

¿Cómo pueden las redes ayudar a fomentar el desarrollo y la profesionalización de una innovadora educación STEM temprana en un mundo cambiante?

Lundell, J. (1); Borde, B. (2); Filtzinger, B. (2); Hansen, H. (3); Henke, N. (4); Oberthür, J. (4); O'Donnell, C. (5); Pahnke, J. (4); Pasquinelli, E. (6); Sadadou, D. (7); Vogel, A. C. (4)

Traducción: Borde, B. (2) y Sadadou, D. (7)

(1) LUMA Centre Finlandia, Universidad de Jyväskylä, Finlandia (2) Siemens Stiftung, Alemania, (3) International Alumni Center (iac) Berlín, Alemania, (4) Fundación "Kinder Forschen", Alemania, (5) Smithsonian Science Education Center, EE.UU., (6) Fundación La main à la pâte, Francia, (7) Office for Climate Education (OCE), Francia

Extracto: El mundo se está volviendo más complejo y requiere de sus estudiantes, miembros de la comunidad y sociedades en general, conocimientos y alfabetización STEM. Por lo tanto, se necesita una extensa estrategia de agencia por la educación STEM de calidad desde temprana edad. Este artículo describe cómo las redes de impacto (formadas para abordar problemas sociales o ambientales complejos) pueden promover el desarrollo y la profesionalización de la educación STEM temprana. Su objetivo es apoyar a las instituciones dedicadas a este campo para aumentar el impacto de su trabajo con miras a lograr una educación mejor y más accesible en todo el mundo. Después de revisar el impacto previsto de la educación STEM temprana en el contexto actual, el artículo presenta diferentes tipos de redes y luego evalúa los enfoques de red de organizaciones educativas y sus socios de red en varios países. Se reflexiona sobre las diversas funciones y factores de éxito de las redes considerando los casos de seis organizaciones. El artículo argumenta la relevancia de las colaboraciones en red y el potencial de las redes como agentes de cambio, ejemplificando su impacto en la mejora de la educación STEM en un mundo cambiante.

Palabras clave: Educación STEM, red de impacto, co-creación, colaboración, IDoS

Contacto: Badin.Borde@siemens-stiftung.org

Overview

Este artículo presenta los resultados del Diálogo Internacional sobre Educación STEM (IDoS) de 2022 entre los seis miembros conocidos como "IDoS peers". Los IDoS peers son organizaciones líderes que se enfocan en la educación STEM temprana y participan como desarrolladores en el campo al promover y profesionalizar la educación STEM de alta calidad en sus respectivos países o regiones de impacto. El propósito del artículo es describir cómo las redes de impacto pueden promover el desarrollo y la profesionalización de la educación STEM temprana e innovadora en un mundo cambiante, enfocado en el desarrollo sostenible, la digitalización y los cambios en los entornos laborales. Después de revisar la necesidad de iniciativas de educación STEM en el contexto actual, el artículo presenta diferentes tipos de redes y cómo funcionan (Parte I). Luego, reflexiona sobre las diversas funciones y factores de éxito de las redes en relación con ejemplos de las redes de los IDoS peers en sus respectivos países y analiza estas redes según las oportunidades y desafíos (Parte II). El artículo argumenta sobre la relevancia de las colaboraciones en redes y el potencial de las redes de impacto para surgir como agentes de cambio, ejemplificando su impacto en la mejora de la educación STEM temprana en un mundo cambiante (Parte III). Este artículo refleja el estado actual del pensamiento y la discusión sobre el tema, compartido por expertos internacionales involucrados. Se podrían realizar ajustes futuros a medida que continúe el diálogo con expertos de la ciencia y la práctica.

Table 1. Lista de organizaciones de IDoS peers

Nombre de la organización	Tipo de organización	Año de establecimiento	Sede (país)	Región de mayor impacto/actividad	Tipo de financiamiento principal
Fundación "Kinder Forschen"	Fundación sin fines de lucro	2006	Berlín, Alemania	Alemania	Financiada públicamente y por privados
Siemens Stiftung	Fundación sin fines de lucro	2008	Munich, Alemania	Alemania, América Latina, África	Capital dotacional
Smithsonian Science Education Center	Organización sin fines de lucro (con estatus cuasi-gubernamental en EE.UU)	1985	Washington, DC (EE.UU.)	Global	Donaciones y subsidios (públicos y privados)
Luma Centre Finlandia	Red universitaria	2013	Helsinki, Finlandia	Finlandia	Financiada públicamente

	sin fines de lucro				
Fundación La Main à la Pate	Fundación sin fines de lucro	2011	Paris, Francia	Francia	Financiada públicamente y por privados
Office for Climate Education	Fundación sin fines de lucro	2018	Paris, Francia	Francia, América Latina, Asia Sudoriental, África	Financiada públicamente y por privados

Parte I: Redes para el impacto: por qué y cómo las redes ayudan a promover el cambio en la educación STEM temprana.

En los últimos años, la educación STEM ha ganado importancia en muchos países alrededor del mundo, como lo demuestra el aumento del volumen de publicaciones en este ámbito (Li, Wang, Xiao y Froyd, 2020). Las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, así como la industria que depende de la construcción de una fuerza laboral sólida, están reconociendo cada vez más la necesidad de una educación de calidad en ciencia, tecnología, ingeniería / informática y matemáticas (STEM) desde una edad temprana (Freeman, Marginson y Tyler, 2019; Li et al. 2020). Los autores de este documento comparten esta opinión.

En tiempos de crisis internacionales como, por ejemplo, la crisis climática, la pandemia de COVID-19, la inminente recesión económica y la creciente escasez de trabajadores capacitados, la necesidad de equipar a los estudiantes para enfrentar estos desafíos se vuelve cada vez más apremiante (Gibson, Short y O'Donnell, 2023). Una educación STEM de calidad es la clave para ayudar a los niños desde una edad temprana a adquirir las habilidades necesarias en este entorno cambiante. "La educación STEM para el desarrollo sostenible", un término acuñado por algunos de los autores en un documento anterior, tiene como objetivo fomentar el conocimiento y las competencias para la acción en el mundo, tanto a nivel local como global. En 2019, los autores abogaron por un enfoque integrado de la educación STEM para el desarrollo sostenible ("educación STEM4SD"):

"La Educación STEM para el Desarrollo Sostenible anima a los niños y jóvenes a aprovechar su competencia en STEM y el proceso científico como base clave para una acción razonable en nuestro mundo. El conocimiento, las habilidades y la comprensión de los fenómenos científicos, tecnológicos, de ingeniería y matemáticos son vitales para ayudar a los estudiantes a comprender los

problemas globales y apoyar las acciones en la sociedad que aborden estos desafíos de manera significativa y basada en el conocimiento” (Pahnke, O’Donnell & Bascopé, 2019¹).

Sin embargo, brindar una educación STEM de calidad enfrenta muchos desafíos. Los recursos financieros y la oferta generalizada de programas de desarrollo profesional continuo son limitados. Los actores individuales que operan solos corren el riesgo de carecer del tamaño, los recursos humanos y financieros, la escala y el tiempo necesarios para producir impacto. Para abordar estos desafíos y promover una educación STEM temprana de calidad en el contexto de un mundo cambiante, la colaboración entre organizaciones líderes que se centran en la educación STEM temprana y tienen la capacidad de crear sinergias duraderas entre sus *peers* es clave.

La red de los *peers* de IDoS se formó en 2020 con el objetivo de construir un diálogo global de *peers* de actores educativos líderes en el campo de la educación STEM que promueva aún más una educación STEM temprana de alta calidad y aumente la conciencia global para este sector educativo de alto potencial. Antes de su formación, se llevaron a cabo dos conferencias internacionales de IDoS altamente exitosas en Berlín en 2017 y 2019. Allí, más de 100 expertos de todo el mundo intercambiaron conocimientos e ideas de mejores prácticas y discutieron los desafíos de la educación STEM temprana. La conferencia generó una fuerte demanda por una plataforma de intercambio recurrente. Como resultado, los dos iniciadores de IDoS, la Fundación „Kinder forschen“ (Pequeños Científicos) y la Fundación internacional Siemens Stiftung, decidieron establecer un diálogo de *peers* internacional entre organizaciones líderes (los "IDoS peers") cuyo enfoque principal de trabajo es la educación STEM temprana para el Desarrollo Sostenible, con la flexibilidad de ampliar los temas a otras áreas, como la educación STEM en un mundo digitalizado.

Los ‘IDoS peers’ comparten la convicción de que los desarrollos globales anteriormente descritos y las demandas de una educación de calidad que surgen de

¹ El documento “[STEM4SD Education](#)” se escribió en relación con la conferencia IDoS 2019 y analiza críticamente cómo un enfoque integrado y transdisciplinario en la educación STEM basada en la investigación podría servir para mejorar el desarrollo sostenible y desarrollar capacidades para las generaciones futuras. Como tal, el documento internacional promueve la idea de un marco transdisciplinario de educación, reconociendo el complejo contexto de los desafíos globales y la necesidad de integrar valores, ética y visiones del mundo hacia el desarrollo de mentalidades sostenibles y el uso de la ciencia para hacer el bien social. El documento fue respaldado por los distintos expertos que participaron en la conferencia IDoS 2019, entre otros. Es un ejemplo de una producción combinada de autores de diferentes redes que trabajan en estrecha colaboración hacia un propósito común.

ellos pueden abordarse mejor trabajando juntos a nivel internacional. Buscan un intercambio sistemático y regular que combine el conocimiento global sobre educación STEM y su práctica local, del cual las organizaciones involucradas pueden beneficiarse de manera sostenible. Al involucrarse con instituciones líderes en todo el mundo, las partes pueden mejorar la eficiencia y efectividad de su trabajo, implementándolo de manera orientada al conocimiento y orientada a la práctica en contextos específicos.

Las organizaciones que contribuyen en este documento cuentan con años de experiencia trabajando en el campo de la educación STEM. Todas ellas enfrentan la creciente complejidad de la educación STEM. No solo las disciplinas STEM se vuelven más interconectadas a medida que evolucionan los objetivos de desarrollo sostenible, sino que también están cambiando los entornos en los que se imparten, al incluir herramientas digitales como los Recursos Educativos Abiertos (OER), el aprendizaje combinado o híbrido y el aprendizaje en línea (es decir, la educación STEM en un mundo cada vez más digitalizado). Las organizaciones que se especializan en la formación de docentes y en la provisión de recursos pedagógicos necesitan poder adaptarse a estos nuevos entornos. Es por eso que las organizaciones que contribuyen han invertido ampliamente en la construcción y el mantenimiento de colaboraciones efectivas de redes con socios globales y locales y han formado IDoS, una red de redes que opera en el dominio de la educación STEM temprana.

A través del presente documento, los 'IDoS peers' tienen como objetivo compartir su experiencia en redes con otras organizaciones que trabajan en el campo de la educación STEM y reflexionar colectivamente sobre:

- El papel estratégico de las redes;
- El potencial impacto que las redes tienen en iniciativas locales y globales y en el desarrollo profesional en el campo cambiante de la educación STEM (y en la necesidad de evaluar este impacto); y,
- Los factores de éxito y los obstáculos que pueden encontrarse en la construcción y el mantenimiento de redes.

Al hacerlo, los IDoS peers creen que pueden inspirar y alentar otras iniciativas de redes en el campo de la educación STEM temprana (incluida, por ejemplo, la educación STEM para el desarrollo sostenible y la educación STEM en un mundo marcado por la creciente digitalización).

I.1 ¿Qué impacto buscan lograr las organizaciones en el campo de la educación temprana STEM?

Los *peers* de IDoS comparten un objetivo común: fortalecer el conocimiento y la comprensión de los niños y jóvenes para el futuro, fomentando las habilidades y competencias necesarias para vivir e innovar en un mundo con problemas, desafíos y oportunidades globales apremiantes. A través de sus respectivas iniciativas, los *peers* apoyan la educación de calidad que fomenta el desarrollo de habilidades como la comunicación, la creatividad, el pensamiento crítico y la colaboración (Fadel, Bialik y Trilling, 2017).

La educación temprana STEM de calidad alienta a los niños a hacer preguntas y los apoya en la adquisición de conocimientos y métodos para abordar esas preguntas y desarrollar un aprendizaje basado en la investigación. La educación temprana STEM de calidad no solo beneficia la alfabetización de los niños en los dominios de la ciencia, la tecnología, la ingeniería / informática y las matemáticas, sino que también tiene el potencial de prepararlos para navegar en un mundo complejo y en constante cambio. La educación STEM para el Desarrollo Sostenible promueve lo que el Centro de Educación en Ciencias del Smithsonian refiere como mentalidades de sostenibilidad (Gibson, 2021), es decir, la apertura y la reflexión; la equidad y la justicia; la conexión local y global; y el empoderamiento y la agencia. La educación temprana STEM para el Desarrollo Sostenible promueve las habilidades y actitudes de los niños necesarias para abordar los problemas globales a largo plazo, capacita a la próxima generación de tomadores de decisiones capaces de tomar medidas informadas sobre los complejos problemas socio-científicos que enfrenta la sociedad humana, ayuda a los niños a convertirse en agentes de cambio en su comunidad local y desarrolla el espíritu de toma de acción necesaria para superar los complejos problemas socio-científicos que enfrenta nuestro planeta (O'Donnell, 2018). Los niños pueden desarrollar competencias científicas y digitales, así como mentalidades de sostenibilidad desde temprana edad. Fomentar estas habilidades de alfabetización digital y mentalidades de sostenibilidad puede permitir que las personas contribuyan a hacer una sociedad mejor a través de sus acciones futuras.

Por lo tanto, la educación STEM es ampliamente reconocida como un elemento crucial para mejorar el capital científico de un país y impulsar el crecimiento económico.

Se ha demostrado que la educación temprana tiene el mayor rendimiento económico y, por lo tanto, el mayor impacto (OCDE, 2020). Los niños con interés en materias STEM tienen más probabilidades de ingresar a trabajos donde se requieren estas habilidades, beneficiando así al mercado y equilibrando las escaseces de habilidades STEM que han estado preocupando a los países durante años.

Para asegurarse de que los niños reciban una educación de calidad, los *peers* de IDoS y las respectivas redes nacionales e internacionales se centran en proporcionar a los maestros, educadores y cuidadores de la primera infancia la formación necesaria para guiar a los niños y jóvenes en su exploración diaria y comprensión del mundo. Sus iniciativas ofrecen programas de desarrollo profesional continuo, que incluyen capacitaciones en el lugar y cursos en línea, eventos y simposios profesionales, y materiales de aprendizaje diseñados para equipar a los maestros y educadores con habilidades y herramientas para crear entornos de aprendizaje atractivos para los estudiantes en un mundo cambiante.

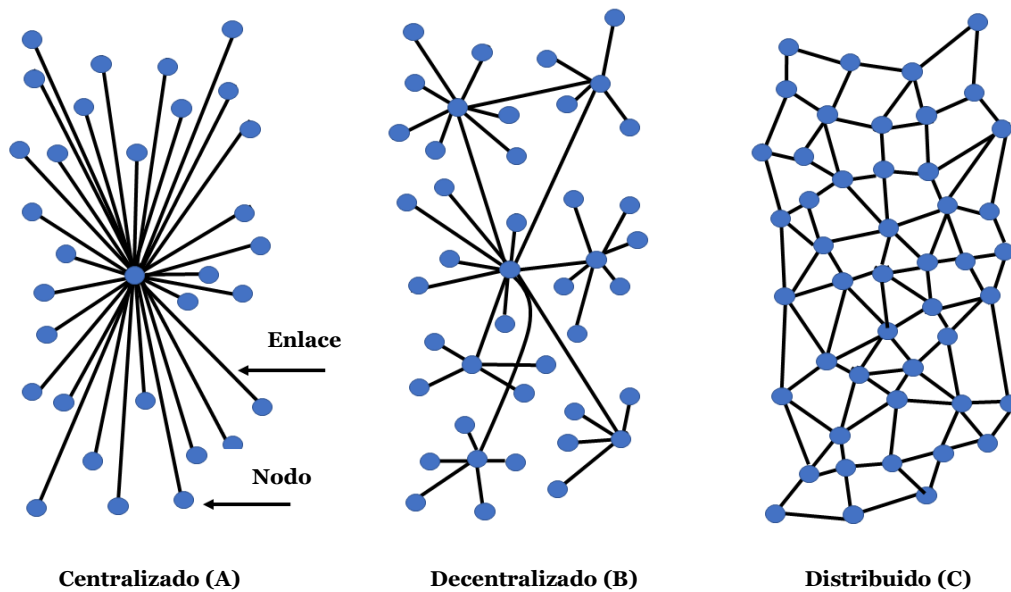
1.2 ¿Cuál es el potencial de las redes para fomentar el impacto previsto?

Para alcanzar sus objetivos, los *peers* de IDoS iniciaron redes de impacto generalizadas que los apoyan en sus misiones. Las redes de impacto son redes de relaciones conectadas para abordar, por ejemplo, problemas sociales, educativos o ambientales (Ehrlichman, 2021; Vantor, Leitner, Millner & Hansen, 2019). Tales redes reúnen a actores para el aprendizaje y las acciones coordinadas basadas en un propósito compartido. Pero, ¿qué es una red en primer lugar?

En un sentido genérico, una red es un "conjunto de conexiones que vinculan elementos discretos" (Levine, 2015). Se cree que las raíces del término se derivan del lenguaje de la metalurgia y los textiles y "implican hilos entrelazados que se mueven en múltiples direcciones en lugar de dirigirse hacia un único fin" (Slaughter, 2017). Todas las redes tienen una forma y una estructura y se pueden definir por su grado y densidad de conexiones, así como por su centralidad (ver Figura 1), lo que significa que se pueden describir en términos de quién está conectado con quién, cuán bien

están vinculados entre sí y cuán críticos y centrales son nodos específicos en una red en comparación con otros.

Figure 1. Estructuras (A) centralizados, (B) descentralizados, y (C) distribuidos (adaptado de Baran, 1964, p. 1)



Las redes conectan a individuos u organizaciones y tienden a facilitar la acción colectiva. De hecho, las redes interorganizacionales, como las de los peers de IDoS, son a menudo medios deliberados para lograrlo. Se diferencian de los mercados y jerarquías (Powell, 1990) como una estructura más distribuida que promete ser más resistente, capaz de crear cambio y responder al cambio (Ehrlichman, 2021).

La forma en que surgen y funcionan las redes varía. Ehrlichman propone tres funciones definitorias (acciones u operaciones) y, por lo tanto, tipos de redes: Redes de Aprendizaje, Redes de Acción y Redes de Movimiento (Ehrlichman, 2021). Slaughter adopta un enfoque diferente y diferencia las redes en función de su propósito principal (razón por la cual la red existe), a saber: Redes de Resiliencia, Redes de Tareas y Redes de Escala (Slaughter, 2017). Al combinar ambas perspectivas, es posible categorizar las redes según cinco funciones y propósitos principales: mejorar la resiliencia social dinámica, ampliar soluciones, realizar

acciones/tareas o crear productos juntos, inducir el movimiento y el aprendizaje (ver tabla 2).

Tabla 2. Tipos de redes basado en Slaughter (2017) y Ehrlichmann (2021).

Función	Redes de Resiliencia	Redes de Escala	Redes de Acción (Redes de Tareas)	Redes de Movimiento	Redes de Aprendizaje
Propósito	Focalizadas en mejorar la resiliencia social dinámica; construyendo fuerza, estabilidad, y capacidad	Focalizadas en llevar soluciones prometedoras a escala (ampliación de soluciones)	Focalizadas en realizar tareas y acciones coordinadas, y crear productos juntos	Focalizadas en alinear redes en torno a objetivos comunes; induciendo movimiento	Focalizadas en conectar y aprender de los miembros

Las seis organizaciones IDoS que contribuyen a este documento (ver Tabla 1) pueden estar perfectamente vinculadas a estos tipos de redes, sin necesariamente encajar exclusivamente en una categoría, a menudo superpuestas y cumpliendo especificidades de otros tipos. No obstante, se hará una asignación a uno de los cinco tipos a continuación, presentando así las organizaciones y su enfoque de trabajo.

I.3 ¿Cuáles son ejemplos de diferentes tipos de redes de cada IDoS peer?

Siemens Stiftung y las iniciativas Territorios STEM+ - "Redes de Resiliencia"

Las Redes de Resiliencia tienen como objetivo construir fuerza, estabilidad y capacidad en sus comunidades y mejorar la resiliencia dinámica social (ver Tabla 2).

Como fundación sin fines de lucro internacionalmente operativa, Siemens Stiftung promueve el desarrollo social sostenible, lo que requiere acceso a servicios básicos, educación STEM de alta calidad y la comprensión de la cultura en todas sus facetas. Con este fin, el proyecto de Siemens Stiftung apoya a las personas para que tomen la iniciativa de abordar los desafíos actuales. Desde 2017, Siemens Stiftung inició guiar iniciativas de Territorios STEM+ en América Latina, donde de forma integral a las materias STEM se agrega iniciativas abiertas sobre temas relevantes en áreas complementarias como artes, humanidades, idiomas, medios y sostenibilidad.

Las comunidades tienen la flexibilidad de agregar materias adicionales basadas en sus contextos regionales (ver Reiss & Filtzinger, 2023).

El propósito de los Territorios STEMplus es fomentar y desarrollar redes educativas locales que promuevan un entorno de aprendizaje para la educación STEM, donde las escuelas, los profesores, los estudiantes y los actores de la sociedad civil, el gobierno y la economía colaboren en el desarrollo de herramientas para abordar los problemas de la comunidad y asumir los desafíos futuros de sus contextos específicos. La naturaleza territorial y colectiva del modelo de red genera un sentido de responsabilidad y compromiso con la comunidad. Todos los Territorios STEMplus están interconectados, generando una red de iniciativas locales internacionalmente conectadas.

Así, los Territorios STEMplus son un ejemplo de Redes de Resiliencia (ver también Chabay, 2022).

La fundación „Kinder forschen“ y su sistema de redes de colaboradores - "Redes de escala"

Los "Scale Networks" se centran en llevar soluciones prometedoras a escala (ver Tabla 1). La fundación sin fines de lucro „Kinder forschen“ es la iniciativa más grande de educación infantil temprana de Alemania en el ámbito de la educación STEM. Con un enfoque complementario en la Educación para el Desarrollo Sostenible (ESD), el objetivo del programa es fortalecer a los niños para el futuro, brindarles habilidades importantes y permitirles actuar de manera sostenible. Junto con sus socios de red locales, la fundación ofrece un programa nacional de desarrollo profesional continuo que apoya al personal pedagógico en centros de educación y cuidado infantil, centros de actividades extracurriculares y escuelas primarias en la facilitación de la exploración, indagación y aprendizaje de niños entre las edades de tres y diez años.

La red nacional de la fundación ayuda a difundir el programa de desarrollo profesional continuo (sus talleres en el lugar, cursos digitales y eventos educativos) en toda Alemania, asegurando la participación del grupo objetivo de la fundación (personal pedagógico en centros de educación y cuidado infantil, centros de actividades extracurriculares y escuelas primarias) en tantas regiones de Alemania como sea posible. La iniciativa se enorgullece de este sistema de multiplicadores (más de 200 socios de red y más de 500 entrenadores pedagógicos y compañeros de

procesos) que escalan el programa a redes regionales y locales e instituciones pedagógicas.

Por lo tanto, la fundación "Kinder Forschen y su sistema de redes de colaboradores en Alemania es un ejemplo de una red de escala. El Centro LUMA y la Fundación La main à la pâte (LAMAP) también son ejemplos de Scale Networks en Finlandia y Francia.

El Centro LUMA Finlandia y su red universitaria – “Redes de escala”

El Centro LUMA Finlandia es una red de educación científica de universidades finlandesas. LUMA tiene como objetivo inspirar y motivar a niños y jóvenes en matemáticas, ciencia y tecnología (STEM). Para lograr su objetivo, desarrollan nuevos métodos y actividades de educación en ciencia y tecnología basados en investigación. Además, apoyan el aprendizaje permanente de los maestros que trabajan en todos los niveles de educación desde la primera infancia hasta las universidades, y fortalecen el desarrollo de la enseñanza basada en la investigación.

La misión del Centro LUMA Finlandia es alcanzar un conocimiento de alto nivel en ciencia y tecnología entre los estudiantes y maestros para garantizar profesionales calificados y hábiles para los mercados laborales y para acciones personales basadas en el conocimiento cívico. La red del Centro LUMA Finlandia involucra a 11 universidades de investigación que albergan 13 centros regionales de LUMA. Cada nodo es un punto de conexión para desarrollar actividades y acciones STEM basadas en la investigación que se comparten con otros centros a través de acciones en el lugar, fuera del lugar y en línea. Además, todos los programas de desarrollo involucran a maestros y educadores de escuelas e instituciones académicas. Esto permite discutir, comunicar y distribuir nuevas ideas, materiales, prácticas y apoyo de manera rápida y unificada. Por lo tanto, el Centro LUMA Finlandia es un ejemplo práctico y efectivo de redes de escala donde el apoyo y el desarrollo educativo se distribuyen a todo un sistema educativo nacional de manera local y personal.

Fundación La main à la pâte (LAMAP) y sus casas para la ciencia – “Redes de escala”

La fundación La main à la pâte (LAMAP) reúne a las comunidades científica y educativa para mejorar la calidad de la educación científica en las escuelas primarias y secundarias. Ofrece a los profesores una amplia gama de recursos para el aula y capacitación para promover una educación científica dinámica e inclusiva, abordar cuestiones sociales y desarrollar el pensamiento científico y crítico en todos.

Para lograr sus objetivos, La main à la pâte cuenta con tres redes nacionales diferentes que se han creado en diferentes momentos a lo largo de sus 25 años de historia. Cada red cubre diferentes roles: proporcionar desarrollo profesional, orientación y apoyo a los docentes, proponer actividades y recursos para el aula, conectar a los actores educativos entre ellos y con los científicos. Todas las redes tienen la especificidad de operar localmente. Esto apoya a los profesores a nivel territorial, identifica y responde a necesidades específicas, y los conecta a ellos y a sus alumnos con la comunidad local de instituciones STEM como universidades, laboratorios de investigación y museos.

Entre estas redes, las Casas para la Ciencia (Maisons pour la Science, MPLS) merecen una atención particular. MPLS representa una red nacional de múltiples partes interesadas a gran escala, específicamente destinada al desarrollo profesional de docentes en servicio en ciencias, tecnología e ingeniería. Cada Casa es alojada por una universidad. La creación de la red MPLS tenía como objetivo estructurar la formación de los docentes a nivel local (a nivel regional) y liberar recursos para el desarrollo de formación en línea a distancia. De esta manera, LAMAP ha diversificado su oferta global, para responder a prioridades locales y ser más escalable en términos de despliegue. Además, dado que cada Casa tiene sus instalaciones dentro del campus universitario, las Casas han facilitado la interacción entre la comunidad profesional STEM local y la comunidad educativa.

Oficina para la Educación Climática (OCE) y su Red ALEC – “Redes de escala y acción”

"Redes de Acción" o "Redes de Tareas" se centran en llevar a cabo tareas y acciones coordinadas y en crear productos (ver Tabla 2).

La Oficina para la Educación Climática (OCE) promueve la educación en cambio climático en los niveles de educación primaria y secundaria en todo el mundo con el

objetivo de avanzar en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y en particular en los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4 (Educación de calidad) y 13 (Acción por el clima) (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015).

La red ALEC (América Latina para la Educación Climática) de la OCE se lanzó en 2019 para apoyar la implementación de un proyecto regional de educación en cambio climático en América Latina. Esta red de múltiples partes interesadas está compuesta por una amplia gama de actores locales en México, Colombia y Chile, incluidas academias nacionales de ciencias, gobiernos locales y ONG.

La red está organizada y mantenida para cumplir dos objetivos. En primer lugar, garantizar que el resultado del proyecto refleje la experiencia combinada de todos los miembros de la red. De hecho, juntos, los actores de la red deben adaptar los recursos pedagógicos de la OCE a su contexto local y ofrecer una serie de talleres de desarrollo profesional a formadores de docentes, docentes y responsables políticos en sus regiones. En segundo lugar, garantizar el aspecto regional del proyecto mediante la creación de un entorno en el que los socios mexicanos, colombianos y de otros países de América Latina puedan trabajar juntos y aprender los unos de los otros.

Este enfoque de doble vía permite a la red centrarse en coordinar y realizar acciones a nivel local, al mismo tiempo que proporciona una estructura para identificar y ampliar las acciones exitosas a nivel regional.

Smithsonian Science Education Center (SSEC) y su Red LASER – “Redes de movimiento”

"Las redes de movimiento" se enfocan en alinear redes en torno a objetivos comunes para inducir el movimiento (ver Tabla 2).

Smithsonian Science Education Center (SSEC) es una organización de la Institución Smithsonian dedicada a transformar la educación "K-12" a través de la ciencia, en colaboración con comunidades de todo el mundo. "K-12" se define aquí como la educación primaria y secundaria, desde el jardín de infantes hasta el duodécimo grado, para estudiantes de 5 a 18 años.

La SSEC tiene tres objetivos: innovación (para promover la enseñanza y el aprendizaje auténticos basados en la investigación STEM a través de experiencias

prácticas y digitales); inclusión (para garantizar la diversidad, la equidad, la accesibilidad y la inclusión en la educación STEM); y sostenibilidad (para avanzar en la educación STEM para el desarrollo sostenible). Con un enfoque transdisciplinario, quieren que los estudiantes descubran, comprendan y actúen sobre los desafíos y oportunidades más urgentes del mundo; pero también para explorar y comprometerse con temas relacionados con STEM de manera más profunda para desarrollar no solo la alfabetización científica, sino también mentalidades de sostenibilidad para prepararse para un mundo en transformación y cambio (O'Donnell y Day, 2022).

A través del modelo de Liderazgo y Asistencia para la Reforma de la Educación en Ciencias (LASER) de SSEC, la SSEC proporciona la infraestructura para transformar la educación STEM "K-12" a través de 5 pilares de reforma: un plan de estudios basado en la investigación y guiado por la indagación; desarrollo profesional; apoyo material; apoyo administrativo y comunitario; y evaluación. El propósito de LASER es reunir a redes de escuelas, distritos escolares, agencias estatales de educación, ministerios de educación y organizaciones educativas de todo el mundo para comprometerse juntos en una reforma sistémica en torno a un objetivo común. Basándose en la investigación y las mejores prácticas, LASER brinda a las redes educativas la oportunidad de abordar un problema de práctica dado (por ejemplo, cómo promover la educación científica basada en la indagación o la educación STEM para el desarrollo sostenible; cómo garantizar la diversidad, la equidad, la accesibilidad y la inclusión en la educación STEM; cómo preparar a los estudiantes para un mundo de innovación y transformación digital). Cada red regional o "centro LASER" prepara su propio plan estratégico para reformar la educación STEM en su región respectiva en torno a un objetivo dado (por ejemplo, escalar IBSE; diversificar la fuerza laboral docente de STEM; garantizar cero barreras en STEM para estudiantes con discapacidades) con el apoyo de SSEC durante la implementación. SSEC estudia el impacto colectivo a través de subvenciones de investigación en colaboración con socios universitarios y organizaciones internacionales (O'Donnell, D'Amico, Zoblotsky y Alberg, 2017).

Los "Movement Networks" se centran en alinear redes en torno a objetivos comunes para inducir el movimiento (consulte la Tabla 2).

Red IDoS una red de redes – “Redes de aprendizaje”

Todas las redes presentadas anteriormente contribuyen ejemplarmente al objetivo común de mejorar la educación STEM para niños, jóvenes y comunidades, profesionalizando al personal pedagógico y colaborando con multiplicadores en el campo, conectando actores importantes y coordinando la distribución de sus programas educativos. Las organizaciones no pueden llevar a cabo estas tareas solas, son sus redes las que facilitan la acción colectiva, creando un impacto sostenible.

La red de peers IDoS, una "red de redes", aprovecha el impacto logrado por sus organizaciones miembros y sus respectivas redes. Debido al enfoque de la red en conectar a sus miembros y hacer que aprendan unos de otros y compartan sus lecciones aprendidas, la red de diálogo IDoS puede ser especificada como "Red de aprendizaje", según la definición de tipos de redes de Slaughter (2017) y Ehrlichman (2021) (ver tabla 2).

Al alinear el conocimiento, la experiencia y el alcance de las iniciativas STEM de diferentes países la educación STEM cobra mayor visibilidad a nivel internacional (ya sea en su enfoque en el desarrollo sostenible, la educación STEM en un mundo progresivamente digitalizado u otros desafíos en los que la educación STEM puede constituir una solución). Además, un intercambio combinado ayuda a identificar temas significativos y urgentes en el campo en cuestión y compartir experiencias y estrategias para mejorar el impacto de las respectivas iniciativas. Así, las actividades locales pueden beneficiarse del intercambio y del aprendizaje global. Este artículo es un ejemplo de un área, ¿cómo pueden las redes promover una educación STEM temprana e innovadora en un mundo cambiante?, que se identificó como importante para las iniciativas de educación STEM en todo el mundo.

Parte II: Redes Prósperas: Factores de éxito para la colaboración de redes de impacto

Las redes de impacto abordan los problemas sociales que impulsan la colaboración. Una red de colaboradores a menudo se considera prometedora debido a la complejidad de los problemas sociales que enfrenta y debe abordar la educación STEM temprana. Cuando los actores de la educación STEM temprana colaboran en redes, tienen un potencial excepcional para generar nuevos conocimientos y provocar un cambio ideacional y estructural (Kolleck, 2012, p. 152; Kolleck, Bormann, de Haan, Kulin y Schwippert, 2016). Sin embargo, las redes pueden seguir

muchos caminos diferentes para producir este impacto. Al examinar el conjunto de redes representadas por los *peers* de IDoS, vemos redes que se han convertido en ecosistemas educativos completos, influyendo e implementando políticas educativas nacionales, aumentando significativamente las capacidades de los profesores y educadores, construyendo conexiones y fomentando la colaboración entre aliados anteriormente improbables, o fortaleciendo los vínculos locales y la participación en todo el sector para avanzar en la educación STEM temprana a pesar de las condiciones desafiantes. Al hacerlo, el papel que cumple cada red, es decir, cómo la red promueve valor, varía. Los miembros de la red pueden apoyarse mutuamente para perfeccionar su trabajo, pueden coordinar sus esfuerzos con los de otros miembros o pueden actuar juntos como un solo agente de cambio.

A pesar de su enorme potencial de impacto, las redes no son la respuesta a todos los problemas ni son una estructura fácil de desarrollar que conduzca al éxito. Como base para este documento, cada *peer* de IDoS ha contribuido con un estudio de caso de una de sus redes más antiguas (ver Parte I para perfiles cortos) y cada estudio de caso llama la atención sobre las oportunidades y los desafíos a lo largo del camino de las redes. La investigación en gestión y ciencias sociales también enfatiza que existen dilemas fundamentales y balanceables asociados con la colaboración en redes (Shumate y Cooper, 2022).

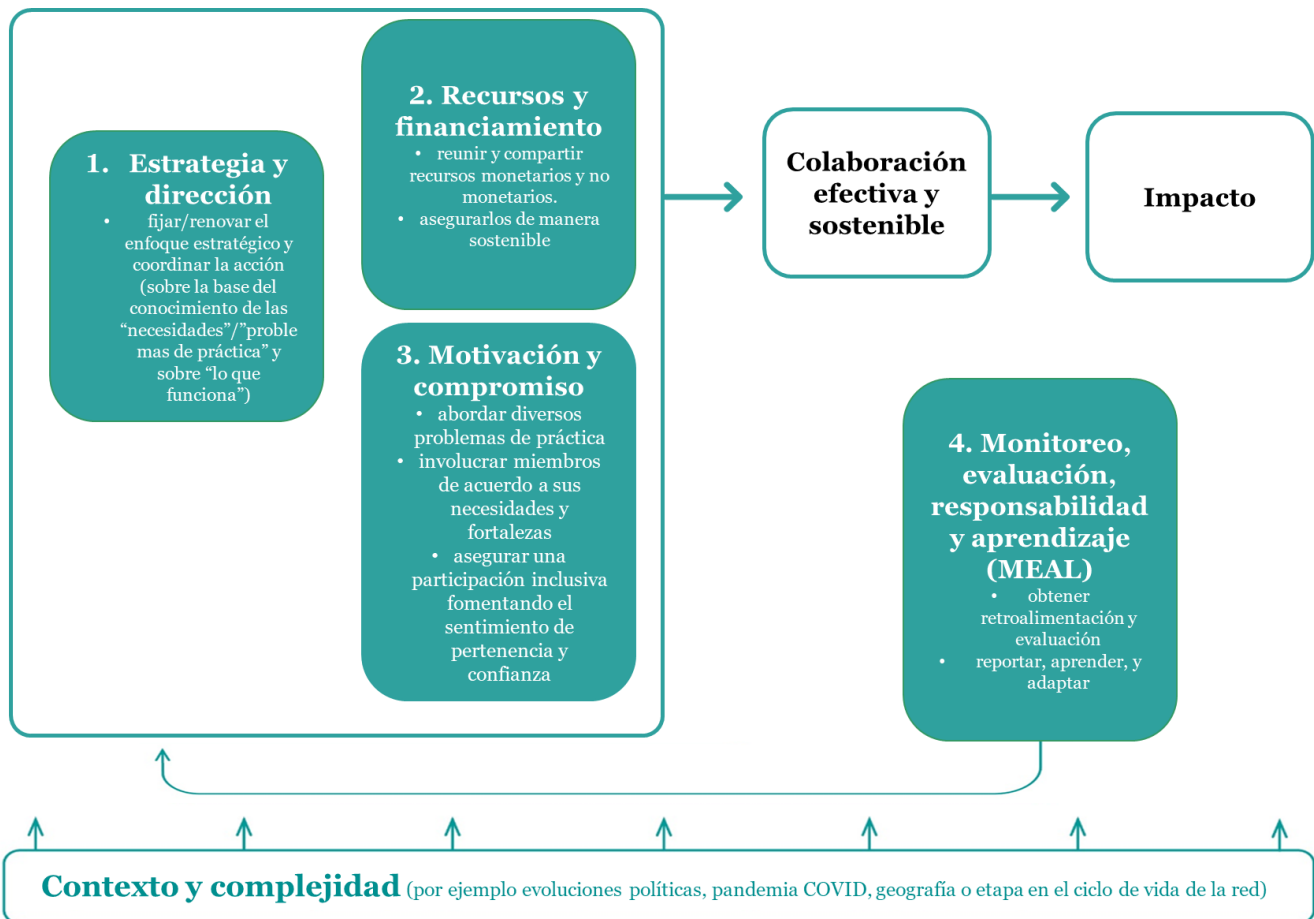
Para apoyar a otras organizaciones a enfrentar estos desafíos, este documento ahora se propone compartir reflexiones y hallazgos prácticos derivados de los casos de los *peers* de IDoS. Su objetivo es alentar a más actores de la educación temprana STEM a perseguir redes y colaborar para crear un impacto que exceda la suma de sus partes individuales.

Debido a los diversos contextos, roles y funciones de las redes en la educación temprana STEM, no existe una mejor práctica que sea adecuada para cualquier red o cualquier problema. Sin embargo, a pesar de la heterogeneidad de las redes construidas por los *peers* de IDoS, algunos hallazgos destacan como comunes. La Figura 2 los visualiza como elementos y prácticas clave que son críticos para el éxito de una red colaborativa en educación. Estos incluyen: la estrategia y el liderazgo de la red (1), sus recursos y financiamiento (2), la motivación y el compromiso de los miembros de la red (3). Además, la aplicación de prácticas efectivas de monitoreo, evaluación, responsabilidad y aprendizaje (MEAL, por sus siglas en inglés) (4) son factores importantes para garantizar y mantener la relevancia de las actividades de la red y, por lo tanto, el impacto de la red. Del mismo modo, el contexto y la

complejidad del campo en el que operan las redes también determinan cuán exitosas son (5).

Figure 2. Factores de éxito y criterios de éxito de las redes en educación STEM para el aprendizaje temprano

Factores de éxito de las redes



II.1 Estrategia y dirección

Las redes exitosas tienen una misión clara adoptada por todos sus miembros y una estrategia consistente con la misión. Idealmente, las redes de impacto tienen una Teoría del Cambio (Rogers, 2014) basada en un análisis de la causa raíz del problema que la red intenta resolver, que explica exactamente cómo las actividades de la red contribuirán a resolver el problema y a atender las necesidades de quienes lo padecen. En la educación STEM temprana, las contribuciones populares de las redes son la creación conjunta de nuevos productos o servicios o la ampliación de soluciones ya probadas, pero las redes también pueden mejorar la calidad del trabajo de sus miembros, abogar por cambios en políticas o unirse a otras redes para

lograr cambios sistémicos (Shumate y Cooper, 2022, pp. 88-90). Además, las actividades de las redes de impacto pueden generar resultados en cuatro niveles diferentes (Shumate y Cooper, 2022, p. 50):

- Resultados en las personas que participan en las actividades de la red (I),
- Resultados experimentados por las organizaciones que forman parte de la red (II),
- Resultados a nivel de la propia colaboración en red (III), y
- Resultados a nivel de impacto, es decir, en clientes, en un campo, comunidad, región geográfica, etc. (IV).

Una buena estrategia define los resultados esperados en todos estos niveles. Esto no implica que los objetivos no puedan o no deban cambiar con el tiempo. Al contrario, la estrategia y los objetivos deben adaptarse constantemente para lograr impacto. Tener claridad sobre los resultados previstos, sobre cómo se interconectan y lo que es necesario para lograrlos, permite y alimenta la acción dirigida a objetivos de las redes colaborativas.

Una vez establecidos en la dirección correcta, las redes necesitan una dirección constante. Un grupo debe tener el mandato de actuar como un cuerpo de toma de decisiones que (re)construye el enfoque estratégico y coordina la acción hacia él. Como sabemos, la actividad en las redes colaborativas es voluntaria y motivada por una diversidad de intereses y antecedentes. Por lo tanto, la dirección de la red sigue los principios de equidad y confianza y adopta un enfoque habilitador en lugar de controlador, ya que las entidades de dirección deben combinar a) atender las necesidades de los miembros, b) orientarse hacia la solución de "problemas de práctica" reconocidos en el campo y c) construir vínculos mediante la integración de nuevos conocimientos. Ya que las redes deben demostrar constantemente su relevancia promoviendo valor, la dirección debe combinar la atención a las necesidades de los miembros con el enfoque en la resolución de los problemas en el campo y la integración de nuevos conocimientos, y adoptar un enfoque habilitador en lugar de controlador.

La importancia de algunos aspectos como estos se hace evidente en el caso de la red Smithsonian LASER, que cuenta con una Teoría del Cambio (ver <https://ssec.si.edu/laser-model>) que alinea los movimientos de las redes en la Educación STEM en torno a un tema común (o "problema de práctica"): comenzando con un enfoque inicialmente estrecho en la promoción de la educación científica basada en la investigación (IBSE) y un enfoque bastante definido para

hacerlo, se hizo evidente con el tiempo que el interés y el potencial para el modelo existían también para otros temas comunes en la Educación STEM. En lugar de ejercer más control y restringir la aplicación del modelo, esta tensión se utilizó para ajustar el liderazgo en consecuencia y empezar a abrir y descentralizar, ampliando el alcance hacia el diseño universal para reducir las barreras en la Educación STEM para estudiantes con discapacidades, para diversificar la fuerza laboral de enseñanza en STEM, y permitir una mayor adaptación e impacto en conjunto, con cada red en el movimiento creando su propio modelo lógico o plan estratégico para abordar el problema de práctica localmente (Lee, 2022).

Lecciones aprendidas especialmente de las iniciativas de los Territorios STEM+ de Siemens Stiftung que apuntan a otro elemento importante en el establecimiento de la gestión que combina estas necesidades: asegurar tanto la propiedad "en el terreno" como la relevancia para las comunidades locales. Esta red fue diseñada deliberadamente para "dejar ir", es decir, para centrarse en la descentralización y, con esto, buscar iterar y adaptarse permanentemente donde se pueda crear el mayor valor. Para esto, las redes locales siempre se iniciaron y delimitaron junto con los socios clave en la comunidad identificada, es decir, con requisitos menos específicos para calificar para la colaboración, y los indicadores de éxito no se impusieron sino que se crearon conjuntamente. Como resultado, el número de territorios STEMplus creció significativamente de cuatro a más de 40 en solo tres años. La forma y el enfoque en las redes locales varían entre comunidades enfocadas y redes de partes interesadas más amplias; y se puede observar un alto nivel de liderazgo y compromiso en las respectivas redes.

Como, por ejemplo, Hearn (2011) lo destaca aún más, esto a menudo requiere que las entidades de gestión adopten el papel de facilitador más que de gerente, con el objetivo de garantizar que "las prioridades de los miembros individuales y las comunidades homogéneas se sumen o contribuyan a las prioridades de la red". Especialmente las fundaciones que trabajan a nivel transnacional e internacional no pueden asumir un papel natural o concedido, ya que pueden enfrentar barreras culturales y organizativas que deben superarse para intervenir y ser aceptados en este papel. Como ejemplo, OCE reflexiona sobre los inicios de su red como una fase en la que las distancias culturales a veces generaban tensiones en torno a los roles, algo que luego se superó colocando ciertas funciones coordinativas más cerca de las comunidades que se pretendía involucrar.

Durante el transcurso de menos de un año, esto llevó a un cambio de cultura y comunicación que fue en gran medida impulsado por informes a un enfoque más mutuo y colaborativo que sentó las bases para el éxito eventual de la red. Si bien las redes prosperan en la colaboración y el empoderamiento, lo que a menudo se subestima, especialmente al considerar iniciativas de desarrollo de campo y formación de ecosistemas, es la competitividad entre los actores, particularmente en el mismo sector. Como se describe en el Manual para el Mejoramiento de las Asociaciones (Asociación de Intermediarios de Asociaciones, 2019), es esencial "explorar y desarrollar el valor añadido de la colaboración y comprender el derecho de todos los socios a beneficiarse de su participación en la asociación como punto de partida para construir el compromiso con los objetivos compartidos". Esto solo se puede subrayar al observar las estructuras de LUMA en Finlandia o la Fundación „Kinder forschen“ en Alemania, donde se han definido roles para nodos clave de la red y socios que también se consideran genuinamente críticos para el éxito de la red en general. El ejemplo de La main à la pâte también muestra cómo establecer una red (y gobernanza) puede llevar en última instancia a reestructurar toda la organización para que sea más distribuida y conectada. Después de la creación (y multiplicación) de las Casas de la Ciencia, La main à la pâte ha redefinido su perímetro de acción, centrándose más en la producción de recursos para la formación en línea de los profesores asociados con actividades en el aula (y menos en la propuesta de sesiones de formación en presencia que reúnen a profesores de todo el país). Esto se debe a que las Casas de la Ciencia han asumido el papel de proponer la formación de los profesores en presencia y en contacto cercano con la realidad de los profesores, en su propio territorio. Además, después de un período caracterizado por la creación de programas separados, se hicieron visibles interdependencias y sinergias entre las Casas, la fundación y las otras redes que la fundación coordina. Los recursos y tutoriales de formación en línea de los profesores se co-crean y se comparten con más frecuencia para ser reutilizados en sesiones de formación en presencia. Además, las Casas de la Ciencia han fortalecido su relación con las otras redes que coordina la fundación y actúan ellas mismas como coordinadoras locales de proyectos que tienen lugar en estas otras redes. Como resultado de la división de roles y trabajo, hay una tendencia creciente hacia una mayor integración, que es facilitada por el diálogo sostenido de la fundación con y entre las redes.

II.2 Recursos y financiamiento

Las redes requieren una gran cantidad de recursos (Hearn, 2011). La coordinación operativa visible y la mayormente invisible curaduría de conexiones y relaciones requieren una inversión de tiempo y dinero que a menudo es subestimada y para muchas redes insuficientemente disponible. Como consecuencia, las organizaciones líderes de las redes pueden encontrarse rápidamente sobrecargadas y con recursos insuficientes, lo que pone en marcha una espiral crítica a la baja. Desafortunadamente, esto a menudo todavía se puede observar en iniciativas de base innovadoras que son necesarias para transformar la educación STEM y siguen siendo un desafío para las redes. Los compañeros de IDoS son probablemente una muestra específica y privilegiada de organizaciones que construyen redes, ya que en su mayoría están bien establecidos y tienen financiamiento adecuado para su trabajo. Sin embargo, llegar a una escala e influencia a nivel nacional o internacional también ha requerido (y aún requiere) que cada uno de ellos establezca asociaciones estratégicas, cree pruebas y evidencia de que un modelo funciona y atraiga otros recursos, como la voluntad y la influencia política. Cuando *La main à la pâte* inició su red de Casas de la Ciencia en 2014, su enfoque era unir a una universidad con la dirección local (o rectorado) de los servicios nacionales de educación que implementan en la academia la política educativa definida a nivel nacional. El financiamiento se aseguró principalmente mediante una convocatoria nacional de proyectos, complementada por contribuciones en especie de las universidades en forma de personal. Después de la fase de establecimiento de las primeras seis Casas de la Ciencia, y a pesar del fin del financiamiento inicial, la red se ha ampliado y ha triplicado su tamaño, cubriendo la mayoría de las regiones del país, convirtiéndose eventualmente en la organización de capacitación de docentes no gubernamental más grande de Francia en el ámbito de la educación científica. Esto se debe a que más universidades y rectorados se inspiraron en las primeras Casas y buscaron llevar el mismo modelo a su región. Además de las contribuciones en especie aseguradas por las universidades, la red ahora depende de patrocinadores locales y de un financiamiento nacional limitado asegurado por *La main à la pâte*, a través de patrocinadores nacionales.

De igual forma, la Fundación „Kinder forschen“ obtuvo un crecimiento significativo en su alcance a través de su asociación con el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania. Ahora están trabajando con más de 500

capacitadores y 200 socios para llegar a escuelas y jardines de infancia de todo el país con su programa de desarrollo profesional continuo. Este caso también destaca otro componente clave en cuanto a recursos y financiamiento: la oportunidad de recibir fondos para el trabajo en red por parte de los miembros y/o socios de esa red. Los recursos contribuidos por los socios de la red ascienden a seis millones de euros al año y pueden ser considerados como un éxito tangible de colaboración conjunta en la iniciativa „Kinder forschen“.

Del mismo modo, el Centro LUMA de Finlandia está cofinanciado por el gobierno y las universidades de investigación involucradas en igual medida. Esto permitió que la red se convirtiera en muy efectiva en el desarrollo y compartición de acciones, materiales y apoyo educativo en todo el país. Además, la creación de una estrategia común y responsabilidades compartidas de toma de decisiones generó confianza y cooperación que benefició a todos los centros -pequeños y grandes- de la misma manera mediante el intercambio de recursos, conocimientos y actividades. En la última década, sus primeros éxitos en una universidad llevaron a anclarlo eventualmente como parte de la estrategia educativa de Finlandia con presencia en todos los campus universitarios nacionales.

Las actividades de networking del Centro de Educación Científica del Smithsonian están totalmente financiadas por donaciones y subvenciones. Estos fondos respaldan la programación y se comparten con los miembros de la red a través de recursos tanto monetarios (por ejemplo, honorarios para mentores; apoyo para viajes) como no monetarios (por ejemplo, desarrollo profesional gratuito; asistencia gratuita a reuniones; plan de estudios STEM gratuito). Si bien es difícil escalar una red de movimiento como LASER a través de donaciones y subvenciones limitadas en el tiempo, el éxito demostrado de LASER a través de evaluaciones rigurosas ha llevado a asegurar el financiamiento de manera sostenible.

El OCE reflexiona sobre el cambio que fue posible en el compromiso de su red cuando cambiaron de un rol voluntario a un rol remunerado en la red. Al mismo tiempo, ninguno de los peers de IDoS, en su práctica de red, actúa como un financiador tradicional y todavía mantiene un enfoque y presencia altamente operativos "en el terreno" y dentro de sus redes..

II.3 Motivación y compromiso

Las redes dependen de conexiones e intercambio de valor como competencia, conocimiento o recursos (Plastrik, Taylor & Cleveland, 2014). Un componente crítico

es el "entrelazamiento de redes" a nivel personal y el de llevar a una red de "fragmentos dispersos" a una estructura de "centro y radios" o "multi-centros" y, potencialmente, a estructuras de "núcleo y periferia", lo que indica que los actores conectados y el tipo de conexiones evolucionan a medida que las redes maduran y buscan un mayor impacto (Holley, 2012). Para desarrollar conexiones dentro de una red, es esencial alinear las intenciones y agendas personales e institucionales con los objetivos de la red. Esta alineación es necesaria para evitar conflictos inherentes que puedan socavar el "entrelazamiento" requerido. También es fundamental mantener esta alineación y compromiso con el tiempo. Todas las redes en esta muestra de *peers* de IDoS han construido directa o indirectamente una comunidad relativamente grande de miembros y multiplicadores, pero aún tuvieron que superar desafíos clave relacionados con el compromiso y la motivación de sus redes en sus desarrollos. Al mirar hacia atrás a los primeros pasos dados por OCE, inicialmente se consideró que su proceso no era lo suficientemente inclusivo y se recibió comentarios de los co-creadores invitados de que los objetivos, valores e ideas de la red estaban demasiado definidos centralmente por OCE mismos. Esto solo se superó otorgando más autonomía y encontrando un equilibrio entre abordar colectiva e individualmente tanto para dar forma a la red como para motivar a cada socio participante. Si bien la fase inicial es particularmente "sensible" a estas tensiones, sigue siendo una de las tareas más desafiantes crear y mantener una atmósfera de confianza para la colaboración y la co-creación, como lo señalan y reflexionan los creadores de la red LASER del Centro de Educación en Ciencias del Smithsonian. Además, las normas culturales aprendidas o los factores contextuales juegan un papel importante, por ejemplo, todas las redes operan en un sistema educativo que se define especialmente por disciplinas distintas de la enseñanza y roles asumidos por educadores, maestros, autoridades (ver también las reflexiones compartidas en el punto II.5). Sin embargo, se necesita un enfoque más colaborativo y horizontal de las redes para romper con lo puramente profesional y apelar al nivel personal de sus participantes. Solo entonces se puede llegar a la forma deseada de compromiso, como también LUMA reflexiona sobre su camino para construir colaboraciones donde antes prevalecían las mentalidades de silos. Al comenzar la iniciativa, LUMA se enfrentó a una fuerte resistencia para trabajar juntos o incluso conectarse con departamentos de otras disciplinas o en otras universidades. Después de casi dos años de abogar intensamente y ofrecer experiencias concretas de esta nueva forma de trabajo en equipo, LUMA finalmente pudo ver una diferencia significativa en la

forma en que se compartía la información con mayor libertad y las voces activas se incorporaron a la conversación.

Esta lección no debe subestimarse: Las redes son personales y consisten en personas que representan a las organizaciones miembro de la red. Cualquier desarrollo o cambio requerirá asegurar la participación inclusiva en todas las etapas, así como crear una sensación de propiedad y confianza como componentes centrales de la experiencia de red de un miembro. La nueva red de peers de IDoS se basa particularmente en este factor: si bien la intención es conectar a los principales desarrolladores educativos del campo, lo que incluye una declaración formal de adhesión de cada organización, el enfoque también es muy personal y se centra en establecer conexiones, fomentar el aprendizaje y desarrollar relaciones de confianza para y entre las personas relevantes dentro de las organizaciones participantes. Sentirse invitado como individuo además de participar como empleado es una experiencia clave y sigue siendo una promesa central de esta red de aprendizaje.

Al considerar los riesgos derivados de esto, Plastrik et al. (2014) identifican la dominación, la exclusión y la falta de sucesión como los desafíos más comunes para las redes. Especialmente como financiador y fundador de una red, es esencial navegar por los riesgos de cortar, silenciar o no desarrollar condiciones de apoyo para más voces, un compromiso más amplio y una toma de decisiones inclusiva en la red. Participar en una red requerirá de todos un nivel de confianza y dejar ir el control individual para un mejor funcionamiento de la red en su conjunto. Aquí, los asuntos de estrategia y supervisión (como se describe en el punto II.1) y la consideración de la motivación y el compromiso están fuertemente interrelacionados.

Esto se puede ver en la iniciativa más reciente de las muestras, Territorios STEM+, donde la directiva de diseño para las comunidades locales era muy limitada y se solicitó activamente que se presentaran sus propias necesidades y expectativas con respecto a los temas en foco y los interesados a invitar. Además de establecer la agenda, dar reconocimiento es otra estrategia que se puede seguir para aumentar y mantener un alto nivel de motivación.

Casi todas las redes consideradas para este artículo co-crean componentes clave de sus ofertas con otros miembros de la red (y los acreditan como tal), ya sea materiales de aprendizaje o formatos de reuniones de la red. Por ejemplo, antes de abordar cualquier nuevo problema de práctica, el Smithsonian Science Education Center forma comités asesores que incluyen a diversos miembros que representan

una variedad de necesidades, fortalezas, geografías y experiencia relacionada con el problema de práctica que se aborda (ver: <https://ssec.si.edu/advisory-committees>), lo que garantiza la participación inclusiva de los miembros de la red para crear propiedad y confianza. Por su compromiso y búsqueda de nuevas oportunidades, los miembros de la red reciben reacciones positivas, lo que los hace sentir aún más motivados a cambio.

Un indicador fuerte del nivel de compromiso se puede encontrar al medir la disposición de los miembros de la red para brindar y recibir apoyo de otro miembro, como lo han demostrado Vandor, Leitner y Millner (2020) en una evaluación reciente de la red. Al comparar las horas de apoyo mutuo proporcionado con los recursos invertidos en coordinar la red, el primero a menudo supera al segundo por un factor significativo, por ejemplo, siete veces más tiempo invertido como recurso mutuo que como capacidad de coordinación dedicada.

II.4 Medición, evaluación, rendición de cuentas y aprendizaje

Es una observación desafortunada pero regular que muchos organizadores de redes aún no estén suficientemente preparados para articular y respaldar con evidencia que vaya más allá de las anécdotas el impacto logrado (Plastrik et al., 2014). Esto es relevante tanto para mantenerse informado de los resultados (es decir, las perspectivas a nivel de actor y de resultados), los procesos mediante los cuales se logran, así como la salud, la sostenibilidad y el desarrollo de la red y sus miembros en su conjunto.

Sin embargo, como muestra de redes organizativas relativamente maduras y con vínculos y estándares científicos aún más sólidos, los peers de IDoS pueden hacer contribuciones. En resumen, los siguientes indicadores y hallazgos resultaron ser más útiles para rastrear el éxito y el desarrollo de una red con el tiempo, y con esto han servido como guía para los administradores de la red y facilitado la presentación de informes adecuados a sus patrocinadores:

- "Un estudio RCT de mediana escala ha ayudado a enfocarse en los posibles límites de las acciones de desarrollo profesional, especialmente en relación con la transferencia y aplicación en el aula. Una financiación nacional de la Agencia Nacional de Investigación ha permitido establecer un sistema de evaluación en condiciones ecológicas (160 profesores capacitados en el proyecto) mediante un experimento controlado aleatorio (de una duración total de cuatro años, dos de

los cuales ocupados por la capacitación), junto con un enfoque de observación cualitativa fina. Cuatro Casas para la ciencia han participado en el estudio, en el momento mismo de la instalación de la red de Casas para la ciencia. Además de las Casas para la ciencia, el estudio RCT ha movilizó tres laboratorios de investigación diferentes en Francia, especializados respectivamente en econometría, ciencias cognitivas y didáctica. El RCT no ha producido indicaciones claras para la mejora de las acciones de capacitación, ni ha reducido la necesidad de otras formas de evaluación, como la evaluación continua del progreso y del logro de objetivos (evaluación del proyecto), o la garantía de calidad. Actualmente, La main à la pâte está desarrollando nuevas herramientas y estrategias para la evaluación de los efectos e impacto en sus beneficiarios. El objetivo de las nuevas herramientas es reunir indicaciones claras para la mejora, en un tiempo relativamente corto. Además, se ha fortalecido el monitoreo de evidencias para construir (y compartir dentro de la red) una base sólida de evidencia para la producción de recursos y acciones de capacitación." (La main à la pâte).

- "Recopilamos evidencia sobre la eficacia de LASER a través de un gran estudio de control aleatorio (RCT) con 60.000 estudiantes en 124 escuelas de tres redes estatales con 9.000 estudiantes seguidos longitudinalmente durante tres años, y evaluamos el impacto de LASER en el rendimiento de los estudiantes y el aprendizaje profesional de los maestros (What Works Clearinghouse, 2021). Durante este tiempo, creíamos que al ayudar a la escuela, al distrito escolar, a la agencia de educación estatal o a la red de organizaciones educativas a establecer su propia red LASER, mediríamos el éxito si los cinco pilares de LASER (plan de estudios, desarrollo profesional, apoyo comunitario, materiales y evaluaciones) fueran sostenibles con el tiempo. Un estudio de seguimiento midió esa sostenibilidad. Al aplicar LASER a nuevos problemas diversos de práctica, recopilamos información sobre cada 'sistema de actividades' involucrado en la construcción de la red y reportamos sobre los desafíos y éxitos comunes" (Red LASER Smithsonian).
- "Existen sesiones de revisión de peers anuales entre los centros regionales para discutir actividades, así como los desafíos y éxitos de las mismas. Además, cada centro pasa por una sesión de revisión con la oficina de administración central de toda la red nacional. Después de cada proyecto nacional a gran escala, se ha

iniciado una revisión externa para construir nuevas acciones sobre los aprendizajes y resultados previos" (Centro LUMA Finlandia).

- "La investigación científica, el monitoreo y la evaluación son elementos clave de nuestro trabajo" (Fundación Kinder Forschen). Todas las actividades de la Fundación „Kinder forschen“ se evalúan continuamente y se acompañan de investigación. La fundación se ve a sí misma como una organización de aprendizaje y promueve el intercambio de conocimientos entre la investigación y la práctica. Además de llevar a cabo una monitorización interna continua, con un enfoque en la garantía y el desarrollo de la calidad, la fundación trabaja con un Consejo Asesor Científico y con reconocidos socios externos que realizan investigaciones complementarias destinadas a garantizar prácticas científicamente sólidas. El monitoreo y la evaluación de la calidad incluyen la evaluación de necesidades y la recopilación regular y sistemática de retroalimentación sobre los talleres de desarrollo profesional y las prácticas pedagógicas de la fundación. Los aspectos monitoreados y analizados incluyen en qué medida las ofertas y los recursos son adecuados para lograr los efectos previstos. El programa de desarrollo profesional continuo de la fundación se planifica y evalúa según un modelo lógico de impacto que define los insumos, las salidas y los resultados; para varios subprogramas existen modelos lógicos específicos detallados. Los hallazgos se utilizan para la orientación continua del impacto y el desarrollo de la calidad de los diversos formatos. Según las evaluaciones, los educadores participantes perciben el programa como altamente motivador y fácilmente accesible. Expresan un alto nivel de satisfacción con la usabilidad del programa. También se sienten bien preparados para implementar los temas STEM abordados en su trabajo diario con los niños. Los participantes sienten que mejoraron sus conocimientos STEM y mejoraron sus competencias pedagógicas-didácticas específicas de la materia en educación STEM. También perciben una alta autoeficacia en actividades basadas en la investigación con niños y su experiencia (motivación, competencias profesionales y comportamiento en la práctica pedagógica) aumenta sucesivamente (ver Serie Científica e Informes de Monitoreo de la fundación) (Stiftung Kinder Forschen, 2022).

En la experiencia de la iniciativa „Kinder forschen“, es necesario monitorear continuamente y sistemáticamente el desarrollo de las asociaciones de redes (y, por lo tanto, de toda la red), estableciendo un proceso iterativo que permita a los socios y

a la fundación verificar el estado de la asociación regularmente e identificar las adaptaciones y modificaciones necesarias.

Sin embargo, la práctica de MEAL (Monitoreo, Evaluación, Rendición de Cuentas, Aprendizaje) también presentó desafíos y lecciones aprendidas en las redes de esta muestra. En algunos casos, los marcos iniciales, especialmente los ensayos controlados aleatorios, resultaron demasiado complejos al principio y solo pudieron proporcionar información relevante en una etapa posterior y más madura de la red. En otros casos, se subestimaron los esfuerzos de medición en cuanto al tiempo necesario tanto para los miembros como para los coordinadores, lo que llevó a niveles de compromiso más bajos de lo esperado y requerido para lograr resultados significativos. A menudo llevó más tiempo del previsto y requirió cierta repetición para encontrar el ritmo y la regularidad adecuados para la evaluación, cuyos resultados se utilizarían para desarrollar un sistema de aprendizaje y responsabilidad.

Mejorar la práctica de MEAL sigue siendo una prioridad clave para los colegas de IDoS y una de las áreas identificadas donde el aprendizaje mutuo y el intercambio de prácticas pueden facilitarse. Este último aspecto es relevante dado que, además del nivel de las prácticas individuales de cada red, se puede encontrar poco o nada sobre la evidencia de colaboración en el campo más amplio que apoya la educación STEM. Alinear enfoques, abrir metodologías y participar activamente en el aprendizaje de los diferentes resultados obtenidos serán bloques de construcción críticos para avanzar en los esfuerzos en torno a la educación STEM en el aprendizaje temprano.

II.5 Contexto y complejidad

Según el Instituto Monitor (2015), cuanto más grande y complejo sea el desafío, más probable es que se necesite algún tipo de estructura de red. Según el marco de Cynefin, las redes pueden ofrecer el valor más alto en situaciones que son inherentemente interconectadas, que demuestran estar en constante cambio y tienen un cierto grado de imprevisibilidad (Snowden y Boone, 2007). Por el contrario, si los problemas son simples y la acción requiere menos interacción, las redes pueden no tener ventaja sobre otras estructuras y pueden no cumplir las expectativas de una solución o resultado deseado rápida y sin oposición. En estos casos, puede ser necesario crear una estructura más centralizada.

El campo de la educación STEM en el aprendizaje temprano, particularmente enfocado en áreas de innovación que incluyen el desarrollo sostenible y la

digitalización, es inherentemente complejo, ya que combina problemas que van desde la educación hasta la tecnología, cuestiones de inclusión y demografía, y tiene aspectos sociales, económicos y políticos claros que considerar. También requiere la colaboración entre sectores y funciones. Por lo tanto, es propenso a ser abordado a través de redes, y sin embargo, esto por sí solo no lo hace más fácil de lograr.

Reflexionando sobre las experiencias de los peers de IDoS representados en esta muestra, destacan las siguientes consideraciones: Para lograr la escala, se requiere voluntad política, apoyo y permiso (en lugar de restricciones políticas). Ya sea en forma de financiamiento estratégico de subvenciones, como el que se proporciona a la red LASER del Smithsonian con el propósito de escalar y compartir los hallazgos clave; el mandato estratégico que el Ministerio de Educación de Finlandia dio a LUMA para escalar su enfoque en todo el país; la asociación estratégica que el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania tiene con „Kinder forschen“ para brindar oportunidades a jardines de infantes y escuelas de todo el país; o el apoyo político y financiero que La main à la pâte y OCE reciben del Ministerio de Educación de Francia y sus direcciones, o incluso de las universidades que albergan las Casas de Ciencia de La main à la pâte, para operar redes con escala nacional e internacional en educación científica, educación para el cambio climático y desarrollo sostenible. Es importante para el éxito de estas redes que estas asociaciones con el sector público sean institucionales (en lugar de políticas) para que los eventuales cambios en gobiernos o ministerios no afecten el mandato acordado.

Mientras que los desarrollos políticos son un factor contextual permanente crítico, la pandemia en los últimos años proporcionó un ejemplo de un repentino "shock externo" que afectó a las redes de todo tipo, y también dejó su huella en las redes de los compañeros de IDoS. Los educadores se enfrentaron repentinamente al cierre de escuelas e instalaciones de cuidado infantil, lo que significa que tuvieron que cambiar y adaptarse a modelos de aprendizaje a distancia. Al mismo tiempo, el aprendizaje a distancia puso de relieve las diferencias sociales y la desigualdad, lo que significa, por ejemplo, que el acceso a computadoras o incluso a Internet no era algo seguro en algunos hogares donde los niños tenían que aprender a distancia. Estas diferencias sociales se volvieron mucho más amplias, visibles y desafiantes. Por lo tanto, se requirió innovación y adaptación a) a nivel operativo directo, ya que se necesitaban muchos formatos e interacciones en persona que ya no eran posibles y era necesario desarrollar nuevas alternativas virtuales, y b) a nivel general

indirecto, para reconocer la necesidad de apoyar las instalaciones y los educadores de aprendizaje temprano que fueron directamente afectados por la pandemia y para proporcionarles recursos para mantener el sistema en funcionamiento. El papel de las redes fue crucial en este contexto para abordar la necesidad de innovaciones a través de foros e intercambios dentro de sus comunidades de peers. A la luz de los acontecimientos, COVID-19 resultó ser desafiante y complejo, pero llevó a que las redes ayudaran a desencadenar innovaciones y cambios de paradigma que antes no se habían considerado. Como concluyen conjuntamente los compañeros de IDoS, las redes coordinadas y los factores contextuales tuvieron un efecto duradero en sus propias instituciones y organizaciones.

Part III: Oportunidades y resultados: Por qué miembros de IDoS adoptan las redes como agentes de cambio

Dado que la Educación STEM es un tema complejo, especialmente en su relación con el desarrollo sostenible y la digitalización en las sociedades, y porque trabajar en redes es valioso para los desafíos complejos, las iniciativas de Educación STEM deben trabajar con un enfoque de redes para promover el impacto y el cambio. Aquí, los autores intentaron obtener información sobre cómo las redes pueden ayudar a promover y profesionalizar la Educación STEM en un mundo en constante cambio. Para mejorar el compromiso y el impacto de las instituciones que desarrollan el campo involucradas en la red de IDoS, se necesita un enfoque sistémico y co-creativo para una educación mejor y más accesible, donde se compartan experiencias e innovaciones para acciones locales y globales mejoradas. Esto es importante para lograr redes funcionales y exitosas para el impacto. Las funciones definitorias para una red de impacto (ver Ehrlichman, 2021) se relacionan con el aprendizaje enfocado (Redes de Aprendizaje), para llevar a cabo acciones comunes sobre temas que son importantes a nivel global (Redes de Acción) y enfocar los objetivos en un terreno común para un propósito común (Redes de Movimiento). Al mismo tiempo, hay una necesidad de mejorar la resiliencia social dinámica para que las acciones colectivas se dirijan hacia el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida (Redes de Resiliencia). Esto también presenta la posibilidad de escalar la distribución de conocimientos y acciones aprendidas, compartir buenas prácticas y co-crear acciones colaborativas construidas sobre buenas prácticas para nuevas situaciones y contenidos sociales (Redes de Escala) (Slaughter, 2017; Ehrlichman,

2021). Una red de impacto exitosa tiene una misión clara que ha sido adoptada por todos los miembros de la red. Para los peers de IDoS y sus respectivas redes, esto es una Educación STEM accesible y orientada a la calidad destinada a crear una vida y una sociedad mejores para todos los ciudadanos. Aquí, la estrategia es construir redes de impacto que proporcionen conocimientos, prácticas y recursos compartidos consistentes con la misión. Subyacente a las redes de impacto de los peers de IDoS hay una Teoría del Cambio que se desarrolló sobre la base de un análisis general de los problemas globales y la falta de alfabetización STEM, una calificación que beneficia a las personas de todo el mundo. La red de redes de impacto descrita aquí es un proyecto co-creativo a gran escala para responder a las necesidades de los aprendices, las partes interesadas y las sociedades para desarrollar una alfabetización STEM basada en el conocimiento, el reconocimiento y la innovación, y así proporcionar respuestas a los desafíos globales a nivel local y de ciudadanos individuales.

Las redes son altamente intensivas en recursos. La coordinación operacional visible y la mayormente invisible curación de conexiones y relaciones requieren una inversión de tiempo y dinero que a menudo es subestimada y para muchas redes insuficientemente disponible. Mientras que las redes de los peers del IDoS tienen el privilegio de estar bien establecidas y financiadas en la mayoría de los casos, confiaron en construir fuertes alianzas, desarrollar estrategias sólidas y atraer apoyo de todas maneras para lograr la escala e impacto que tienen hoy. Como se menciona anteriormente, las redes dependen de las conexiones y el intercambio de valor, como competencia, conocimiento o recursos (Plastrik et al.,2014). Mientras se desarrollan las conexiones dentro de una red, es esencial alinear las intenciones y agendas con el objetivo de la red. También es crítico mantener esta alineación y compromiso a lo largo del tiempo para lograr vistas y acciones sistémicas a largo plazo que busquen los objetivos y metas de la red. La confianza en las habilidades y competencias de los peers es muy importante para obtener un mutuo respeto y reconocimiento de un par como un actor significativo en la red. En una red de impacto igualitario, todas las partes son agentes importantes de cambio que aportan su propia valiosa contribución a la red. Como se demuestra aquí, es importante que una red articule y apoye el impacto logrado con evidencia que vaya más allá de las anécdotas (Plastrik et al.,2014). Esto es relevante para identificar y conocer los resultados específicos, saber los procesos por los cuales se logran, así como la sostenibilidad, resiliencia y el

desarrollo posterior de la red, sus miembros y acciones para objetivos comunes. Por lo tanto, el desarrollo de redes y sus funciones debe ser evaluado minuciosamente para tomar cualquier decisión basada en conocimiento para cambios o desarrollo posterior. Una red de impacto se construye sobre el aprendizaje y el amplio conocimiento, experiencias y capacidades de acciones, movimientos colaborativos alineados para lograr un impacto a largo plazo y apoyar la resiliencia de las sociedades, así como oportunidades razonables y efectivas para la ampliación y mitigación del conocimiento y el bienestar (Slaughter, 2017; Ehrlichman, 2021).

En la red de diálogo de peers de IDoS, todos los *peers* han sido categorizados en este artículo dentro de una red temática particular (ver Tabla 2). Sin embargo, en los primeros pasos de colaboración ya era muy claro que cada par tiene indicaciones y participa en actividades en los cinco diferentes tipos de redes. Estos dependen de los objetivos y enfoques necesarios para funcionar de manera efectiva y lograr los objetivos establecidos. Para IDoS esto proporciona una base sólida para la colaboración y la co-creación dirigida a apoyar y mejorar las necesidades STEM centradas en el aprendizaje y la sociedad (Aksela, 2019). Como se ha indicado, los miembros de IDoS están convencidos de que los desarrollos globales y las demandas de educación de calidad que surgen de ellos pueden abordarse mejor en asociación con otros, compartiendo experiencias más allá de las fronteras y aprendiendo unos de otros. El intercambio sistemático y regular de conocimientos y prácticas globalmente disponibles sobre el tema de la educación temprana en STEM en un mundo cambiante y el aprendizaje colectivo son críticos para lograr un impacto a escala global, a través de la acción local, de manera verdaderamente "glocal".

Este artículo sostiene que las redes de impacto diseñadas para apoyar la educación temprana en STEM, como las descritas por los peers de IDoS, desempeñan un papel importante en el avance de la comprensión y las acciones de los niños hacia las condiciones complejas y cambiantes del mundo. Si tienen éxito, estas redes pueden crear una cultura de sostenibilidad (ver Chabay, 2022), satisfaciendo las necesidades críticas del presente a nivel local y global, sin comprometer las necesidades del futuro.

Agradecimientos

Agradecemos a las siguientes personas que contribuyeron con ejemplos y estudios de casos o revisaron este documento:

Prof Dr Maija Aksela, Directora del Centro Nacional LUMA de Finlandia, Facultad de Ciencias, Universidad de Helsinki, Finlandia

Nathalie Bauer, Consultora de Investigación y Desarrollo, Fundación “Kinder Forschen”, Alemania

Prof Dr Ilan Chabay, Instituto de Investigación para la Sostenibilidad Centro Helmholtz de Potsdam (RIFS) Alemania (anteriormente Instituto de Estudios Avanzados de Sostenibilidad); Codirector, KLASICA 2.0: Conocimiento, Aprendizaje y Cambio Social Alianza Internacional de Investigación

Jagori Dhar, Editora, Siemens Stiftung, Germany

Lisa Gerloff, Consultora de Investigación y Desarrollo, Fundación “Kinder Forschen”, Alemania

Prof Dr Nina Kolleck, Profesora de Educación Cívica y Sistemas Educativos, Universidad de Leipzig, Alemania

Alexander Ruf, Consultor para redes regionales, Fundación “Kinder Forschen”, Alemania

Ulrike Wahl, Representante de la oficina regional Latinoamérica, Siemens Stiftung, Chile

Referencias

- Aksela, M. (2019). Towards student-centred solutions and pedagogical innovation in science education through co-design approach within design-based research. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 7(3), 113-139. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.7.3.421>
- Baran, P. (1964). On Distributed Communications Networks. *IEEE Transactions on Communications Systems*, 12(1), 1-9. <https://doi.org/10.1109/TCOM.1964.1088883>
- Chabay, I. (2022). Reconciling Risk, Resilience and Sustainability: Learning from Narratives. In M. Shimizu (Ed.), *A Resilience Approach to Acceleration of Sustainability Development Goals* (pp. 43-57). Singapore: Springer.
- Ehrlichman, D. (2021). *Impact networks*. Oakland, CA, USA: Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- Fadel, C., Bialik, M., & Trilling, B. (2017). *Die vier Dimensionen der Bildung: Was Schülerinnen und Schüler im 21. Jahrhundert lernen müssen* (J. Muuß-Merholz, Trans.). Verlag ZLL21 e.V. (Original work published 2012).
- Freeman, B., Marginson, S., & Tyler, R. (2019). An International View of STEM Education. In A. Sahin & M. Schroeder (Eds.), *Myths and truths: What has years of K-12 STEM education research taught us?* (pp. 350-363). Rotterdam, The Netherlands: Brill.
- Gibson, H. (2021). *From Ideas to Action: Transforming Learning to Inspire Action on Critical Global Issues*. Washington, DC: Smithsonian Institution Scholarly Press. Available: <https://doi.org/10.5479/si.15173715.v1>. <https://smithsonian.figshare.com/articles/book/>
- Gibson, H., Short, M. E., & O'Donnell, C. (2023). Data, discourse, and development: Building a sustainable world through education and science communication. *Frontiers in Communication*, 8. Available: <https://doi.org/10.3389/fcomm.2023.981988>
- Hearn, S., & Mendizabal, E. (2011). *Not everything that connects is a network* (Background paper). London: Overseas Development Institute.
- Holley, J. (2012). *Network Weaver Handbook: A Guide to Transformational Networks*. Network Weaver Publishing.
- Kolleck, N. (2012). Vernetzt für den Wandel. Netzwerke im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung unter der Lupe. In: K. Schwippert, S. Kulin, K. Frank

- (Eds.), *Soziale Netzwerkanalyse und ihr Beitrag zur sozialwissenschaftlichen Forschung, Theorie – Praxis – Methoden* (pp. 249-267). Münster: Waxmann.
- Kolleck, N., Bormann, I., de Haan, G., Kulin, S., & Schwippert, K. (2016) (Eds.): *Traditionen, Zukünfte und Wandel in Bildungsnetzwerken*. Münster: Waxmann
- Lee, H. (2022). *Building Networks & Enhancing Diversity in the K-12 STEM Teaching Workforce*. Washington, DC: Smithsonian Science Education Center. <https://ssec.si.edu/includes-sourcebook>
- Levine, C. (2015). *Forms: Whole, Rhythm, Hierarchy, Network*. New Jersey, USA: Princeton University Press.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-16.
- London in Monitor Institute (2015). *Engage: How Funders Can Support and Leverage Networks for Social Impact*. <https://engage.rockefellerfoundation.org> (accessed 12 October 2022).
- O'Donnell, C. (2018). Science education, identity, and civic engagement: Empowering youth through the UN Sustainable Development Goals. In A. Rold (Ed.), *G7: The Executive Talk Series Global Briefing Report* (pp. 108-116). Carlevoix, Canada: Diplomatic Courier. Available: <https://digital.thecatcompanyinc.com/g7magazine/june-2018/science-education-identity-civic-engagement/>
- O'Donnell, C., & Day, K. J. (2022). Teaching About Real-World, Transdisciplinary Problems and Phenomena through Convergence Education. *Smithsonian Magazine*. Available: <https://www.smithsonianmag.com/blogs/smithsonian-education/2022/07/25/teaching-about-real-world-transdisciplinary-problems-and-phenomena-through-convergence-education/>
- O'Donnell, C. L., D'Amico, A., Zoblotsky, T., & Alberg, M. (2017). *Results of the validation study of the Leadership and Assistance for Science Education Reform (LASER) model. Theories and Fundamentals of Inquiry Based Science Teaching*. Mexico City, Mexico: [Innovation in Science Education \(INNOVEC\)](http://innovec.org.mx/home/images/7-antologia_v2_digital-min.pdf). Available: http://innovec.org.mx/home/images/7-antologia_v2_digital-min.pdf.
- OECD (2020). *Back to the Future of Education: Four OECD Scenarios for Schooling, Educational Research and Innovation*. Paris: OECD Publishing.
- Pahnke, J., O'Donnell, C., & Bascopé, M. (2019). *Using Science to Do Social Good: STEM Education for Sustainable Development*. Position paper developed in preparation for the second "International Dialogue on STEM Education" (IDoS)

in Berlin, December 5–6, 2019. Available: <https://www.stiftung-kinder-forschen.de/en/international-dialogue-on-stem-education/idos2019/position-paper>

- Partnership Brokers Association (PBA) (2019) (Eds.). *Brokering Better Partnerships. By Investing in the Partnering Process* (Handbook) (2nd ed.). London: Partnership Brokers Association.
- Plastrik, P., Taylor, M. and Cleveland, J. (2014). *Connecting to change the world*. Washington, USA: Island Press.
- Powell, W.W. (1990). Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. *Research in Organizational Behaviour* 12, 295-336.
- Reiss, K., & Filtzinger, B. (2023). *STEMplus: The Foundation of an Education in the 21st Century*. Siemens Stiftung.
- Rogers, P. (2014). *Theory of Change, Methodological Briefs: Impact Evaluation 2*. Florence: UNICEF Office of Research.
- Shumate, M., & Cooper, K. R. (2022). *Networks for social impact*. New York: Oxford University Press.
- Slaughter, A.-M. (2017). *The chessboard and the web: Strategies of connection in a networked world*. USA: Yale University Press.
- Snowden, D., & Boone, M. (2007). A leader's framework for decision making. *Harvard Business Review*, 85(11), 68-76.
- Stiftung Kinder Forschen (2022). *Monitoring Report 2020/2021 of „Kinder forschen“ Foundation*. Berlin: Stiftung Kinder Forschen. Available: <https://www.stiftung-kinder-forschen.de/de/wissenschaftliche-begleitung/ergebnisse-publikationen/monitoring-berichte>
- United Nations General Assembly (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/> Publication (accessed 02 February 2018).
- Vandor, P., Leitner, L., & Millner, R. (2020). *Impact-oriented networks in the context of philanthropy: an evaluation of the Bosch Alumni Network. Final Report*. Vienna: Social Entrepreneurship Center, Vienna University of Economics and Business. Available: <https://www.iac-berlin.org/resources/how-to-measure-the-success-of-impact-oriented-networks>

Vandor, P., Leitner, L., Millner, R., & Hansen, H. (2019). *Addressing Grand Challenges Collectively: A Brief Introduction to Impact-Oriented Networks*. Vienna: Social Entrepreneurship Center, Vienna University of Economics and Business. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3472979>

What Works Clearinghouse (2021). *Leadership and Assistance for Science Education Reform (LASER): Intervention Brief Primary Science Topic Area*. Washington, DC: National Center for Education Evaluation at the Institute of Education Sciences (IES). Available: https://ies.ed.gov/ncee/wwc/Docs/InterventionReports/WWC_LASER_IR-brief.pdf