

Factores relevantes en la educación STEAM: Desarrollo de Métricas y Modelos Automatizados

Daniela López De Luise^{#1 *2}, Erica Andrea Ruiz Tabarez^{*2}

[#] CI2S Labs, Argentina,
Buenos Aires, Argentina

¹ mdldl@ci2s.com.ar

^{*} Universidad Abierta Interamericana. Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática
Buenos Aires, Argentina

² eri.ruiz@hotmail.com.ar

Abstract— This article aims to show a concrete experience and a model in progress for the systematic evaluation of education called STEAM, an acronym for science, technology, engineering, art and mathematics (from English: Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics). STEAM workshops and experiences generate an apparent positive impact on young people, who develop diverse skills and even manage to perceive education as a way to enhance their skills. Both teachers and students feel that the academic experience improves and opens a possibility for the early prevention of student dropout. The present work provides the first reliable findings that have been obtained by applying Computational Intelligence to model the behavior of students in STEAM situations, and in this way predict possible dropouts. Likewise, quality and progress are controlled through metrics in the underlying pedagogical processes. Two forms are used to record the data to be analyzed. The first focuses on the general information of the institutions and the second captures information from the students themselves. Additionally, we work with specific surveys for each event, which collect post-mortem peculiarities that allow us to improve the initial model and evaluate certain aspects that the forms cannot capture on occasions where a priori information is not present. This work includes the introduction to STEAM activities developed in the collaborating institutions, describes the integration and coordination mechanisms, and part of the protocolized results..

Resumen— Este artículo tiene como objetivo mostrar una experiencia concreta y un modelo en progreso para la evaluación sistemática de la educación denominada STEAM, acrónimo de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (del inglés: Science, Technology, Engineering, Art y Mathematics). Los talleres y experiencias STEAM generan un aparente impacto positivo en los jóvenes, quienes desarrollan aptitudes diversas y hasta logran percibir la educación como una forma de potenciar sus habilidades. Tanto docentes como alumnos sienten que mejora la experiencia académica y se abre una posibilidad para la prevención temprana de la deserción estudiantil. El trabajo presente aporta los primeros hallazgos fehacientes que se han obtenido aplicando Inteligencia Computacional para modelar el comportamiento de los estudiantes en situación STEAM, y de esta manera predecir posibles deserciones. Asimismo, se controla la calidad y progreso por medio de métricas en los procesos pedagógicos subyacentes. Se trabaja con dos formularios para la protocolización de los datos a analizar. El primero se enfoca en la información general de las instituciones y el segundo captura información de los estudiantes en sí. Adicionalmente se trabaja con encuestas específicas de cada evento, que

recogen post-mortem peculiaridades que permiten mejorar el modelo inicial y evaluar ciertos aspectos que los formularios no pueden capturar en ocasiones donde la información a priori no está presente. Este trabajo comprende la introducción a actividades STEAM desarrolladas en las instituciones colaboradoras, describe los mecanismos de integración y coordinación, y parte de los resultados protocolizados.

I. INTRODUCTION

El presente trabajo muestra los inicios de una metodología asociada a métricas, que permiten identificar el rendimiento académico de los estudiantes a través de las actividades realizadas con la educación STEAM, la recolección de los datos de los estudiantes que realizan las actividades, y parte preliminar en un modelo en desarrollo para evaluar la eficacia del proceso en sí. Como técnica en la recolección de datos, se parte de dos formularios que generan una Base de Datos.

El mismo contiene algunas preguntas iniciales que describen generalmente el perfil de estudiante y círculo familiar cercano del encuestado (tipo de vivienda, género, nivel educativo madre, padre, tutor, etc.) que fueron seleccionadas como resultado del análisis y evaluación durante el curso de las investigaciones previas, y que derivaran en la publicación “Modelo de predicción de deserción de alumnos”, de López De Luise y Ruiz (2018).

Para la elaboración del formulario de métricas, se tomó este antecedente y la información de varias instituciones con experiencia en la educación STEAM (anagrama de Science, Technology, Engineering, Arts y Mathematics). Las preguntas contenidas en el formulario, son reflejo de las variables determinadas en la investigación como factores determinantes de la eficiencia y persistencia escolar. Estas métricas buscan modelizar el comportamiento académico en cualquiera de los niveles de aprendizaje. La recolección de datos se efectúa posteriormente a la actividad STEAM con los estudiantes. Para realizar las métricas definitivas, se han de determinar la incidencia que existe entre los diversos parámetros del modelo aquí presentado en el desempeño escolar, cuando la educación es STEAM.

El presente trabajo se enmarca dentro de un conjunto de estudios y experiencias previos de la comunidad educativa, que abarca también la deserción a nivel universitario específicamente en las carreras de ingenierías. Entre ellos se puede citar a los fundadores del campamento de verano de

Lafayette College, quienes establecieron un lugar de educación de verano STEM para niños pequeños en 2011.

Posteriormente han agregado actividades relacionadas con las artes, convirtiéndose de este modo en una iniciativa STEAM en el año 2014. El verano 2015 fue fundamental para que el Campamento de verano de STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se convirtiera al STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). Tal como citan Magloire y Aly (2013), eso se ha logrado incorporando las Artes en un continuo modelo de educación informal utilizado para mejorar la educación K-12 en un programa fuera de la escuela a través de una variedad de prácticas, después de la escuela y el campamento experimental. Empoderamos a los niños a pensar como científicos, se involucran en actividades basadas en proyectos que están relacionadas con su vida cotidiana. Pero, como bien explican Moreira y Mora (2007), estas iniciativas no sólo pretenden generar nuevas vocaciones, también pretende revertir la deserción de los estudiantes del sistema formal, evidencia de que existen situaciones no cubiertas que llevan a los alumnos a no continuar su formación académica en un centro educativo.

La Fundación Nacional de Ciencias trabajaba para desarrollar un plan de estudios que mejoraría la educación en ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología. En STEM, la ciencia y las matemáticas sirven como anexos para la tecnología y la ingeniería, dijo Ramaley. La ciencia y las matemáticas son fundamentales para una comprensión básica del universo, mientras que la ingeniería y la tecnología son medios para que las personas interactúen con el universo, según Christenson (2011) se inicia así STEM quien desde el ex presidente Obama de Estados Unidos y los educadores de este país empezaron a reconocerlo como la nueva forma de educación. Posteriormente a STEM se agrega la inicial "A" (STEAM) por "Arte" debido a que se comenzó a trabajar el arte en relación con las ingenierías y las matemáticas. Según Chung (2014) las "Interconexiones entre artes y las tecnologías son cada vez más importantes". Por ejemplo, la compañía Apple bajo la dirección de Steve Jobs puso especial énfasis con el diseño artístico, creado tecnológicamente. Según éste, los productos deben ser atractivos, útiles y hermosos".

II. PRESENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA STEAM EN SCA

En esta sección se describen la metodología e instancias de STEAM con el enfoque, que la SCA aplicó durante los años 2018 y 2019. Se tomó como punto de partida el entorno internacional como América Latina, desarrollando varios estudios fundamentados en antecedentes bibliográficos que versan en la mejora de la calidad en la educación STEAM. Se adoptaron y analizaron las principales estrategias que pudieran aplicarse.

La educación STEAM puede aplicarse como dictado de clases regulares, clases extracurriculares o una forma de actividades de donación de educación científica de la empresa. El enfoque desde SCA ha priorizado la introducción dentro del claustro docente y la evaluación sistemática de resultados. Luego de las experiencias, además de aplicar técnicas de aprendizaje automático, se obtuvo un modelo que toma ciertas variables de los

formularios que han mostrado ser predictoras en la deserción escolar, como también una forma de medir el rendimiento escolar. Pero las experiencias STEAM que se describen en esta sección ha mostrado que es frecuente no tener acceso a muchas de las variables de los formularios, lo que obliga a realizar un modelo regresional que permita inferirlas a partir de información más fácilmente disponible. A tal fin se realizan encuestas post-mortem sobre las que se trabaja la extracción de nuevas variables, que se regresionarán contra las variables de los formularios (las predictoras perfectas). Ésto permite inferir sus valores y obtener un nuevo conjunto de variables más alcanzables, aunque su poder de predicción no sea óptimo.

III. LA EXPERIENCIA STEAM DE SCA

A. Cómo se definió el Mecanismo de Obtención de Datos

Como se explicó antes, previo a la realización de las experiencias se definió una métrica inicial, basada principalmente en la bibliografía previa. El plan requirió que se definiera para ello una base de datos que se obtendría de las actividades que realizaran los colaboradores. Para ello se desarrolló y proveyó dos formularios: Formulario 1 (Datos de actividad STEAM - cod1A) y Formulario 2 (Datos de actividad STEAM - cod2B), con una serie de preguntas, cuyas respuestas alimentan las variables de estudio iniciales, resultado de la investigación previa sobre la deserción escolar y evaluación de experiencias pedagógicas afines. El Formulario web "Datos de actividad STEAM - cod1A", identifica las instituciones colaboradoras que se encargan de ingresar los datos de los alumnos que participan en las actividades. El formulario "Datos de actividad STEAM - cod2B" está dividido en siete secciones que indagan sobre las líneas de impacto enmarcadas en las diferentes actividades STEAM. En la Tabla I, resaltamos las variables determinantes que son medibles para el estudio.

TABLA I
DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES FORMULARIO MODELO DE PREDICCIÓN EDUCACIÓN STEAM

ID	Sección	Descripción de la sección
A	Datos de la actividad STEAM	Información importante sobre las instituciones participantes en la actividad STEAM y colaboradores, esto permite tener una base de datos completa.
B	Datos del Estudiante	Nivel educativo, institución en la que se encuentra matriculado, grado actual que cursa el estudiante, barrio, en los resultados finales se ocultan para proteger la identidad del estudiante.
	Información madre, padre, tutor	información como nivel de escolaridad, si convive con los padres o el tutor, ocupación, religión que profesan padres o tutor.
	Información Adicional	Se hizo necesario realizar algunas preguntas sobre si el estudiante presentaba conflictos o presenta conflictos con los compañeros de clase, maestros de la institución, si el estudiante es padre o madre o si ha cursado en la misma institución todo su periodo escolar
	Actividades	Detalles de las actividades STEAM

ID	Sección	Descripción de la sección
	STEAM	que se realizan.
	Descripción actividad STEAM	Se determinan las características básicas de cada actividad STEAM específica
	Agradecimientos	Se agradece a cada una de las instituciones colaboradoras

A. Criterio de Modelado de las Variables

Con el fin de desarrollar un modelo adaptativo, paramétrico e inteligente, que permitiera medir los alcances y el impacto de la experiencia en la educación STEAM fue necesario encontrar y trabajar dentro de un marco conceptual TIC y desarrollar la experiencia pedagógica acorde. Esta sección describe dicho marco y elementos base de la propuesta explícitamente desarrollados.

La educación está sujeta simultáneamente a las tendencias que rigen las nuevas líneas de formación con ambientes más investigativos, entre ellos la problemática de alumnos desiertos. Las alianzas estratégicas han determinado la necesidad de contar con estudios previos de los perfiles necesarios para el clúster TIC y un estado del arte en cuanto a las nuevas tendencias de enseñanza-aprendizaje como el desarrollo del pensamiento computacional, Vásquez Giraldo (2014), Alsina, Acosta y Inchaustegui (2018), espacios de aprendizaje con información valiosa sobre el aprendizaje de los estudiantes, particularmente en el STEM, Jin, Chong y Cho (2012). En ese proceso es necesario identificar cada una de las actividades que se desarrollan en las instituciones colaboradoras, disposición de los estudiantes para el desarrollo de las actividades, la mejora de la educación científica de los estudiantes y análisis en la educación STEAM ya que, es la forma en la que aprendemos y nos desarrollamos desde que nacemos. Pero más tarde, en la escuela, recibimos capacitación para que las personas estén completamente desconectadas, por eso, el formulario está creado con actividades referentes de la educación STEAM que permite desarrollar habilidades dirigidas del cerebro izquierdo, pero también ha ayudado a mejorar las habilidades de aprendizaje y comunicación, Poindexter, Reinhart, Swan y McNeil (2016).

El objetivo de los formularios de la SCA es protocolizar la actividad de estudiantes participantes y poder así identificar cada uno de los contextos y los sesgos necesarios para la división dando como resultado unas métricas precisas sobre la educación STEAM. Las experiencias a través de las actividades desarrolladas son rigurosamente documentadas, con el apoyo de los grupos colaboradores, permitiendo medir luego de manera objetiva la eficacia y eficiencia de la unidad educativa STEAM. Otro punto importante es la diversidad de naturaleza de las instituciones y del tipo de contenido a transmitir, que pretende producir una interesante variación del sesgo de la información inicial. La intensa actividad realizada con los participantes y sus perspectivas previo a cada actividad, permiten ajustar detalles según el nivel educativo abarcado (desde inicial a posgrado) y el contexto social.

Según Gong (2016), la creatividad se construye socialmente y la razón principal para que los estudiantes se interesen en la robótica es la fascinación por la ilusión de la vida, junto con la variación de las actividades per sé que van

de lo meramente técnico (talleres de programación en robots), permitiendo así desarrollar actividades robóticas hasta lo artístico como la realización de una oreja a escala con materiales descartables.

Finalmente, también es interesante observar que se ha dado amplitud regional a las experiencias, dentro del territorio de Argentina. Ésto nos ha permitido cubrir realidades diversas en lo socio-económico y cultural y ver las diversas características de los resultados.

B. Formación del Laboratorio Lincievís de la SCA

La SCA (Sociedad Científica Argentina) para el desarrollo las actividades STEAM, ha organizado el Laboratorio LINCIEVIS, y a partir del mismo se gestionó la colaboración de varias instituciones de Argentina, que se han sumado a la iniciativa de la utilización de los formularios, que les permita generar métricas y estadísticas, documentar el desarrollo de sus actividades STEAM en los diferentes contextos sociales involucrados. Es importante destacar la diversidad no sólo geográfica, sino también de perfil en las instituciones colaboradoras para la creación del modelo y sus métricas: Universidad Católica de Santiago del Estero DASS (UCSE DASS) en San Salvador de Jujuy, Escuela Manuel Dorrego (EMD) en la Provincia de Buenos Aires, Sociedad Científica Argentina (SCA) en Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos sede Concepción del Uruguay (UADER FCyT -CdelU) en provincia de Entre Ríos, Profesorado de Biología (UADER FCyT -CdelU), IEEE Games Technical Committee (IEEE GTC), Computational Intelligence & Information Systems Labs (CI2S Labs), Proyecto Escuela Gamificada Inmersiva (PEGI – LR) en provincia de La Rioja. Adicionalmente el laboratorio cuenta con la colaboración de tesis pasantes del CAETI, Centro de Altos estudios en Tecnología Informática, perteneciente a la UAI (Universidad Abierta Interamericana). Todos ellos aportando de manera totalmente vocacional al proyecto en pos de mejorar las experiencias a nivel global.

C. Con qué Dinámica Trabajaron los Equipos

Delors, Amagi, Carneiro, Chung, Geremek, Gorham, y Stavenhagen (1997) describen desde el punto de vista pedagógico cómo la UNESCO ha establecido como pilares: aprender a conocer, a ser, a hacer y a vivir juntos. Esta visión viene motivada de una evolución de los últimos años tales como la de P21 de Bishop (2002), donde el propio concepto de las TIC comienza a tener injerencia interesante. Castells (2005) a su vez continúa el lineamiento sobre los principios establecidos del aprendizaje Vosniadou (2002). Pero como eje transversal a las características, existe una plétora de alternativas tecnológicas con objetivos bastante variables que pueden abarcar desde Dibujar hasta el desarrollo de destrezas sociales, algunos son descritos por Londoño (2017). Por otro lado, los hallazgos recientes indican que la introducción de tecnologías novedosas y multidisciplinario puede ampliar la participación, en particular de las mujeres. Este enfoque impulsado por STEAM (STEM and Arts) también mejora los resultados de aprendizaje y, por lo tanto, tiene ramificaciones que van más allá del tema del género en la informática según Peppler (2013) y Zawieska y Duffy (2015) agregan que

favorece la autonomía y sentido de responsabilidad. Es así como en PEGI-LR, iniciativa del profesor Nahuel Morales comprende la aplicación de narrativas digitales como recursos educativos: libro-juegos, halo dioramas, realidad aumentada, con el propósito de estudiar el impacto sobre las prácticas de enseñanza-aprendizaje. Desde otro punto de vista la SCA, Sociedad Científica Argentina (primera sociedad científica de Argentina, fundada en 1872), a través de su Instituto de Comunicaciones Digitales, se encuentra impulsando la metodología STEAM como poderoso instrumento de Enseñanza/Aprendizaje de las habilidades y competencias del siglo XXI, enfatizando actividades experimentales en grupo por parte de los alumnos, con docentes de distintas disciplinas colaborando en el diseño y realización de las mismas, utilizando de forma apropiada los recursos digitales que brinda la Tecnología.

La educación STEAM permite a los estudiantes mejorar en las autoevaluaciones, según Xueyun y Zihui (2010), actúa como un faro para que los facilitadores guíen el aprendizaje de los estudiantes, y es por eso que a través de estos temas reconocemos que lo más importante es capacitar a los estudiantes para que exploren el conocimiento, amen la industria del software. Conforme a Helms, Moore, Edwards y Freeman (2016), su estado de ánimo y carácter no solo se basan en conocimientos teóricos o habilidades prácticas que se enseñan en las aulas, pero también actividades de inactividad escolar. Wang, Cheng y Chen (2018) sostienen que entre con este tipo de actividades, los estudiantes además aprenden sobre la responsabilidad, superar las dificultades, tener una visión positiva de la vida, el aprendizaje, trabajar activamente con un espíritu de equipo, que son indispensables para el software. SCA sigue esta tesitura, donde las actividades STEAM por ejemplo son parte del Profesorado en Biología en la UADER FCyT CdelU. La misma se basa en el enfoque MAKER-STEAM, se implementa inicialmente en la cátedra Anatomía y Fisiología Humana correspondiente al 2° año del Plan de Estudio del Profesorado en Biología, con el objetivo de socializar nuevas formas de enseñar la ciencia escolar que trasciendan la habitual transmisión de conocimientos científicos, permitiendo potenciar y mejorar la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las Ciencias Naturales, procurando que como futuros docentes incorporen esta perspectiva en los currículos.

Posteriormente, se postuló el PEx “Aprender Haciendo desde el enfoque MAKER-STEAM: la promoción de la creatividad y modelización en Ciencias Naturales como práctica para la ciudadanía responsable”, en la Convocatoria de Proyectos de Extensión Universitaria de la Universidad Autónoma de Entre Ríos, Convocatoria 2017, Ordenanzas N° 028-10, “CS” N°030 y “CS” N° 089, siendo seleccionado para su ejecución por Consejo Superior de la Universidad Autónoma de Entre Ríos por Resolución “CS” N° 003-18, comenzando las actividades en Mayo 2019. Este proyecto tiene como protagonistas a estudiantes y docentes de seis instituciones educativas de nivel secundario de la región, proponiéndose el enfoque STEAM como nueva estrategia para la alfabetización científica, entendiéndola como una combinación de habilidades cognitivas, lingüísticas, conceptos, valores, actitudes, modelos e ideas acerca de los fenómenos naturales y las formas de

investigarlos. Simultáneamente, los estudiantes del Profesorado en Biología aprenderán y enseñarán a partir de la educación experimental mediante prácticas de extensión.

En la Figura 1 se observa otra experiencia STEAM pero con niños de 6 a 10 años. Se observa la fase de explicación de consignas en la experiencia STEAM denominada “Introducción a la Programación”, realizada por UCSE – DASS en San Salvador de Jujuy. Allí se muestra al coordinador Mauro Bejarano explicando a los niños por qué están realizando la actividad en esta modalidad alternativa.

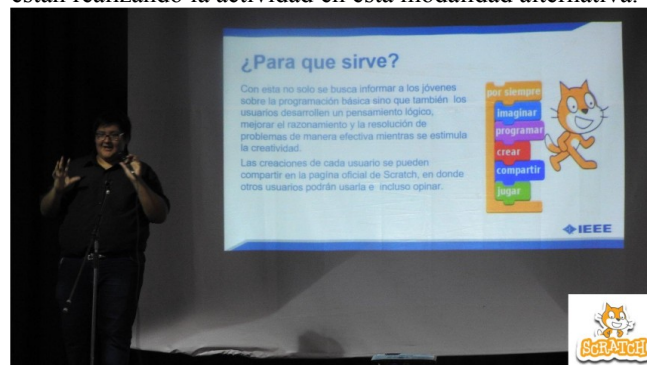


Fig. 1. Actividad “Introducción a la Programación”

Las actividades no se han limitado a experiencias directas, sino que también se ha participado difundiendo el enfoque STEAM en “XIV Jornadas de Material Didáctico y Experiencias Innovadoras en Educación Superior”, en el III Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias Básicas, UTN Facultad Regional Concordia, 22/24 de agosto de 2018, X Congreso Iberoamericano de Educación Científica, CIEDUC 2019, Palacio Municipal de Intendencia Montevideo (Uruguay), STEAM NEXUM I (SCA, Buenos Aires), Anales de la Sociedad Científica Argentina, etc.

D. Ejes centrales de las actividades STEAM

Luego de los dos primeros años de experiencias desde LINCIEVIS se realizó un estudio que permitiera perfilar estadísticamente cuáles con las preferencias de las entidades receptoras sobre las características de las actividades STEAM. En la Tabla II, se observa el detalle de qué contenidos se desarrollaron en las diferentes áreas STEAM.

TABLA II
DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES FORMULARIO MODELO DE PREDICCIÓN
EDUCACIÓN STEAM

Actividad STEAM	Competencias STEAM
Ciencia / Matemáticas	Células Teoría Endosimbiótica Ecorregiones
Tecnología	Herramientas de trabajo en computadoras Herramientas de trabajo en computadoras, diseño de logos, carteles
Ingeniería	Sincronización leds, robótica, Arduino
Arte	Estructura narrativa, Pensamiento computacional, Lenguaje multimedia.

La Figura 2 muestra la distribución en cantidad de alumnos que han realizado cada una de las experiencias, clasificados por las competencias declaradas en la Tabla I.

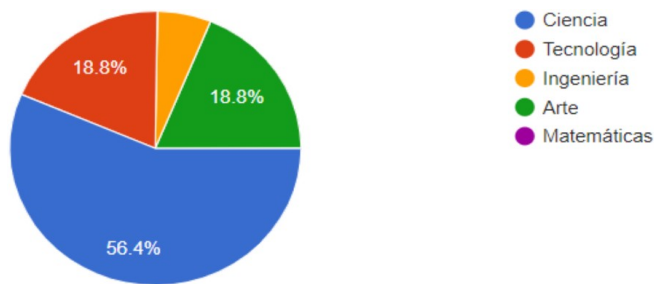


Fig. 2. Distribución de alumnos por competencias

En cuanto a duración, las tareas enmarcadas en las actividades STEAM se realizaron durante el tiempo disponible de los alumnos, que generalmente es de dos horas, pero hubo algunas que alcanzaron hasta las cuatro horas. La dinámica de trabajo grupal también tuvo poca variación. Se han llegado a realizar actividades STEAM con cuatro grupos de treinta alumnos por institución, con un total de seis horas por colegio. Dependiendo la cantidad de computadoras con las que se contaba se procuraba formar grupos de no más de tres alumnos para maximizar la participación individual.

Los recursos tecnológicos fueron considerados valiosos para acompañar la enseñanza de las diferentes materias y etapas educativas, lo que pretende la revolución tanto en la investigación, la docencia y la educación. Sin embargo, también se ha cubierto el espectro con actividades más artísticas y manuales, y experiencias con elementos sencillos a fin de demostrar los conceptos más vívidamente y que la ciencia y la ingeniería persiste por encima de la tecnología.

E. Planeando el Desarrollo de Actividades

La SCA ha definido un plan de trabajo a corto, mediano y largo plazo para poder generar una propuesta con resultados tangibles y en tiempos abarcables. En la Figura 3 se observan los tres pilares principales sobre los que se está trabajando en este momento.



Fig. 3. Plan general de la SCA

F. Estado de Avance del Plan

En esta sección se describe el estado de avance conforme al plan establecido en la Figura 3. En términos generales se puede decir que se han concluido todas las etapas exitosamente. A continuación se describe el estado en cada una de las tres etapas descritas:

- **Etapas 1:** Esta etapa ha concluido exitosamente. Del equipo original se han establecido algunos miembros como responsables de ciertos equipos de trabajo específicos dentro del esquema de actividades

STEAM. A medida que surgieron necesidades puntuales. El estado de la materia y los contactos desarrollados en esta etapa fueron simiente de los actuales resultados.

- **Etapas 2:** Esta etapa, ha concluido exitosamente. Los equipos se han consolidado y realizan sus actividades y planes con organización y reuniones periódicas en el laboratorio LICIEVIS. Se encuentra concluido el plan de la iniciativa Start-up, se prevé realizar en el Museo Histórico Sarmiento (MHS) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires un Centro STEAM con actividades inmersivas y virtuales. La SCA liderará la iniciativa y ambas instituciones trabajarán en coordinación.
- **Etapas 3:** Las actividades de outreach están encaminadas y a cargo de la Dra. Daniela López De Luise, co-autora de este trabajo. Actualmente con cinco entidades en participación plena, y en permanente expansión. El proceso de evaluación de resultados ha comenzado y los resultados se están publicando desde inicios de 2019, en el congreso COINCOM 2019. El desarrollo de métricas e indicadores son parte del proceso de esta etapa y, a la vez, un proyecto de investigación de los participantes que continúa en la actualidad buscando perfeccionar el modelo original. Parte del modelo y resultados se presentan en la sección III.

G. Creando Contacto con las Instituciones

El total de estudiantes que realizaron las diferentes actividades fueron divididos en grupos y actividades. Cada grupo trabajó en una o más jornadas con el criterio de limitación de tiempos para no saturar a los alumnos. Se consideró una dinámica de grupos, temáticas y desempeños conforme a las diferentes competencias STEAM y la ubicación geográfica de los estudiantes. Si bien cada actividad STEAM tiene sus peculiaridades, en todos los casos se procede a la presentación del grupo de trabajo ante las autoridades correspondientes de las instituciones, junto a los avales universitarios, científicos y tecnológicos correspondientes, obtenidos con previas acciones en el departamento académico receptor de la actividad. Normalmente la respuesta es una solicitud de explicación sobre los temas que aborda STEAM y los tipos de actividades en las que se destaca el grupo.

Tomemos por caso la actividad UCSE – DASS en San Salvador de Jujuy. Allí se presentó la actividad en relación a las competencias relacionadas con la programación. Cuando los coordinadores, miembro de la rama estudiantil del IEEE en UCSE, coordinaron con los académicos, procuraron que las autoridades se interioricen en el objetivo de todo lo propuesto por la unidad. En este caso la dinámica se basa en la presentación de ejercicios con los cuales el alumnado debía trabajar de manera sistemática en tiempos y formas pre-definidas. La modalidad permitiría que los estudiantes adquirieran metodologías y conceptos básicos, y así pudieran adentrarse en el ámbito de la Ciencia, la Tecnología y la Ingeniería. La Figura 4 muestra el grupo de estudiantes luego de la realización.



Fig. 4. Alumnos del Colegio Santa Teresita en STEAM

H. Grupos Etarios que Participaron

Los estudiantes que realizaron las actividades son en total 101, de las diferentes instituciones colaboradoras, divididos en 44.6% estudiantes de grados que corresponden a nivel educativo Primario, 52.5% que corresponden a el nivel educativo Secundario y por último tenemos a los estudiantes de universidad que participaron en las actividades STEAM con un total 2.9%. La Figura 5 muestra la distribución como gráfico de tortas.

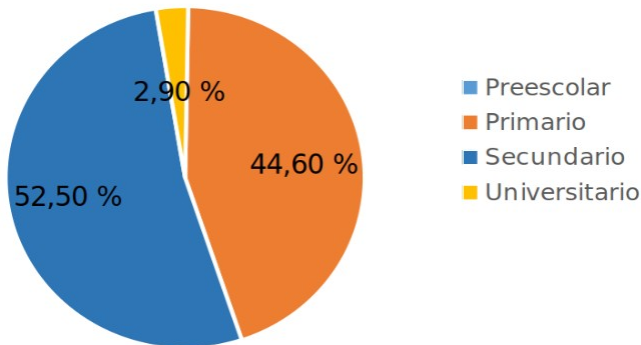


Fig. 5. Distribución etaria actividades STEAM

Dada las características con que se encara en la SCA la temática, se ha desarrollado una herramienta (WEB FORM y módulos de aprendizaje automático) que debe aplicarse de manera precisa y sistemática. Esta sección describe cómo se inserta el proceso automático de generación de métricas e indicadores en el ciclo de vida del proceso STEAM, tal como se estudia en el laboratorio LINCIEVIS de la SCA. Como se aprecia en la Figura 6, el ciclo de vida del proceso STEAM inicia en la actividad STEAM. Luego se plasman las informaciones requeridas en el formulario WEB. La carga está prevista por cada alumno, pero en la práctica fueron los coordinadores quienes completaron los datos en la mayoría de los caso. Los formularios permiten sistematizar una serie de datos descriptivos pero preservando identidad de cada sujeto de estudio. Estos alimentan al modelo basado en aprendizaje automático y un módulo de estadísticas que informa las estadísticas puntuales de la experiencia actual y las comparativas con otras experiencias.

Del modelo surgen valores métricos predefinidos, que se evalúan en base al conjunto de indicadores definidos por los especialistas y así generar una evaluación de carácter genérico, pero suficientemente objetivo como para comparar eventos similares de distintos contextos de manera concreta.

De las estadísticas y resultados de modelo, se obtiene un segundo orden de información que se usa para validar las bondades del proceso y en base a ello determinar si debe ajustarse alguna de sus partes.

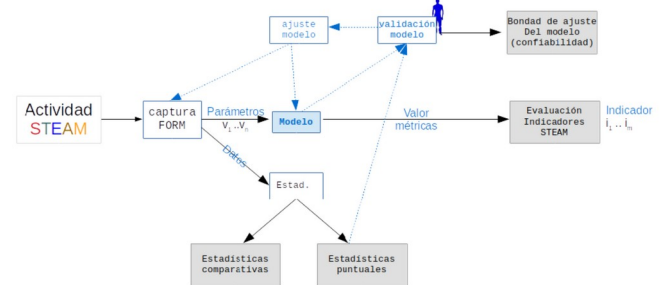


Fig. 6. Ciclo de vida del STEAM en SCA

IV. MODELADO DE LOS DATOS

A. El Modelo y las Estadísticas de Casos

En esta sección se presentan algunas estadísticas puntuales de la última actividad STEAM del 2019 desarrollada en la EMD (Escuela Manuel Dorrego de Vicente López, Pcia. De Buenos Aires), y su relación con el modelo.

B. Conformación de la Experiencia

La dinámica de grupos resultó ser esencial a la hora de evaluar resultados. Esto no estaba del todo claro al inicio de las experiencias por lo que se optó por validar su incidencia. Para eso se armaron los grupos con diferentes criterios. En un caso se juntaron en un mismo grupo los alumnos más conflictivos y en el otro se repartieron. El resultado se observa en la capacidad de lograr derivar la premisa propuesta en las experiencias.

TABLA III
GRUPOS ESTABLECIDOS

curso	grupo	epX-pal	epX-char	epX-exito	epX-pal	epX-char	epX-exito	epX-pal	epX-char	epX-exito	epX-pal	epX-char	epX-exito	cantidad	ext-cant	cantNO
5B	1	28	142 SI	38	195 SI	10	61 SI	27	161 SI	28	152 SI	4	5	0		
5D	2	43	223 SI	62	303 SI	24	140 SI	47	270 SI	12	69 SI	3	5	0		
5B	3	31	167 SI	30	149 SI	27	163 NO	35	202 SI	35	188 SI	7	4	1		
5D	4	18	112 NO	27	143 NO	3	18 NO	30	107 SI	21	106 SI	0	7	3		
5B	5	42	247 SI	49	260 SI	29	163 SI	19	93 SI	40	215 SI	2	5	0		
5B	1	42	257 SI	6	26 SI	12	48 NO	41	199 SI	24	114 SI	3	4	1		
5B	2	39	215 SI	49	260 SI	40	215 NO	51	227 SI	31	154 SI	3	4	1		
5B	3	31	181 SI	27	149 SI	56	214 SI	67	367 SI	30	265 SI	0	5	0		
5B	4	42	228 SI	62	438 SI	39	242 NO	41	203 NO	40	228 SI	5	3	2		
5B	5	39	208 SI	42	218 SI	14	86 NO	20	112 NO	25	150 NO	3	2	3		

La tabla muestra la experiencia realizada en el turno mañana (5B) y tarde (5D), donde cada uno trabajó con 5 grupos. Cada grupo rotó en las mismas 5 experiencias usando un protocolo de realización, informe y actividad. Las columnas epX-char y epX-exito, describen la cantidad de caracteres empleados por los alumnos de 5to grado para explicar su experimento número X, y si han tenido o no éxito en la realización y obtención del concepto detrás del experimento. Se observa que el grupo 4 de 5D y el 5 de 5B son los grupos con menor cantidad de éxito (cantNO máximos). Ambos grupos contenían a los alumnos más disociativos y menos participativos. Pero el grupo de 5D no logra diseñar experiencias adicionales con los materiales (columna cantidadExt = 0) mientras que el grupo de 5B desarrolla 3 experimentos adicionales. En el primer caso los alumnos con dificultades no estaban mezclados con otros alumnos, mientras que en el segundo caso sí lo estaban. Esto muestra la fragilidad del método a la dinámica de grupos, que sesga de manera inexorable los resultados. Como se verá en las otras estadísticas, el impacto fue bastante más visible en la manera que se redactaron los informes grupales.

C. Estudio e Importancia de los Informes

En esta sección se analizan los informes de los alumnos de manera sistemática, para poder mostrar que son una preciosa fuente de validación de los resultados obtenidos de la experiencia. Los docentes completaron las mismas encuestas que los alumnos. Esto nos permitió evaluar los mismos aspectos desde el punto de vista tradicional.

La encuesta tenía 5 preguntas:

P1. ¿Te gustaron las experiencias realizadas? (SI, NO, Masomenos = Mm)

P2. ¿Cuál de las 5 experiencias te resultó más interesantes? (marcar con x en la columna correspondiente).

P3. ¿Te gustó trabajar en grupo? (SI, NO, Masomenos = Mm)

P4. ¿Comprendiste los fenómenos relacionados con el sonido? (SI, NO, Masomenos = Mm)

P5. ¿Te gustaría realizar más experimentos? (SI NO Masomenos = Mm).

La Tabla IV muestra los números obtenidos de las encuestas entre los docentes.

TABLA IV
ENCUESTAS DE LOS DOCENTES

CURSO	docente	P1	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P3	P4	P5
5D	g1	SI						SI	SI	Mm
5D	g3	SI	X		X	X		SI	SI	SI
5B	g3	SI			X			SI	SI	SI
5B		SI				X		SI	SI	SI
5B		SI				X		SI	SI	SI
5B		SI				X		SI	SI	SI
5B		SI				X		SI	SI	SI
5B		SI				X		SI	SI	SI
			6	1	0	4	5	1	6	5

En las columnas se aprecia el curso (5D 5B), la respuesta de cada pregunta tabulada como P1 a P5. En las respuestas se puede ver que los docentes hallaron más interesantes los experimentos 3 y 4 (P2-3, P2-4 con máxima frecuencia), lo que no coincide completamente con la visión de los alumnos reflejada en la Tabla V. Esto indica que es importante considerar ambas fuentes para evaluar el grado de éxito y repetitividad.

TABLA V
ENCUESTAS DE ALUMNO

CURSO	grupo	P1	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P3	P4	P5
2 5B	1 Mm							Mm	SI	SI
3 5B	1 NO			X	X	X	X	NO	NO	NO
4 5B	1 Mm		X					NO	SI	SI
5 5B	1 SI		X					NO	SI	SI
6 5B	1 SI							Mm	SI	SI
7 5B	2 SI					X		SI	SI	SI
8 5B	2 SI					X		Mm	SI	SI
9 5B	2 SI		X	X	X	X	X	SI	SI	SI
10 5B	2 SI		X	X	X	X	X	Mm	SI	SI
11 5B	2 SI					X		SI	SI	SI
12 5B	3 SI		X					SI	SI	SI
13 5B	3 SI							SI	SI	SI
14 5B	3 SI			X	X			SI	SI	SI
15 5B	3 SI		X					SI	SI	SI
16 5B	4 SI		X	X	X	X	X	SI	Mm	SI
17 5B	4 Mm						X	NO	SI	SI
18 5B	4 SI		X	X	X	X	X	SI	SI	SI
19 5B	4 SI		X	X	X	X	X	SI	Mm	SI
20 5B	4 SI				X			SI	SI	SI
21 5B	5 SI				X			SI	NO	SI
22 5B	5 SI			X		X		SI	Mm	SI
23 5B	5 SI					X		SI	Mm	SI
24 5B	5 SI					X	X	SI	SI	SI
25 5B	1 SI		X			X		SI	SI	SI
26 5B	1 SI							SI	SI	Mm
27 5B	1 SI			X				SI	SI	SI
28 5B	1									
29 5B	1									
30 5B	2 SI					X		SI	SI	SI
31 5B	2									
32 5B	2									
33 5B	2									
34 5B	2									
35 5B	2									
36 5B	3 SI				X	X		Mm	SI	NO
37 5B	3 SI				X	X		SI	SI	SI
38 5B	3 SI			X				SI	SI	SI
39 5B	3 Mm							Mm	SI	NO
40 5B	3 SI			X				SI	SI	SI
41 5B	4 SI						X	SI	SI	SI
42 5B	4 SI		X					SI	SI	SI
43 5B	4									
44 5B	4									
45 5B	4									
46 5B	5 SI		X	X	X	X	X	SI	Mm	SI
47 5B	5 Mm				X			SI	SI	SI
48 5B	5 Mm				X			SI	SI	SI
49			30	14	12	12	16	10	27	33

Obsérvese que mientras los docentes coincidieron en 100% de P1 = SI, sólo el 78,95% de los alumnos opinó igual, siendo la respuesta alternativa Más o menos (Mm). Esto indica que la experiencia, aunque exitosa, debe ajustarse aún más para poder abarcar el restante 21,05%. Es interesante observar que la mayoría de los que respondieron Mm pertenecen a los grupos 1 (5B) y 5 (5D). La concentración de respuestas permite inferir que ambos grupos tuvieron problemas de coordinación que no les haya

permitido disfrutar la experiencia. Respecto al trabajo en grupo, es interesante observar el 71% de los alumnos disfrutó el compartir la experiencia, pero el 30% restante no. Esto podría ser un síntoma de que la dinámica de grupo implementada no logró compensar las tendencias disociativas de los individuos más conflictivos. Otro aspecto interesante es observar que el 86,84 % de los alumnos desea repetir la experiencia, lo que consiste en una amplia mayoría.

V. ESTUDIO DE RESULTADOS Y MODELO

De los datos obtenidos con las estadísticas es posible organizar la información que subyace para relacionarlo con el eventual modelo de evaluación STEAM que la SCA está desarrollando. Para ello se procesaron los resultados con WEKA © software que tiene la cualidad de ser libre y abierto, lo que permite al grupo establecerlo como base para la generación de una herramienta automática. Esto es así dado que la misma debe ser accesible gratuitamente por cualquier entidad que desee adquirirla, y a la vez permite que se le extiendan sus librerías de manera bastante sencilla. Como estudio de relevancia de los datos, se procesan los datos con la opción de selección automática de variables con CfsSubsetEval (Evalúa el peso de un subconjunto de atributos conforme su habilidad individual predictiva y el grado de redundancia que aporta sobre el resto de los atributos). El sesgo del evaluador se basa en BestFirst. El modelo resultante determina cuáles son las mejores variables predictoras de la evaluación de los alumnos en P5, si realizaría más experiencias. El total de alumnos que respondieron son 47, por lo que se alimentó al WEKA con 47 instancias, y de la encuesta surgen 11 variables: curso, grupo, P1, P2-1, P2-2, P2-3, P2-4, P2-5, P3, P4, P5.

El heurístico determinó que sólo son predictivas las variables CURSO, P1 y P3. Esto es, el comportamiento de ambos cursos es distinto, pero además conforme la primera y tercera pregunta (si les gustó la experiencia y si les gustó trabajar en grupo). Es lógico que entonces se concluya que la disponibilidad a nuevas experiencias STEAM depende de ambos factores: satisfacción de la actual experiencia y disponibilidad para trabajar en grupo. Esto puede deberse a que el trabajo se planteó para ser realizado de manera mancomunada entre 5 alumnos.

Cuando se repite CfsSubsetEval con el objetivo de predecir P4 (si comprendieron las experiencias), las variables resultan: CURSO y P1, por lo que podría decirse que el grado de satisfacción va íntimamente relacionada con la capacidad de alcanzar a comprender las experiencias. El modelo predictivo STEAM, en consecuencia, debe comprender CURSO, P1, P3 para inferir P5, y CURSO, P1 para inferir P4.

En conclusión se pueden derivar las siguientes dos reglas para el modelo:

CURSO & P1 & P3 → P5, establece que el deseo de realizar más experimentos de manera SIMILAR depende de la satisfacción de la actual experiencia y disponibilidad para trabajar en grupo. Esto puede deberse a que el trabajo se planteó para ser realizado de manera mancomunada entre 5 alumnos.

CURSO & P1 → P4, el grado de satisfacción va íntimamente relacionada con la capacidad de alcanzar a

comprender las experiencias. En la actualidad el modelo STEAM comprende las variables de los Formularios Web que capturan si la experiencia es la primera, si se hace en grupo, y con alguna tecnología, pero no estudia tan profundamente la dinámica del grupo conformado.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

En este trabajo se han presentado experiencias STEAM realizadas por la SCA en colaboración de otras entidades, el plan de acción y el estado actual de la actividad desde el LINCIEVIS. Asimismo se ha descrito parte de la modalidad para la generación de una base de datos mínima con información sobre los alumnos, las estadísticas preliminares de la última actividad y su relación con la generación del modelo de métricas STEAM en desarrollo. Las actividades desarrolladas por los diferentes grupos colaboradores ha permitido crear pautas para calificar el desempeño y nivel académico de los alumnos con el fin de obtener información eficaz de las actividades STEAM.

De los resultados observados en la sección III, se ve que es posible generar un conjunto de reglas que funcionan básicamente para detección grosera de las particularidades del comportamiento de los alumnos. En concreto se han presentado aquí dos reglas: una para predeterminar si el alumno tendrá voluntad de realizar más experiencias similares, y la segunda para determinar si se han comprendido los conceptos subyacentes. En la actualidad el modelo STEAM comprende las variables de los Formularios Web que capturan si la experiencia es la primera, si se hace en grupo, y con alguna tecnología, pero debe extenderse y relacionarse con estudios más profundos de la dinámica del grupo conformado, ya que como se ha mostrado en las estadísticas, la fragilidad del método se basa en la dinámica de grupos, que sesga de manera inexorable los resultados. Los datos mostrados hacen evidente que los grupos con problemas de coordinación no disfrutaban la experiencia. El impacto fue bastante más visible en la manera que se redactaron los informes grupales. Al respeto, tal como lo han mostrado las estadísticas, es importante considerar ambas fuentes para evaluar el grado de éxito y repetitividad: docentes y alumnos ya que pueden no coincidir. A pesar de lo anterior, es interesante observar que el impacto no alcanzó al resto de los alumnos, ya que el 86,84 % de los alumnos desea repetir la experiencia, lo que consiste en una amplia mayoría. Finalmente deben considerarse los informes de los alumnos de manera sistemática, para poder mostrar que son una preciosa fuente de validación de los resultados obtenidos de la experiencia.

Queda para futuros trabajos, la sistemática inclusión de hallazgos conforme otras características específicas STEAM a fin de poder emplearla de manera general y cada vez más precisa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen y reconocen la contribución que han brindado para el desarrollo de esta investigación y que ha servido para desplegar con éxito y poder seguir trabajando en el modelo. Al Colegio Cooperativo de Apartado C.A.R.B. que contribuyó con los datos para el modelo inicial, Instituto de Comunicaciones Digitales de la SCA (Sociedad Científica Argentina) y el laboratorio

LINCIEVIS, Universidad Católica de Santiago del Estero DASS (UCSE DASS) en San Salvador de Jujuy, Escuela Manuel Dorrego (EMD) en la Pcia. Bs As, Sociedad Científica Argentina (SCA) en Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos sede Concepción del Uruguay (UADER FCyT -CdeU) en provincia de Entre Ríos, Profesorado de Biología (UADER FCyT -CdeU), IEEE Games Technical Committee (IEEE GTC), Computational Intelligence & Information Systems Labs (CI2S Labs), Proyecto Escuela Gamificada Inmersiva (PEGI – LR) en provincia de La Rioja.

REFERENCIAS

- [1] López De Luise, D., & Ruiz, E. (2018). Modelo de predicción de deserción de alumnos, 13avo Congreso Colombiano de Computación (13CCC).
- [2] Magloire, K., & Aly, N. (2013, March). SciTech kids electronic arts: Using STEAM to engage children all ages and gender. In 2013 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC) (pp. 1-4). IEEE.
- [3] Moreira-Mora, T. E. (2007). Perfil sociodemográfico y académico de estudiantes en deserción del sistema educativo. *Actualidades en psicología*, 21(108), 145-165.
- [4] Christenson, J. (2011). Ramaley coined STEM term now used nationwide. *Winona Daily News*.
- [5] Chung, C. C. J. (2014, March). Integrated STEAM education through global robotics art festival (GRAF). In 2014 IEEE Integrated STEM Education Conference (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Delors, J., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., & Stavenhagen, R. (1997). La educación encierra un tesoro: informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo Veintiuno.
- [7] Jordan, S., Dalrymple, O., & Pereira, N. (2013, October). Inspiring inventive genius in middle and high school students with chain-reaction STEAM Machines™. In 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 11-11). IEEE.
- [8] Vázquez Giraldo, A. L. (2014). Hacia un perfil docente para el desarrollo del pensamiento Computacional basado en educación STEM para la media técnica en Desarrollo de Software (Master's thesis, Universidad EAFIT).
- [9] Alsina, A., & Acosta Inchaustegui, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. © Unión: revista iberoamericana de educación matemática, 2018, núm. 52, p. 218-235.
- [10] Jin, Y. G., Chong, L. M., & Cho, H. K. (2012, November). Designing a robotics-enhanced learning content for STEAM education. In 2012 9th international conference on ubiquitous robots and ambient intelligence (URAI) (pp. 433-436). IEEE.
- [11] Poindexter, C., Reinhart, D., Swan, B., & McNeil, V. (2016, October). The University of Central Florida STEAM program: Where engineering education and Art Meet. In 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1-7). IEEE.
- [12] Gong, X. (2016, July). How to "STEAM" children at home? Let children "STEAM" themselves. In 2016 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI) (pp. 129-132). IEEE.
- [13] Bishop, J. (2002). Partnership for 21st Century Skills (P21).
- [14] Castells, M. (2005, January). Información, libertad y poder en la era de la información. In Conferencia en el Foro Social.
- [15] Vosniadou, S. (2002). Cómo aprenden los niños. Cooperativa Editorial Magisterio. Londoño, C. (2017). 7 herramientas digitales para que niños y adolescentes exploren su creatividad.
- [16] Peppler, K. (2013). STEAM-powered computing education: Using e-textiles to integrate the arts and STEM. *Computer*, 1.
- [17] Xueyun, J., & Zihui, C. (2010, September). A new way to software engineering education. In 2010 International Conference on Educational and Information Technology (Vol. 2, pp. V2-1). IEEE.
- [18] Zawieska, K., & Duffy, B. R. (2015). The social construction of creativity in educational robotics. In *Progress in Automation, Robotics and Measuring Techniques* (pp. 329-338). Springer, Cham.
- [19] Watters, J. J., & Diezmann, C. M. (2013). Community partnerships for fostering student interest and engagement in STEM. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(2), 47.