propuesta mediante la programación de robots y las diferentes actividades necesarias para generar un cambio de conciencia positivo en el alumnado, de esta forma nuestro estudio posee un carácter cuantitativo, comparando estadísticamente las dimensiones del cuestionario y las variaciones en las medidas pre-post de los participantes (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

El programa de educación ambiental busca generar conciencia acerca de cómo circular seguros y cuidar el medioambiente. La Fundación de Empresa Groupe Renault a través del programa *La Calle y Yo*, dirigido a chicos 8 a 14 años de escuelas, comparte los principales conceptos en el Programa Educación Ambiental para Todos. Desde su lanzamiento en 2007, ya se ha alcanzado a más de 130.000 alumnos, 30 concesionarios, y 500 docentes (validando el cuestionario de forma satisfactoria de forma estadística). El programa se implementa en las escuelas a través de los concesionarios de Renault, quienes son los encargados de seleccionar y asistir a las escuelas que quieran participar del concurso. El objetivo es crear conciencia ambiental en torno a cuatro ejes: cuidado del agua, el valor de la biodiversidad, los tipos de energía y consumo y la basura.

Dentro de las aplicaciones que se utilizaran para lograr la vinculación entre el programa trabajado se presenta un software con el que se puede realizar la programación de robots (Búa, 2020). *Scratch* se destaca como uno de los más utilizados en nivel de primaria, al ser un lenguaje de programación visual en donde se puede generar historias de programación para los robots (mBot) y videojuegos interactivos, posee una interfaz atractiva para los alumnos y mediante los

bloques de movimientos genera una adaptación fácil de los estudiantes, con diferentes desafíos en los videojuegos producidos. Domingo & Marqués (2013) proponen actividades secuenciadas aplicables en aulas de educación primaria, que pretenden ser una ayuda para la formación continua en la educación ambiental y sostenible.

En esta investigación participaron 15 alumnos pertenecientes a quinto y sexto año de Educación Primaria de un colegio concertado de Granada (España), contado con los respectivos permisos firmados tanto de las instituciones educativas como familias, con edades comprendidas entre los 9 y 12 años. Del total de los alumnos participantes el 54% eran niños y el 46% niñas. De esta forma se formaron equipos mixtos de trabajo. Los alumnos que forman parte del estudio fueron seleccionados de manera voluntaria, al ser una actividad que se encuentra fuera del horario lectivo formal, en 12 sesiones de trabajo. Nuestra intervención se ajustó, por tanto, a la planificación del programa previamente diseñado, visto en Ferrada (2020) y siguiendo las directrices del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2014). En este programa se respetaba la transversalidad curricular, trabajando contenidos curriculares de diferentes asignaturas implicadas, como la de Ciencias Naturales y Matemáticas.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron dos tipos de materiales STEM: por un lado, el trabajo con programación *Scratch*, robótica y un tapete donde se presenta una ciudad con diferentes edificios con fuentes de energía alternativos. En relación con los proyectos STEM, se optó por utilizarlos ya que se trata de proyectos transversales que utilizan la tecnología como nexo de unión, permitiendo incorporar conocimientos curriculares de las materias implicadas. Además, otra de sus características principales, es que posibilita el aprendizaje significativo, lo que supone una herramienta especialmente interesante para utilizarla en el aula (García & Mendes, 2018).

Los materiales empleados fueron: Robot Mbot, Móvil o Tablet, App Makeblock, Tapete para desarrollar movimientos del robot.

En la **figura 2** se relacionan las actividades desarrolladas con STEM

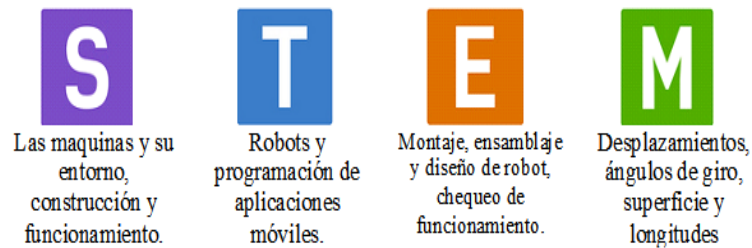


Fig. 2: Descripción con disciplinas STEM.

De manera preliminar, se identifican en los móviles las aplicaciones con las cuales se trabajarán para la programación del robot. A través de la aplicación *App Makeblock* se busca que los estudiantes desarrollen diferentes movimientos programados al robot, en un ambiente de trabajo *Scratch* (figura 3), entre otras, giros en 90°, medición de distancia en el plano, alternancia en velocidades de los motores, etc. Lo principal de esta actividad es la creatividad y experimentación de los alumnos; no existe error en lo generado, ya que la actividad es libre y busca generar una conexión entre el estudiante, el robot y el lenguaje *Scratch*. Todas las actividades se realizan en un tapete que recrea una ciudad con elementos medio ambientales, tales como energías renovables (eólica, solar, jardines verticales entre otras), para lo cual el robot debe programarse y recorrer los diversos puntos. Se incluyen así actividades diseñadas con el medio ambiente y la huella ecológica generada por los estudiantes, de esta forma el robot y su programación es un medio para lograr superar cada una de las etapas generadas.

Mediante la programación en bloques en base *Scratch*, los estudiantes de manera libre, programan el encendido de las luces del robot, trabajan variables tales como tiempo, colores, encendido simultáneo o individual (Morales, 2017).

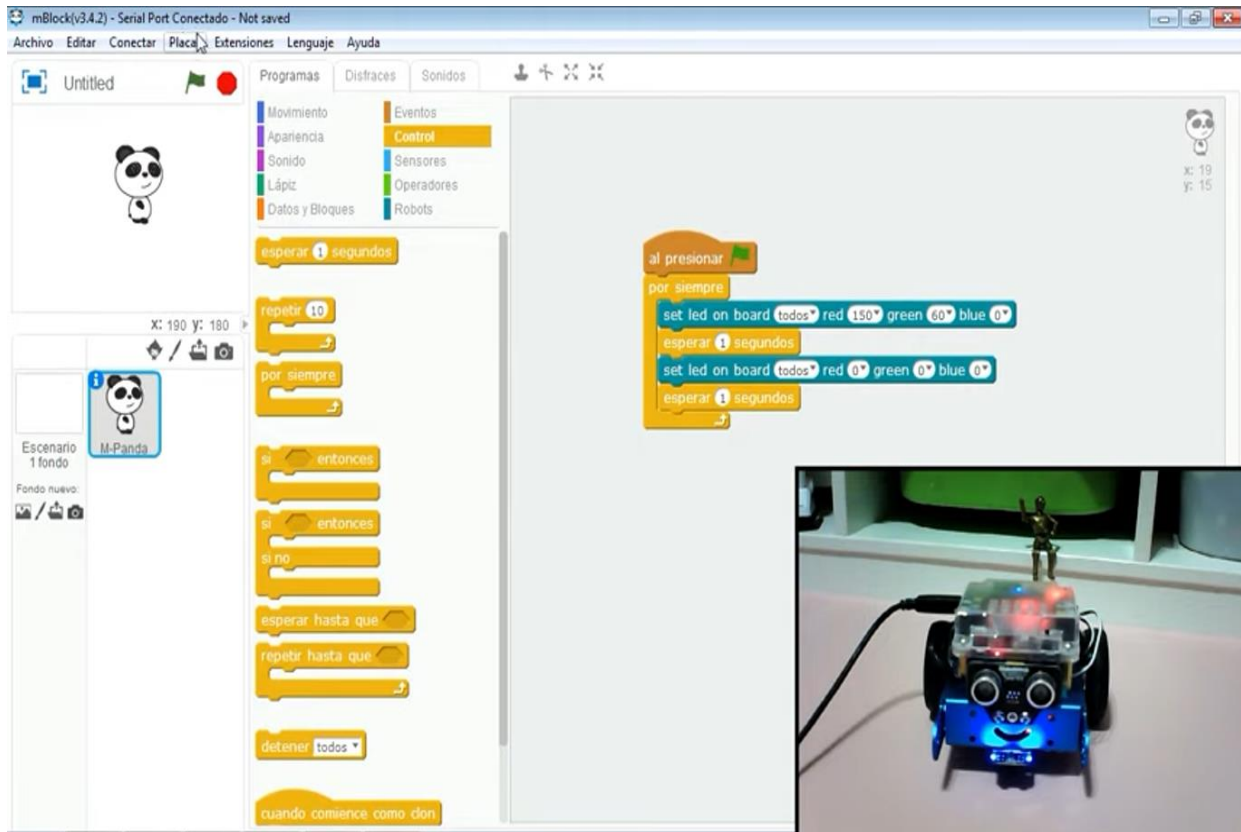


Fig. 3: Robot mBot y placa de programación.

Con estas actividades de iniciación se busca despertar la creatividad y pensamiento lógico, necesario al momento de programar los movimientos del robot, facilitando de esta forma diversos conceptos matemáticos sistematizados. Con esto se aumentan de forma transversal las habilidades lingüísticas y se fortalece el trabajo en equipo al enfrentar desafíos en cada una de las actividades propuestas.

RESULTADOS

A partir del instrumento Groupe Renault Fundación de Empresa (2016) educación ambiental para todos: cuaderno alumnos” se permite medir el impacto de nuestra forma de vida y acciones sobre la naturaleza y la utilización de tecnología directamente en relación con el medio ambiente, de esta forma los estudiantes seleccionan las respuestas que más se parecen a su

forma de vida y luego suman los puntos obteniendo una clasificación final pre y pos test.

En la **Tabla 1** se presentan los resultados obtenidos respecto de la aplicación del cuestionario utilizado, estos se agrupan en función de categorías asociadas al puntaje final del cuestionario, las que se definen en cuatro niveles; a) importante (0 – 9 puntos): ¡Muy bien! Tu huella ecológica es muy pequeña; b) moderada (10 – 19 puntos): Tienes una conciencia desarrollada de tus actos y su impacto. Conoces las acciones que puedes poner en marcha para que tu huella ecológica sea moderada y que los demás también puedan disfrutar de un mundo lleno de vida; c) baja (20 – 29 puntos): Quizás tengas que empezar a hacer un esfuerzo: estás en un mundo limitado donde si todas las personas hicieran las cosas como tú, los recursos se terminarían muy rápido; y d) preocupante (sobre 30 puntos): Tu huella ecológica es gigantesca y preocupante.

Tabla 1: Resultados aplicación cuestionario Huella Ecológica

Categoría (puntos)	Pre-Test		Post-Test	
	N	Frecuencia (%)	N	Frecuencia (%)
Importante (0 a 9)	0	0 %	0	0 %
Moderada (10 a 19)	0	0 %	14	93,3 %
Baja (20 a 29)	12	80 %	1	6,7%
Preocupante (30 o más)	3	20 %	0	0 %

* La valoración se encuentra en escala inversa, donde la obtención de un menor puntaje implica una mejor valoración

Es posible apreciar que en un momento inicial los estudiantes no son conscientes del impacto que tienen sus acciones, o las de sus familiares, en el cuidado del medioambiente y la sostenibilidad de nuestro ecosistema, la mayoría de ellos manifiesta una baja conciencia ecológica (80%) e incluso niveles preocupantes (20%), mientras que no se observa la presencia de estudiantes que reconozcan la importancia de sus acciones respecto del cuidado del medioambiente. Sin embargo, esta situación cambia favorablemente en una segunda medida post intervención, donde los estudiantes, en su mayoría, reconocen la importancia del cuidado

del medio ambiente y los efectos de sus acciones en este (93,3%) y, en menor medida, un estudiante reconoce levemente la importancia de contar con una conciencia ecológica para el cuidado del medioambiente (6,7%).

En cuanto a las variaciones entre medidas, en la **figura 4** se presentan los resultados agrupados por categorías de clasificación descritas al comienzo de este apartado.

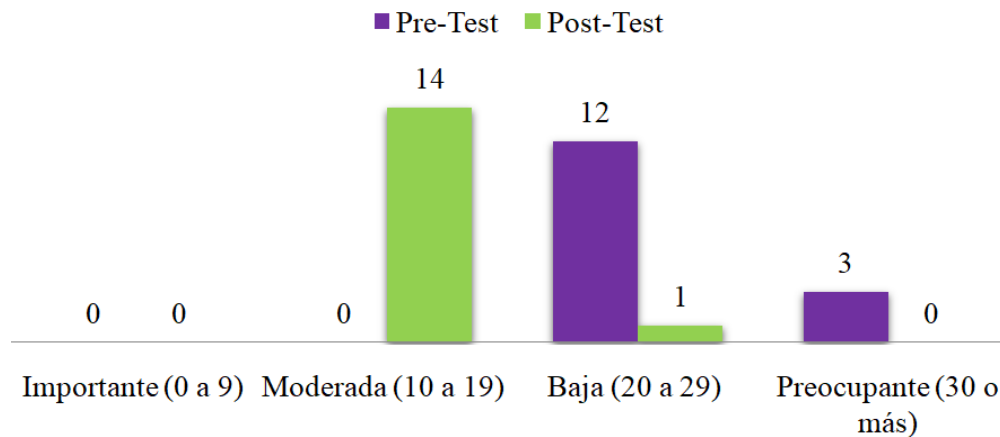


Fig. 4: Resultados de la evolución entre puntajes de la evaluación.

Por su parte, el empleo de las herramientas de programación y la robótica favoreció el aprendizaje de nociones previamente estudiadas de matemática y ciencia.

DISCUSIÓN

La educación de futuros estudiantes para nuestra sociedad actual requiere de numerosos esfuerzos. Los alumnos están acostumbrados al manejo de tecnologías. Sin embargo, esto no es suficiente, siendo necesario desarrollar habilidades de pensamiento crítico y técnicas de resolución de problemas conjuntamente al trabajo en equipo. En diferentes casos esto se logra mediante el enfoque STEM ya que conjugan numerosas técnicas y habilidades necesarias de trabajar permitiendo desarrollar con un número reducido de estudiantes, en grupos y con

tecnología avanzada, como son la robótica, la programación y los dispositivos físicos. (Barak & Zadok, 2009).

Para la OCDE (2016) el desarrollo de conocimientos científicos está estrechamente vinculado con la evolución económica de los países, la cual en oportunidades está relacionada con abusos medioambientales, para lo cual estas habilidades generadas en los estudiantes resultan fundamentales para enfrentar los problemas ambientales, sostenibles y sociales de la actualidad. Dichos conocimientos tienen la necesidad de llegar a todos los estudiantes, siendo una herramienta indispensable para enfrentar problemas derivados del daño ecológico y de armonía con el medio ambiente. Además, expresamos que la forma de generar interés a temprana edad en los estudiantes está relacionada con el aumento de trabajos científicos, concretos a las realidades de los estudiantes y sus habilidades (Wolfram, 2010). Dentro de las actividades que se utilizaron se aprecian diversas innovaciones metodológicas con una marcada tendencia a la innovación y creatividad de los grupos de estudiantes, de esta forma analizamos positivamente la participación de los estudiantes despertando gran interés por la tecnología, la búsqueda constante de respuestas a los problemas que se generaron (trabajo en grupos), comprender que la sostenibilidad ambiental es una necesidad real y la búsqueda de elementos alternativos y de conciencia en la toma de decisiones representan la solución a muchos problemas del futuro y como la percepción por las áreas STEM evoluciona luego de participar en los talleres del proyecto (Nadelson & Seifert, 2017). Teniendo esto en cuenta, está claro que los enfoques de aprendizaje basado en desafíos funcionan en ambientes guiados y el uso de la robótica y los dispositivos tecnológicos pueden ser positivos para desarrollar habilidades relacionadas con las demandadas por la sociedad digital y de manera transversal ser un agente motivador en la adquisición de competencias para enfrentar los problemas medioambientales y generar elementos sostenibles y amigables con el entorno (Rieckmann, 2017).

Si bien es cierto que se afirma la importancia de la problemática medioambiental y la necesidad de llevar a cabo una alfabetización científica específica, se refuerza la dificultad de llevarla a término por aspectos temporales y de complejidad conceptual (Bonil, Junyent & Pujol, 2010). Sin embargo, mantienen la necesidad de generar un entendimiento y reforzar el trabajo autónomo y como se ayuda en cambiar la realidad. Esto último puede conllevar limitaciones,

pues la carencia de actuaciones y toma de decisiones basadas en argumentos sin peso, puede conllevar un tratamiento superficial del problema real (Vare & Scott, 2007).

CONCLUSIONES

La utilización de las diferentes herramientas enmarcadas en el trabajo STEM, con una conciencia medioambiental y de sostenibilidad, contribuyó a que los estudiantes obtuvieran mejores resultados no sólo a nivel cognitivo sino también emocional, motivacional, lo que queda de manifiesto cuantitativamente en los resultados de los pre y pos test. De esta forma se evidenció que el trabajo promueve en los alumnos un aumento de la motivación y el interés en el aula, obteniendo resultados más significativos en su proceso de enseñanza-aprendizaje, con el apoyo de una metodología de trabajo cooperativo provocando en el alumnado beneficios positivos, tanto académicos como sociales (Taylor, 2016).

En vista de los resultados creemos que incluir el enfoque STEM, en diferentes áreas curriculares mejora la motivación y la influencia que esta genera en los estudiantes de forma específica en las áreas curriculares trabajadas (Sánchez, 2019). La experiencia descrita se ha planteado a partir de una situación de aprendizaje en contextos real. En particular, las actividades descritas han permitido a los estudiantes realizar un primer acercamiento a la problemática medioambiental ajustada a sostenibilidad y enfocados en los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la UNESCO (3, 4, 7, 11 y 13) y en concordancia con el trabajo en las áreas STEM descritas anteriormente, a la vez aprovechar el contexto para descubrir conexiones con realidades cercanas ligadas al medio ambiente y elecciones que faciliten la vida de los estudiantes. Se pretende que los participantes utilicen las competencias adquiridas para el desarrollo sostenible.

Se reconoce, finalmente, que la aplicación de problemas sociales y medioambientales asociados el trabajo STEM en las aulas no puede verse como algo restringido ya que esto ayuda al desarrollo de habilidades asociadas, como el lenguaje, la activación motora, los procesos metacognitivos y de memoria, los cuales son parte de los entornos culturales de niños y niñas y

con ellos desarrollan sus propias capacidades para poder responder con ellas en el medio ambiente en que se desarrollan (Barrera, 2015). De esta forma, los resultados de la aplicación del cuestionario evidencian un cambio en la actitud de los estudiantes a consecuencia de la intervención de los diferentes elementos tecnológicos utilizados en el proyecto (Cabrera, 2015). Finalmente para mejorar la enseñanza en STEM es necesario dotar de metodologías activas, desarrollar más actividades prácticas y experimentales y también la mejora de la competencia digital en maestros de los diversos centros de enseñanza.

REFERENCIAS

Arabit, J. & Prendes, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar. *Píxel-Bit*,(2), 107-128. Acceso: 10/11/2021. Disponible en:

<https://recyt.fecyt.es/index.php/pixel/article/view/70842>

Barak, M. & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology, and problem solving. *International Journal of Technology & Design Education*, 19(3), 289-307.

Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-007-9043-3>

Barrera, N. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 6(11), 215–234. Acceso: 10/11/2021. Disponible en:

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/praxis_saber/article/view/3582

Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988. Acceso: 10/11/2021. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131511002508>

Bonil, J., Junyent, M. & Pujol, R. (2010). Educación para la sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1), 198-215.

Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92013009005>

Búa, A. (2020). Implementación de actividades de modelización, STEM y Maker en Enseñanza Secundaria. *Revista didácticas de las matemáticas*, (104), 83-102. Acceso: 10/11/2021.

Disponible en: <http://www.sinewton.org/numeros/>

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education challenges and opportunities*. New York, U S: National STEM Teachers Association.

Cabrera, J. (2015). Computer Programming and Robotics in Basic. *Avances en Supervisión Educativa. Revista de la Asociación de Inspectores de Educación de España*, 3(24), 1–26. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://avances.adide.org/index.php/ase/article/view/17>

Castiblanco, P. (2016). *El modelo STEM como práctica innovadora en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en las escuelas unitarias de la IED Instituto técnico agrícola de Pacho, Cundinamarca*. Tesis de maestría inédita. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0069835.pdf>

Cheng, Y., Sun, P. & Chen, N. (2018). The essential applications of educational robot: Requirement analysis from the perspectives of experts, researchers and instructors. *Computers & Education*, (126), 399–416. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131518302033>

Domingo, M. & Marqués, P. (2013). Práctica docente en aulas 2.0 de centros de educación primaria y secundaria de España. *Píxel-Bit. Revista Medios y Educación*, 42(1), 115-128. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36825582010>

Fernández, R. & Romero, M. C. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*,(58), 51-69. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36825582010>

Ferrada, C. (2020). Evaluación, Ciencia y Matemática. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: https://figshare.com/articles/journal_contribution/Evaluaci_n_Ciencia_y_Matem_tica/12640040

Frey, C. & Osborne, M. (2013). *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?*. Oxford: University Press.

García, F. & Mendes, A. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, (80), 407-411. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563217306854>

Groupe Renault Fundación de Empresa. (2016). *Educación ambiental para todos: cuaderno*

alumnos. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.vidasostenible.org/mide-tu-huella-ecologica/>

Ha, O. & Fang, N. (2013). *Development of interactive 3D tangible models as teaching aids to improve students' spatial ability in STEM education*. In. *Frontiers in Education Conference*, (1302-1304). Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6685043/>

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mac Graw Hill.

Jiménez, L. (2017). *El poder y la ciencia de la motivación. Cómo cambiar tu vida y vivir mejor gracias a la ciencia de la motivación*. Madrid, España: Independently published.

Kelley, T. & Knowles, J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11-22. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-016-0046-z>

Kollarics, T. (2019). Aspectos pedagógicos ambientales de los senderos de experiencia en la naturaleza: un estudio comparativo internacional. *Képzés és gyakorlat*, 19(1), 171-179. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: http://trainingandpractice.hu/?q=hu/kepzes_es_gyakorlat/content/503800716

Lange, P. (2007). Público privado y privado público: Redes sociales en youtube. *Revista de comunicación mediada por computadora*, 13(1), 361-380. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1083-6101.2007.00400.x>

Lok, C. (2010). Science for the masses. *Nature*, 465(7297), 416-419. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.nature.com/nature/volumes/465/issues/7297>

Martín, T., Aguilera, D., Perales, F. & Vílchez, J. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education?. A systematic review of literature. *Science Education*, (103), 799-822. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sce.21522>

Mckeown, R. & Hopkins, C. (2003). EE p ESD: Desactivar la preocupación. *Investigación en Educación Ambiental*, 9(1), 117-128. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/248965560_EE_ESD_defusing_the_worry

Means, B., Wang, H., Young, V. & Lynch, S. (2016). STEM-focused high schools as a strategy for

enhancing readiness for postsecondary STEM programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 709-736. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.21313>

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2014). *Real Decreto 126/2014* de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria MECD. BOE, 52, 19349-19420. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/02/28/126>

Montgomery, C. & Fernández, J. M. (2018). Teaching STEM education through dialogue and transformative learning: global significance and local interactions in Mexico and the UK. *Journal of Education for Teaching*, 44(1), 2-13. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.routledge.com/Teaching-STEM-Education-through-Dialogue-and-Transformative-Learning-Global/Montgomery-Fernandez-Cardenas/p/book/9780367728977>

Moote, J. (2019). Investigating the impact of classroom climate on UK school students taking part in a science inquiry-based learning programme-CREST. *Research Papers in Education*, 35(4), 379-415. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: https://discovery.ucl.ac.uk/10065560/1/Moote_INVESTIGATING%20THE%20IMPACT%20OF%20CLASSROOM%20CLIMATE.pdf

Morales, P. (2017). La robótica educativa: una oportunidad para la cooperación en las aulas. En Ruiz, J., Sánchez, J. y Sánchez, E. (Eds.). *Innovación docente y uso de las TIC en educación* (pp. 30-41). Málaga, España: UMA Editorial.

Nadelson, L. S. & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The journal of Educational Research*, 110(3), 221-223. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/314397561_Integrated_STEM_defined_Contexts_challenges_and_the_future

Organization for Economic Co-operation and Development. *OCDE*. (2016). PISA 2015 resultados clave. París, Francia: Autor

ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo. La agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. A/RES/70/1. Acceso: 22/11/2021. Disponible en: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=S

- Patnaik, P. (2018). *La globalización y el campesinado en el sur*. Sur Agrario. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/2277976018775368>
- Perales, F. J. & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción?. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://revistas.udc.es/index.php/apice/article/view/arec.2020.4.1.5826>
- Reyes, D. & García, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educación y Educadores*, 17(2), 271-285. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83432362004>
- Rieckmann, M. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://learningportal.iiep.unesco.org/es/biblioteca/educacion-para-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-objetivos-de-aprendizaje>
- Roldán, J. J., de León, J., García, P. & Barrientos, A. (2020). A review on multi-robot systems: Current challenges for operators and new developments of interfaces. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 5(17), 294-305. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/342608120> Una revision de los sistemas multi-robot desafios actuales para los operadores y nuevos desarrollos de interfaces
- Ruiz, F. (2017). *Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo, flipped classroom y robótica educativa*. Tesis doctoral inédita. Universidad CEU Cardenal Herrera. Valencia, España. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10637/8739>
- Sánchez, T. (2019). La influencia de la motivación y la cooperación del alumnado de primaria con robótica educativa: un estudio de caso. *Revista Panorama*, 13(25), 117-140. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3439/343963314011/html/>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>
- Serrano, N. R., Rioja del Río, C. & Cabrera, E (2019). Innovación educativa con el uso de la gamificación y la robótica. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*

INFAD Revista de Psicología, 1(2), 545-552. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://revista.infad.eu/index.php/IJODAEP/article/view/1533>

Sierra, L. (2012). La educación ambiental o la educación para el desarrollo sostenible: su interpretación desde la visión sistémica y holística del concepto de medio ambiente. *Educación y futuro: revista de investigación aplicada y experiencias educativas*, (26), 17-42. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3923387.pdf>

Stevenson, K., Peterson, M. & Bondell, H. (2019). The influence of personal beliefs, friends, and family in building climate change concern among adolescents. *Environmental Education Research*, 25(6), 832-845. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-influence-of-personal-beliefs%2C-friends%2C-and-in-Stevenson-Peterson/442210bac9178a34ee5e3b3d9d503b17cd14117e>

Taylor, B. (2016). Evaluating the benefit of the Maker movement in K-12 STEM education. *Electronic International Journal of Education, Arts, and Science*, 2(Special Issue), 1-22. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <http://www.eijeas.com/index.php/EIJEAS/article/view/72>

UNESCO. (2017). *Educación para los objetivos de desarrollo sostenible: objetivos de aprendizaje*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultural. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423.locale=es>

Vare, P. & Scott, W. (2007). Aprendizaje por un cambio: explorar la relación entre la educación y el desarrollo sostenible. *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(2), 191-198. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/186433/1/ODS_Rieckmann.pdf

Visintainer, T. & Linn, M. (2015). Sixth-grade students' progress in understanding the mechanisms of global climate change. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2-3), 287-310. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1054740>

Wolfram, C. (2010). The future of computation. *The Mathematical Journal*, 10(2), 329-362. Acceso: 10/11/2021. Disponible en: https://content.wolfram.com/uploads/sites/19/2012/05/future_of_computation.pdf

Wong, V., Dillon, J. & King, H. (2016). STEM in England: meanings and motivations in the policy arena. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2346–2366. Acceso: 10/11/2021.

Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2016.1242818>

Conflicto de interés:

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Cristian Ferrada Ferrada, es Profesor de Educación General Básica, Mención Educación Matemática por la Universidad Católica del Maule. Máster en Didáctica de la Matemática y Doctorando en Ciencias de la Educación por la Universidad de Granada. Línea de Investigación: Didáctica de las Ciencias Experimentales. Académico en la Facultad de Educación en Universidad de los Lagos, sede Castro en Pedagogía en Educación General Básica.

Declaración de responsabilidad autoral:

Cristian Ferrada Ferrada: Tuvo a su cargo el levantamiento de datos, el análisis necesario para la construcción del marco teórico, los antecedentes y los resultados.

Danilo Díaz Levicoy: Aportó la metodología de la investigación y participó en la construcción del marco teórico y el análisis de los resultados.