

diàlegs

JUNIO 2021 NÚM. 2



La revolución 4.0 está en marcha

Una educación STEM de
calidad, garantía de futuro

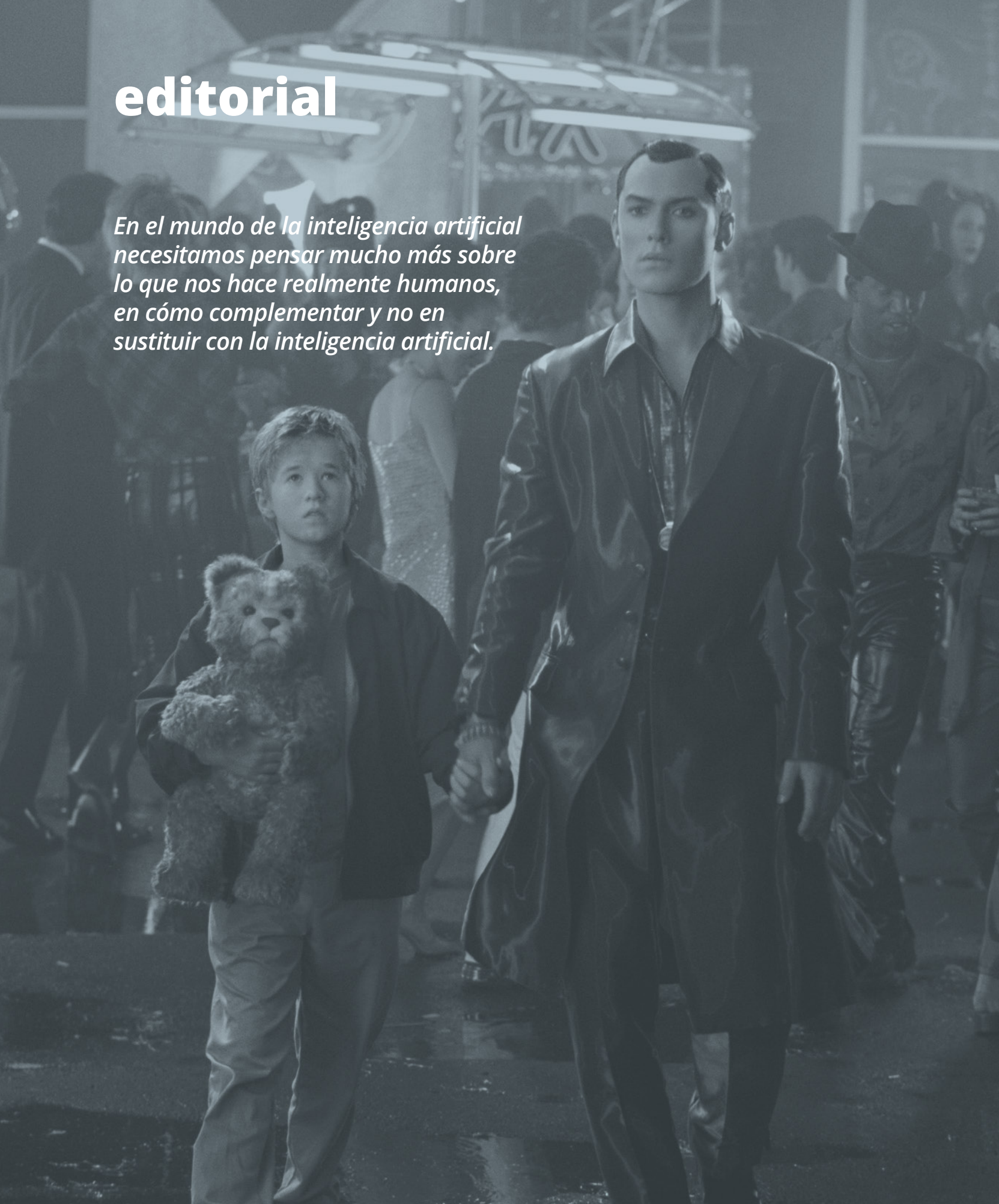
PANORÁMICA
Entrevista a Andreas
Schleicher

LEGADO
Entrevista a Neus
Santmartí

David Cuartielles · Pepe Menéndez
Sibel Erduran y Olga Ioannidou
Àgueda Gras-Velázquez

editorial

En el mundo de la inteligencia artificial necesitamos pensar mucho más sobre lo que nos hace realmente humanos, en cómo complementar y no en sustituir con la inteligencia artificial.



Por una ciencia y tecnología con alma



Ana Moreno
Directora de Impuls Educatió

Estimado lector,

Hace ya 20 años del estreno de la película *Inteligencia Artificial* de Steven Spielberg. En ella se plantea un gran dilema ético, ¿es humano usar la tecnología para crear humanoides que sustituyan a las personas en las cuestiones del corazón? La película de Spielberg presenta un mundo devastado por el cambio climático y la falta de recursos en el que la ciencia y la tecnología se han convertido en la salvación del género humano; sin embargo, el precio a pagar ha resultado elevado, y lo más propio de la persona, sus emociones y su libertad para amar, ha sido sustituido por máquinas sin alma.

Tal como reflexiona Andreas Schleicher, director de educación de la OCDE, en su entrevista para *Impuls*, *en el mundo de la inteligencia artificial necesitamos pensar mucho más sobre lo que nos hace realmente humanos, en cómo complementar y no en sustituir con la inteligencia artificial*. Y es que, un mundo como el nuestro, sumido en una tecnologización exponencial, necesita una progresiva sensibilización hacia lo humano, que garantice la dignidad de cada persona por encima de cualquier interés personal, social o político.

Este segundo número de Diàlegs, está dedicado al trepidante avance científico-tecnológico actual. Nuestro foco está en el progreso de la humanidad y en una sostenibilidad sana del planeta. En ningún caso en el fomento de una sinrazón que valore la tecnología por la misma tecnología o en promover una carrera científica en la que lo único importante sea competir y ganar.

David Cuartielles, cofundador de Arduino, lo tiene muy claro. Desde que inició su carrera se dedica a humanizar mediante dos herramientas esenciales de nuestra revolución 4.0, el diseño y la tecnología. Cuando le preguntamos cómo se vivió la pandemia Covid-19 desde Arduino, enseguida nos cuenta que, desde el primer momento, se decidió priorizar el bien de las personas, ya fueran empleados, alumnos o profesores, frente a la ganancia económica. Este es precisamente el verdadero éxito de Arduino, una tecnología de calidad para que todos puedan disfrutarla, sin patentes, pero con el mejor diseño para que se adapte a la perfección a las necesidades de cada persona-usuario.

Cada uno de los siguientes artículos, supone una mirada distinta y complementaria que nos ayuda a comprender el complejo mundo de la mejora de la educación de la ciencia y la tecnología. Empezamos con un proyecto internacional *The Relevance of Science Education* (ROSE -2002) que ha tenido un gran impacto para gran número de *stakeholders*, y acaba de estrenar una segunda edición. El éxito de ROSE ha sido destacar la perspectiva de los factores socio-afectivos a la hora de afrontar el reto de atraer la atención de los estudiantes hacia la ciencia y la tecnología. Son de especial importancia sus comparativas en referencia al género y al nivel de bienestar económico de cada país participante, pues ayudan a comprender que si se quiere mejorar la imagen de las asignaturas y profesiones STEM, mejorar su enseñanza no es suficiente, es tan o incluso más importante atender factores familiares, sociales, y experienciales. Nuria Salán, presidenta de la Sociedad Catalana de Tecnología (SCT), nos cuenta, por ejemplo, que para atraer al sector femenino habría que ampliar el conocimiento sobre las aplicaciones científico-tecnológicas a aspectos relacionados con la mejora de las condiciones de vida de las personas como son la seguridad, el confort, el ahorro energético, la salud o la sostenibilidad. Y es que para que se dé un auténtico progreso humano se necesita una ciencia y tecnología con alma.

contenidos

EDITORIAL

Por una ciencia
y tecnología
con alma

2

proyecto

MARICARMEN ALBÀS, CLARA
BLANCH Y MARÍA PILAR ALMAJANO

Proyecto ROSES.
Importancia de
la ciencia y la
tecnología hoy

6

panorámica

ANA MORENO

Entrevista a
Andreas
Schleicher

20

impuls
educació

CONSEJO DE REDACCIÓN

Dirección

Ana Moreno

Dirección Estratégica

Gregorio Romera

Publicaciones

Jordi Viladrosa

Diseño y maquetación

Guillem Batchellí

Comunicación

Maria Font

Ilustraciones

Maria Yuling Martorell

Redacción y suscripciones

Impuls Educació

P. ° Manuel Girona, 75

08034 Barcelona

mail: revista@impulseducacio.org

<https://impulseducacio.org/>

ISSN 2696-5615



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

reportaje

MARIA FONT

Scientix.
Entrevista a
Àgueda Gras-
Velázquez

16





actualidad

34 Alfabetización en ciencia y tecnología, desarrollo del pensamiento y STEM

ÀNGEL VÁZQUEZ Y
MARÍA ANTONIA MANASSERO

40 Presente y futuro de la orientación académica

ESTER MORROS

46 Arduino y el arte de hacer fácil lo difícil

DAVID CUARTIELLES

experiencias

SÍLVIA PLANELLA

El papel de la educación STEM como esperanza de futuro

54

en profundidad

SIBEL ERDURAN Y OLGA IOANNIDOU

Gestionar el futuro: ¿Cómo puede ayudar la educación STEM?

60

biblioteca

Novedades

64

autor

RAQUEL FERNÁNDEZ Y NATALIA SOLANO

Ciencias creativas

66

legado

ANA MORENO

Neus Sanmartí, una vida entregada a la mejora de la educación de las ciencias

70

opinión

78 El papel de las STEM en la educación

PEPE MENÉNDEZ

80 Educación STEM y formación en pensamiento crítico

ÓSCAR E. TAMAYO

82 STEM: enredo curricular y desafíos que presenta

ÁNGEL D. LÓPEZ E IVONNE T. SANDOVAL

proyecto

© nucleus

© Cil

INCLUYE DOS ENTREVISTAS

Directores del proyecto ROSES

Anna-Karin Westman

Magnus Oscarsson (Linköping University)

Anders Jidesjö (Mid Sweden University)

Presidenta de la Sociedad Catalana de Tecnología (SCT)

Núria Salán

Proyecto ROSES. Importancia de la ciencia y la tecnología hoy

¿Qué opinan los adolescentes sobre su clase de ciencias?



por Maricarmen Albás, Clara Blanch y
María Pilar Almajano

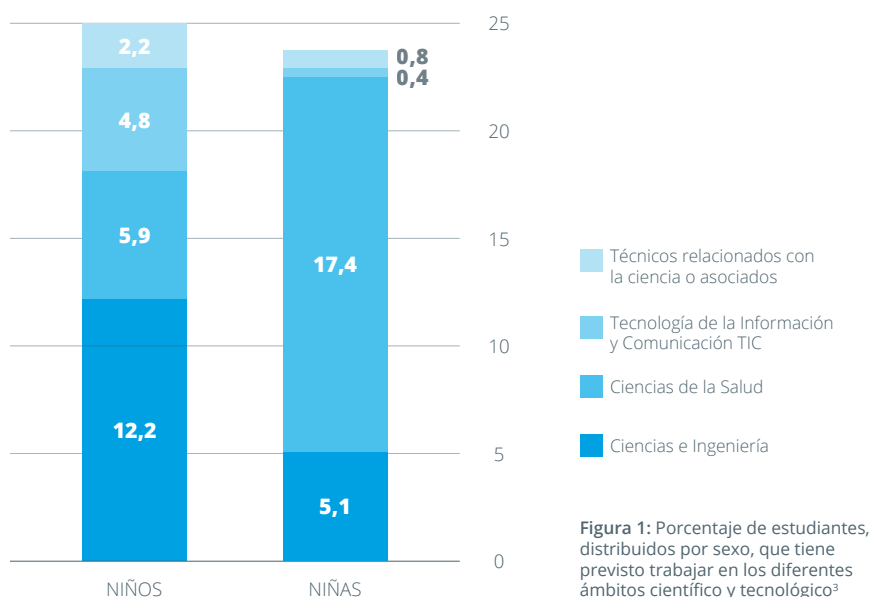
Según el informe PISA 2015¹ los niños y las niñas muestran un rendimiento muy similar en las pruebas de ciencias. Ello implica que la capacidad cognitiva hacia la ciencia no viene marcada por el sexo. Sin embargo, alrededor del 5% de las niñas valora cursar una carrera de ciencias o ingeniería frente a algo más del 12% de los niños como muestra la Figura 1. En el mismo informe, la mayoría de los estudiantes expresó gran interés en temas científicos y reconoció el importante papel de la ciencia en su mundo; pero solo una minoría declaró participar en actividades relativas a la ciencia. Y es que, tal y como propone el proyecto ROSES frente a otros estudios a gran escala como TIMSS² y PISA, si queremos saber a qué quieren dedicarse los jóvenes estudiantes en el futuro, necesitamos fijarnos, además de en la dimensión cognitiva, en la social y emocional, pues suelen ser las que afectan de forma más determinante en su elección final.

Según Núria Salán, presidenta de la Sociedad Catalana de Tecnología (SCT) y coordinadora del Programa de género de la UPC, debemos acercar la tecnología a la ciudadanía mostrando el papel fundamental en el avance social, rompiendo con la tecnofobia que, asegura, todavía existe

en nuestra sociedad: *Cataluña necesita tecnólogos, queremos tener más chicos y chicas que opten a estudios de tecnología, porque el futuro será tecnológico o no será.* Luchar contra las desigualdades de género en este ámbito es también uno de los retos de Núria Salán. Para Salán, no hay una única causa y los principales motivos podrían estar relacionados con una falta de modelos y referentes. Por ejemplo, dice, se detecta una ausencia de ejemplos de mujeres profesionales STEM que se muestren con naturalidad en sus tareas habituales, mientras sí hay muchos ejemplos de chicos STEM (ver entrevista completa al final del artículo).

¿CÓMO HACER LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA MÁS ATRACTIVAS A LOS JÓVENES?

La educación en ciencia y tecnología tiene un papel clave en una sociedad moderna. Esto es así debido a que son el motor de su economía, pero también por su relevancia desde el punto de vista cultural y democrático. Para la OCDE, por ejemplo, una formación científica y tecnológica de calidad es fundamental en una economía global, basada en el conocimiento donde la tecnología es omnipresente. Por este motivo, cuando PISA evalúa la calidad de un sistema educativo y con él, el nivel de preparación de los



jóvenes para afrontar con éxito su futuro, se centra precisamente en las ciencias y las matemáticas, además de la lectura.

A partir del último cuarto del siglo XX empiezan a surgir iniciativas internacionales que reúnen a los más diversos *stakeholders* bajo el mismo propósito: ¿Cómo podemos hacer que el aprendizaje de la ciencia y la tecnología sea más atractivo para los adolescentes?, y en concreto ¿cómo animarles hacia estudios superiores relacionados con STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*)? Una de las propuestas más dinámicas es IOSTE (*International Organization for Science and Technology Education*), una ONG

En muchos de los países con alto nivel en PISA y TIMSS, el interés y actitudes hacia la ciencia tienden a ser muy bajos.

reconocida por la UNESCO para promover la educación en ciencia y tecnología como parte vital de la educación general de todos los países. Esta organización cuenta en la actualidad con participantes de cerca de ochenta países y organiza un simposio bianual que reúne en cada edición a un extenso número de trabajos de investigación y propuestas prácticas de gran calidad e influencia en todo el mundo. El último fue online, se organizó en Corea y participaron 31 países. Con el título *Transformar la educación en ciencia y tecnología para cultivar ciudadanos participativos*, su principal objetivo fue promover entre los jóvenes de un mundo sumido en un calentamiento global sin freno, una crisis energética, y amenazas tanto sanitarias como de nuevos materiales, etc., la capacidad de generar un diálogo y debate públicos y estar dispuestos a asumir acciones responsables para un desarrollo sostenible.

Svein Sjoberg, profesor de la Universidad de Oslo y doctor en Física Nuclear, ha sido miembro activo de IOSTE desde sus orígenes y posteriormente su presidente. Es

una de las personas que más han influido en la mejora de la enseñanza de la ciencia y la tecnología en todo el mundo. Ha formado parte de la mayoría de los proyectos europeos para la mejora de la educación de las ciencias y ha colaborado también intensamente en contextos menos favorecidos como la AFCLIST (*African Forum for Children's Literacy in Science and Technology*). Uno de sus mayores logros ha sido aportar a la enseñanza de la ciencia y la tecnología el rigor científico de un físico unido a la comprensión de los factores psicológicos y sociales. Sus trabajos incluyen la dimensión social de la educación de las ciencias, con estudios importantes sobre diferencias de género, sociales y culturales. Una de sus grandes preocupaciones ha sido siempre la educación científica de las niñas y jóvenes. El profesor Sjoberg fue uno de los primeros en ver que las comparaciones internacionales de estándares como PISA o TIMSS necesitaban complementarse con estudios internacionales sobre actitudes hacia y en reacción a la ciencia, y fue el primero en involucrarse en estudios a escala global sobre el tema liderando el proyecto ROSE (*Relevance of Science Education*), uno de los principales estudios internacionales sobre el tema. Esta investigación consiguió una amplia participación y obtuvo resultados valiosos que supusieron un gran paso adelante en todos los continentes, incluidos África y Asia.

En los sistemas educativos de la mayoría de los países, las actitudes positivas hacia la ciencia y la tecnología (CyT) son objetivos de aprendizaje importantes, como también valorar la ciencia como parte de la cultura. Pues los valores y los intereses suelen ser determinantes en la elección de los estudios futuros. Sin embargo, en muchos de los países con alto nivel en PISA y TIMSS, el interés y actitudes hacia la

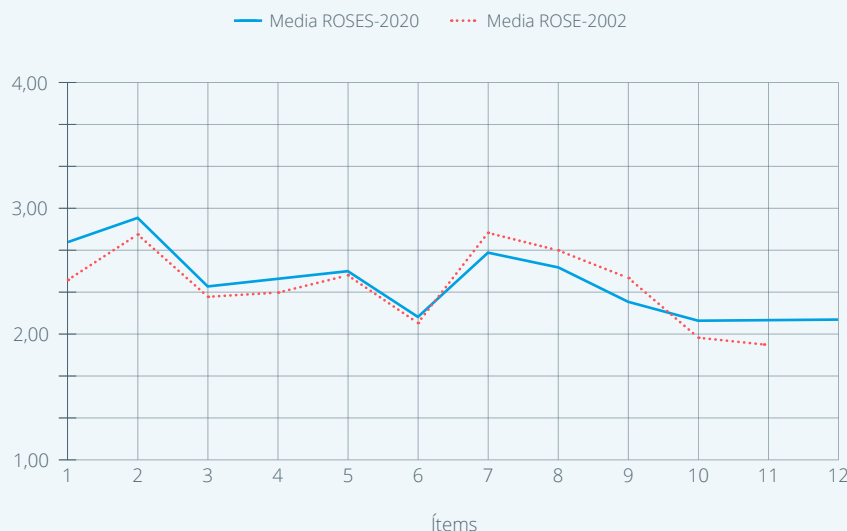


Figura 3: Resultado de la comparativa de la categoría F de los cuestionarios de ROSE-2002 y ROSES-2020.

relación e información, los desafíos ambientales globales están altamente mediatizados, (Greta Thunberg), y una pandemia de alcance mundial ha desbaratado todos sus planes. En este nuevo contexto nace ROSE *Second* (ROSES). Esta vez el profesor Sjöberg pasa el testigo a tres investigadores suecos: Magnus Oscarsson (Linköping University), Anna-Karin Westman y Anders Jidesjö (Mid Sweden University). En el nuevo proyecto crece el número de participantes, como se puede ver en la Figura 2 que refleja la situación de abril de 2021, y sigue creciendo debido al gran interés despertado en la coyuntura actual. ROSES se plantea como una continuación de ROSE. El principal objetivo es actualizar los datos empíricos en el contexto de la nueva situación e inspirar mejoras significativas. Por ello la mayoría de las preguntas del cuestionario se mantienen de forma que se puedan comparar los resultados entre ROSES y ROSE, en qué medida hay una progresión o regresión, qué impacto tuvo ROSE y qué más se podría hacer para mejorar de la educación de la CyT.

RESULTADOS PRELIMINARES DE ROSES Y PRIMERAS COMPARACIONES

España es uno de los países participantes y en Cataluña ya han participado más de 800 estudiantes de 11 centros escolares de Barcelona, Girona y Tarragona. En la figura 3 se presenta una comparativa de 12 ítems pertenecientes a la categoría *Mis clases de ciencias*, del cuestionario. En el gráfico se observa que los estudiantes catalanes tienen una mejor percepción de sus clases de ciencias respecto los datos medios españoles recogidos en ROSE-2002⁴.

En una escala de 1 a 4, se preguntó a los alumnos en qué medida estaban de acuerdo con las siguientes afirmaciones sobre *Mis clases de ciencias*:

1. *La ciencia es una asignatura escolar difícil.*
2. *La ciencia es una asignatura escolar interesante.*
3. *Las clases de ciencias me han abierto los ojos a trabajos nuevos y emocionantes.*
4. *La ciencia me gusta más que la mayoría de las otras asignaturas*

escolares.

5. *Las cosas que aprendo en las clases de ciencias serán útiles en mi vida cotidiana.*
6. *Las clases de ciencias me han hecho más crítico/a y escéptico/a.*
7. *Las clases de ciencias han aumentado mi curiosidad por las cosas que todavía no podemos explicar.*
8. *Las clases de ciencias me han mostrado la importancia de la ciencia para nuestra forma de vivir.*
9. *Las clases de ciencias me han enseñado a cuidar mejor mi salud.*
10. *Me gustaría llegar a ser científico/a.*
11. *Me gustaría conseguir un trabajo en la tecnología.*
12. *Las clases de ciencias me han ayudado a entender las soluciones sostenibles en mi vida cotidiana.*

Como se puede observar los resultados, con 18 años de diferencia, siguen un mismo patrón. Los máximos se obtienen en los ítems 1, 2 y 7, que reflejan la dificultad, el interés y la utilidad de la clase de ciencias, y los mínimos en los ítems 6, 10 y 11 que recogen la intención de ser científicos o bien conseguir un trabajo en tecnología.

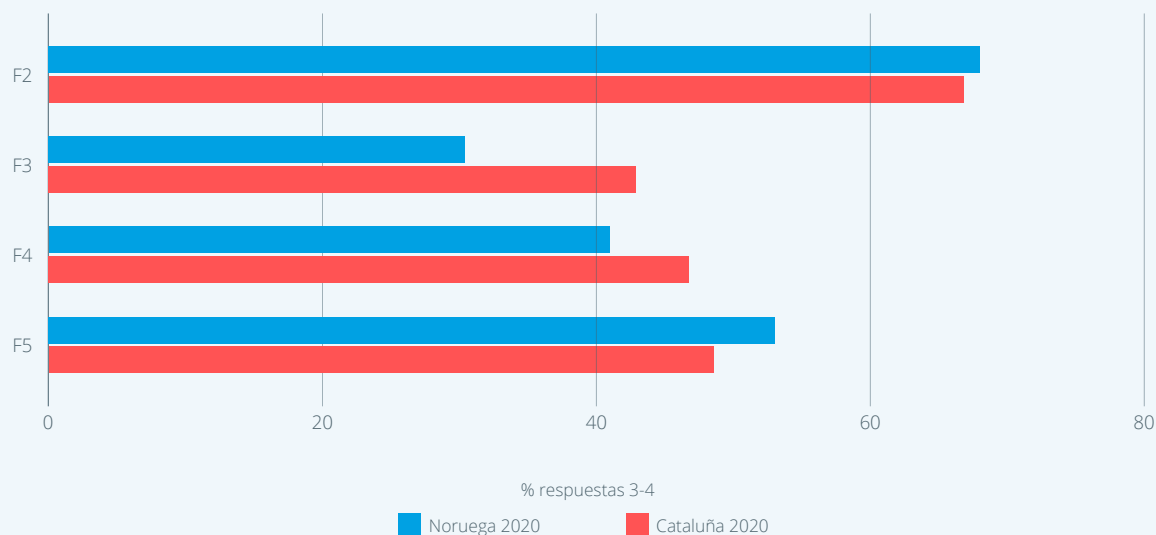


Figura 4: Comparativa preliminar entre Noruega y Cataluña en ROSES-2020

Noruega fue pionera en la aplicación del cuestionario y presentó sus resultados en el simposio de IOSTE celebrado en Corea en febrero 2021. En la Figura 4 se muestra una comparativa de resultados preliminares de Cataluña y el país nórdico, en referencia a 4 ítems relacionados con las actitudes en las clases de ciencias.

Estos primeros resultados obtenidos reflejan una tendencia similar en el interés mostrado por la asignatura de ciencias (Ítem F2), cercana al 70% de los adolescentes. La tendencia, por tanto, parece que se mantiene, a pesar de los cambios y esfuerzos realizados por los sistemas educativos.

ENTREVISTA A LOS DIRECTORES DEL PROYECTO ROSES

¿Qué impacto tuvo ROSE en los sistemas educativos de los países participantes?

ROSE sorprende de varias formas, lo que explica su éxito. Un resultado clave es que los estudiantes están interesados en la ciencia y la tecnología, y el interés está ligado a un

contenido específico. Otro resultado es que parece que el interés de los estudiantes está relacionado con el desarrollo social y la tendencia es internacional. En general, cuanto más modernizado está un país, menos interés muestran los estudiantes. Las conexiones con el rendimiento son aún más difíciles de entender. Hubo diferentes reacciones en los diversos países. En cada uno se decidió cómo hacer uso de dicha evidencia y se trabajaron políticas y reformas. Por ejemplo, en Suecia intentamos incorporar las dimensiones afectivas en la reforma curricular de 2011, pero fue difícil marcar la diferencia. Más allá de los países participantes, diría que, por ejemplo, en PISA se discutió sobre la importancia de medir las *actitudes afectivas*, un debate que aún continúa. Otras organizaciones y ONG han mostrado interés en los resultados y han sido utilizados por muy diversos *stakeholders*.

¿Qué motivó a dar continuidad al proyecto ROSE?

Compañeros de todo el mundo se pusieron en contacto con Svein Sjöberg sobre ROSE y querían saber más sobre cambios y nuevas

investigaciones. Esto lo llevó a proponer una mesa redonda de expertos en la conferencia IOSTE en 2016. En Suecia se nos pidió que continuáramos el trabajo y creáramos un segundo estudio ROSE. Dado que suceden muchas cosas en el mundo y en diferentes sociedades, como el cambio climático, los conflictos, las catástrofes, las redes sociales, etc., junto con, por ejemplo, campañas de ciencia y tecnología, varios colegas argumentaron que los resultados habrían cambiado. Se espera que la cultura juvenil, la modernidad u otras situaciones influyan en los resultados. Queremos investigar para sacar conclusiones empíricamente fundamentadas. Dado que muchos están interesados en esta investigación, consideramos que vale la pena intentarlo.

¿Qué diferencias hay entre los cuestionarios de ambos proyectos?

En ROSE, la mayoría de los países recopilaron datos con cuestionarios impresos y aunque muchos estudiantes consideraron que el cuestionario era largo, funcionó. Hoy en día, la mayoría de los países recopilan datos en modo digital. En un



Reivindico la visibilidad de modelos de proximidad, por ejemplo exalumnas de centros de secundaria de cualquier lugar, y que ahora tienen una profesión STEM, independientemente de la vía.

formato digital, la mayoría de la gente, si considera que un cuestionario es muy largo, lo interrumpe. Por tales razones, casi todos los compañeros de todo el mundo manifestaron su deseo de acortar el número de ítems del cuestionario. Tuvimos varias discusiones sobre cómo hacerlo, especialmente en el consejo asesor de ROSES. Después de consideraciones metodológicas, aplicamos un método estadístico que nos ayudó a optimizar y mejorar el cuestionario, de forma que se agregaron algunas categorías e ítems nuevos.

¿Podrías indicarnos qué tendencia observáis en este segundo estudio?

Estos son los primeros resultados y son preliminares. Una primera impresión general es que la situación se parece a la de principios del 2000. Ahora estamos en el proceso de analizarlo más a fondo y podremos ver algunas tendencias que publicaremos y comunicaremos en los próximos trabajos. Probablemente haya diferentes situaciones en diferentes países.

¿Cómo hacer que el aprendizaje de la ciencia sea más relevante para las niñas y las jóvenes?

Es importante, pero no estamos seguros de la causalidad y existe el riesgo de que no tratemos las causas reales de los problemas identificados. Creo que hay mucha evidencia que apunta a la importancia de la primera infancia y de la educación primaria, lo que nos hace sospechar que los proyectos a nivel secundario pueden ser demasiado tardíos e infructuosos, pero necesitamos más evidencia y experiencia práctica antes de dar recomendaciones.

Directores del proyecto:

Anna-Karin Westman
Magnus Oscarsson (Linköping University)
Anders Jidesjö (Mid Sweden University).

ENTREVISTA A NÚRIA SALÁN

¿Por qué crees que hay tan pocas chicas que se decidan a estudiar carreras STEM?

No hay una única causa y la importancia de cada una varía en función del entorno (económico, social, familiar...). Los principales motivos radicarían en una falta de modelos y referentes. Se detecta una ausencia de ejemplos de mujeres profesionales STEM que se muestren con naturalidad y normalidad en tareas habituales, mientras sí los hay de chicos STEM. Hay mujeres STEM que se identifican rápidamente, pero suelen ser mujeres muy *potentes* (Marie Curie, Margarita Salas, ganadoras de Nobel, Anna Navarro-Schlegel, catedráticas...) y esto hace que una niña *normal*, con notas *normales*, se sienta alejada de esos modelos. Es importante dar visibilidad a inventoras sin formación universitaria para dejar patente que no es preciso tener gran formación para ser creativa o inventiva, aunque si la tienen, mejor. Reivindico la visibilidad de *modelos de proximidad*, por ejemplo exalumnas de centros de secundaria de cualquier lugar, y que ahora tienen una profesión STEM, independientemente de la vía por la que lo hayan conseguido.

Otro factor muy influyente es el entorno familiar. Por ejemplo, si dicho entorno tiene formación STEM a nivel universitario, aunque una chica decida hacer un ciclo formativo tecnológico,

si no recibe presión, es muy, muy probable que cuando acabe, se anime a estudiar un grado universitario STEM.

Por último hay otro factor, que en ocasiones resulta ser el más fuerte y es la falta de *formación/información* de maestros en el ámbito tecnológico y en las múltiples profesiones que se pueden desarrollar desde formaciones STEM. Por ejemplo, muy pocos maestros proceden de un bachillerato tecnológico. Al no tener conocimiento ni cierta pasión por las STEM se crean tópicos y se obvia el perfil más humano de la tecnología (diseño de medicamentos, de sistemas de conservación de alimentos y medicamentos, de robots que hacen posibles cirugías imposibles, de robótica asistencial, de ergonomía, de confort, de diseño sostenible...). Sería necesario incluir en la formación general de magisterio, contenidos de tecnología.

Estos tres motivos, suelen combinarse y cuando ocurre que convergen en un mismo punto, nos encontramos con un *agujero negro de STEM*.

¿Qué le dirías a nuestros jóvenes (niños y niñas) para que elijan disciplinas STEM?

Que este siglo XXI es un siglo de ciencia y de tecnología, que las profesiones que se demandarán en las próximas décadas, aún no se han escrito pero serán profesiones relacionadas con las STEM y que si no desarrollan un mínimo de competencias en este ámbito, se quedarán como espectadores. Que no tendrán capacidad de formar parte del diseño de su propio futuro.

Hay mucha evidencia que apunta a la importancia de la primera infancia y de la educación primaria.

También les diría que la *mala fama* que precede a las STEM no es real. Las matemáticas no son difíciles, son apasionantes, pero te las han de explicar bien. Aunque se puedan percibir como un pelín más complicadas que otras disciplinas, no son formaciones inalcanzables y la gratificación que comporta tener una formación que te ayude a mantenerte actualizado, es impagable.

¿Cuáles piensas que son las actitudes y percepciones de los estudiantes relacionadas con la ciencia?

Que es para personas muy inteligentes, con muy buenas notas, con un perfil socioeconómico alejado de las rentas bajas. Ninguna de estas tres acepciones es estrictamente cierta. La ciencia nos ha ayudado, a lo largo de la historia de la humanidad, a entender el porqué de todo, a justificar los fenómenos que nos rodean, y desde este entendimiento y conocimiento, hemos podido diseñar remedios, mejoras y soluciones para vivir mejor. Si nadie se hubiese dedicado a las STEM no tendríamos móviles, ni portátiles, ni wifi, ni vacunas, ni alimentos deshidratados... Todo este confort que nos rodea es, en buena medida, el resultado de buenas acciones STEM. Y lo que nos queda por diseñar y construir es lo que está en las mentes de las generaciones que suben.

¿Qué factores pueden afectar significativamente al aprendizaje de las ciencias?

Que maestros y maestras tengan una visión positiva y asertiva de las

ciencias. Si las tienen interiorizadas, las transmitirán con pasión.

Que estemos *vendiendo* modelos de éxito que triunfaron en profesiones STEM. No ayuda una visión del típico genio autodidacta como Steve Jobs, y tampoco la *presión* sobre qué estudios hacer o finalizar a determinadas edades porque sino eres un fracasado. Hay jóvenes que necesitan otro ritmo.

Hay opciones de gamificación o de aprendizaje basado en problemas reales, que ayudan mucho a incorporar las ciencias desde ejemplos de su aplicación, para ver su utilidad. Es necesaria la complicidad y la pasión del profesorado.

¿Qué factores pueden afectar significativamente la enseñanza de las ciencias y las vocaciones STEM?

Ejemplos de tecnologías *complejas* que nos hacen la vida cómoda y fácil. Y a partir de esos ejemplos, mirando hacia atrás, desgarnar todos los conocimientos que han sido necesarios para el desarrollo de las mismas e identificar las competencias que han tenido las personas que las han desarrollado.

También incluiría aquí la sectorización de los ejemplos de aplicación de tecnología: con facilidad se relacionan directamente los avances en mecánica con coches potentes, veloces... pero hay otros aspectos que también han sido importantes (seguridad, confort, ergonomía, ahorro energético) que se consideran como *logros de segunda categoría*. Los chicos se sienten atraídos por la potencia de un coche, pero las chicas sienten más empatía por la eficiencia energética del mismo. Un mismo ejemplo, con distintos matices...

Se suele decir que con una carrera STEM no te faltará trabajo. Y es cierto. Desde un perfil STEM puedes participar, en primera persona, en el desarrollo y construcción de un mundo mejor. ¿Te lo vas a perder?

Clara Blanch Ricart es Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). Estudió el Máster en formación de profesorado de Matemáticas e Informática en la Universidad Internacional Valenciana (VIU). Desde entonces ha trabajado como docente de Matemáticas en secundaria y bachillerato internacional. Forma parte del equipo de investigación de Impuls Educació desde julio 2020. Actualmente, es doctoranda de Educación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología por la UPC y codirigido por la Universidad de las Islas Baleares (UIB). Es coordinadora en Cataluña del Proyecto ROSES-2020 junto a Maricarmen Albás.

Mari Carmen Albás Bolit es Ingeniera Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). Actualmente, doctoranda de Educación de la Ingeniería, las Ciencias y la Tecnología en la UPC y codirigido por la UIB. Es profesora de Matemáticas y Dibujo Técnico de bachillerato en el Colegio la Vall (Institució Familiar d'Educació) desde 1996. Forma parte del equipo de investigación de Impuls Educació desde junio 2020. Implementó el programa internacional *e-Twinning*, el uso de la plataforma moodle en el centro educativo y fue pionera en la utilización de dispositivos móviles en el aula.

María Pilar Almajano Pablos es Doctora en Químicas. Ha trabajado en secundaria durante 12 años. Lleva más de 20 años en la UPC, donde está actualmente. Tiene dos líneas de investigación activas: los antioxidantes naturales y la mejora del aprendizaje de los estudiantes (tanto en secundaria como en la universidad). Colaboradora habitual del ICE de la UPC desde el inicio de su carrera profesional, actualmente imparte asignaturas y talleres a profesores de la UPC y a futuros profesores de secundaria (especialidad tecnología).

Notas

¹ El informe PISA (*Programme for International Student Assessment*) estudio de la OCDE a nivel mundial del rendimiento académico en matemáticas, ciencia y lectura.

² TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) evaluación internacional de conocimientos de matemáticas y ciencias de estudiantes de cuarto y octavo de todo el mundo.

³ Fuente: *Primera Clase Cómo construir una escuela de calidad para el siglo XXI*
<https://doi.org/10.1787/9788468050126-es>

⁴ *La Relevancia de la Educación Científica II: Las voces de los estudiantes catalanes en sus clases de ciencias. Resultados preliminares.*

Desde un perfil STEM puedes participar, en primera persona, en el desarrollo y la construcción de un mundo mejor.



reportaje

A woman with dark hair, smiling, is speaking into a microphone at a podium. The image is overlaid with a semi-transparent blue filter. In the background, there are various graphics: the 'inGenious' logo, the text 'Shaping the future of maths and science education ingenious-science.eu', and icons for 'Industry', 'Schools', 'Education', and 'Business'.

Àgueda Gras-Velázquez es directora del Programa de Ciencias de *European Schoolnet* (EUN), una red de 32 ministerios de educación europeos). Como jefa del Departamento de Educación Científica de EUN, supervisa la coordinación de todos los proyectos STEM en los que participan. Además, se encarga de la gestión diaria de Scientix y coordina el grupo de trabajo de representantes de STEM de los Ministerios de Educación de esta red. En sus 12 años en esta organización, Àgueda ha participado en más de 60 proyectos financiados por la CE y 18 financiados por entidades privadas. Antes de incorporarse a EUN en mayo de 2008, trabajó como profesional independiente de eLearning, como tutora, diseñadora de contenidos, gestora de TIC, administradora, gestora de proyectos y consultora para proyectos internacionales. Es coautora de varios artículos en el ámbito de la investigación en educación científica y tiene un doctorado en astrofísica por el Trinity College de Dublín, realizado en el Instituto de Estudios Avanzados de Dublín (Irlanda).

Scientix

Una comunidad para la enseñanza de las ciencias en Europa

por Maria Font

16
17

ENTREVISTA A ÀGUEDA GRAS-VELÁZQUEZ



¿Qué es el proyecto Scientix?

Scientix es una comunidad para la educación científica en Europa que tiene como objetivo promover y apoyar la colaboración entre profesores, investigadores, responsables políticos y otros profesionales de la educación en el campo de las STEM en toda Europa. Desde 2010, Scientix se ha desarrollado de forma que hoy en día ofrece a los profesores europeos una plataforma para ampliar sus propios conocimientos sobre las materias STEM, conectar con otros colegas profesores, así como inspirarse en todo tipo de proyectos de educación STEM. Este valioso intercambio tiene lugar no sólo directamente en la plataforma Scientix, donde los profesores pueden encontrar nuevas ideas para sus clases a través del repositorio de recursos, sino también a través de la formación en línea, los seminarios web y las prácticas comunitarias que ofrecen los proyectos. Como parte de su misión principal, Scientix también funciona como un puente que conecta a los profesores europeos con otros profesionales de los campos STEM, creando el espacio para que puedan co-organizar eventos y conferencias Scientix donde presentar los proyectos que están llevando a cabo en sus aulas. Por último, Scientix permite a los responsables políticos estar al día de las implementaciones más recientes, tanto teóricos como prácticos, de las distintas materias STEM, influyendo en las futuras estrategias nacionales que se adopten en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

¿Cómo empezó y cómo ha evolucionado?

Scientix nació en 2010 gracias a la Dirección General de Investigación e Innovación de la Comisión Europea, que quería asegurarse de que todos los materiales y resultados de los proyectos financiados con fondos públicos no desaparecieran una vez terminados. Se ha desarrollado en tres fases. Entre 2010 y 2012, el proyecto creó un espacio donde presentar los proyectos STEM europeos mediante el desarrollo de un portal online, además de organizar varios talleres para profesores. Entre 2013 y 2015, Scientix contribuyó al desarrollo de estrategias nacionales que promueven enfoques innovadores en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas mediante la creación de una red de Puntos Nacionales de Contacto (PNC). Por último, entre 2016 y 2019, Scientix amplió su panel de Embajadores Scientix y las oportunidades de desarrollo profesional. Scientix es una iniciativa de la Comisión Europea (CE), desde su creación. Siempre ha sido coordinada por *European Schoolnet* (EUN). Todos los que participan

Scientix permite a los responsables políticos estar al día influyendo en las futuras estrategias nacionales que se adopten en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Esta comunidad ha demostrado ser también una herramienta increíble para la creación de redes profesionales y el intercambio de conocimientos.

en Scientix y en la educación STEM hacen que se haya convertido en un gran éxito.

Scientix 10 años después

Durante los últimos 10 años, he tenido la posibilidad de experimentar el valor que Scientix ha aportado a la educación STEM en las escuelas europeas. Además de los comentarios positivos que hemos recibido de muchos profesores que asisten a los talleres ofrecidos por Scientix, esta comunidad ha demostrado ser también una herramienta increíble para la creación de redes profesionales y el intercambio de conocimientos. Al hablar de estos éxitos, me refiero a su influencia más allá de las acciones que EUN organiza y de las que es responsable principal, como conferencias nacionales de Scientix, publicaciones o informes. De hecho, el potencial de Scientix se me hizo tangible por primera vez al ser testigo de cómo los profesores europeos utilizaban la comunidad para crear una bola de nieve en proyectos similares, no porque EUN se lo pidiera, sino por su propia voluntad. Personalmente, creo que el éxito de Scientix radica en el deseo de estos profesores de conectar y compartir sus experiencias con otros profesionales para ampliar el conjunto de conocimientos en torno a STEM. En este sentido, Scientix es un catalizador: no habla de sí mismo, sino del esfuerzo, los logros y las luchas de muchos profesores que, gracias a la comunidad, contribuyen activamente a alimentar el flujo y el intercambio de conocimientos STEM.

¿Nos puedes contar algún éxito de Scientix que consideres relevante?

Uno de los principales logros de Scientix, es conectar a todos estos profesores de Física, Química, Matemáticas, Biología, Ingeniería, e incluso asignaturas no STEM. Creando una verdadera comunidad STEM que hace que ningún profesor se sienta solo frente a los problemas de la enseñanza.

En 2010, cuando iniciamos Scientix, nos costó encontrar a 30 profesores dispuestos a dedicar tiempo a compartir su experiencia en educación STEM con los demás, que aceptaran que todo lo que crearan estaría disponible de forma gratuita para todos. Desde entonces, hemos pasado a un panel de 90 profesores embajadores de Scientix en 2014, a 400 en 2018 y a 850 en 2021, con

muchos más que se quedan fuera debido a los diferentes requisitos para asumir este papel. Estos profesores se han convertido en faros de ideas, apoyo y colaboración para otros.

En estos años vemos a profesores de toda Europa que se desviven por organizar diferentes talleres bajo el paraguas de Scientix, sobre temas que van desde los laboratorios remotos hasta el concepto de *Flipped Classroom*, pasando por la robótica, los experimentos prácticos o las soluciones basadas en la naturaleza. Organizan talleres cortos, largos, online, presenciales. Sea cual sea el formato que necesite, los embajadores de Scientix encuentran la manera de hacerlo. Para ellos no se trata de *por qué no se puede hacer*, sino de *cómo podemos hacerlo realidad*.

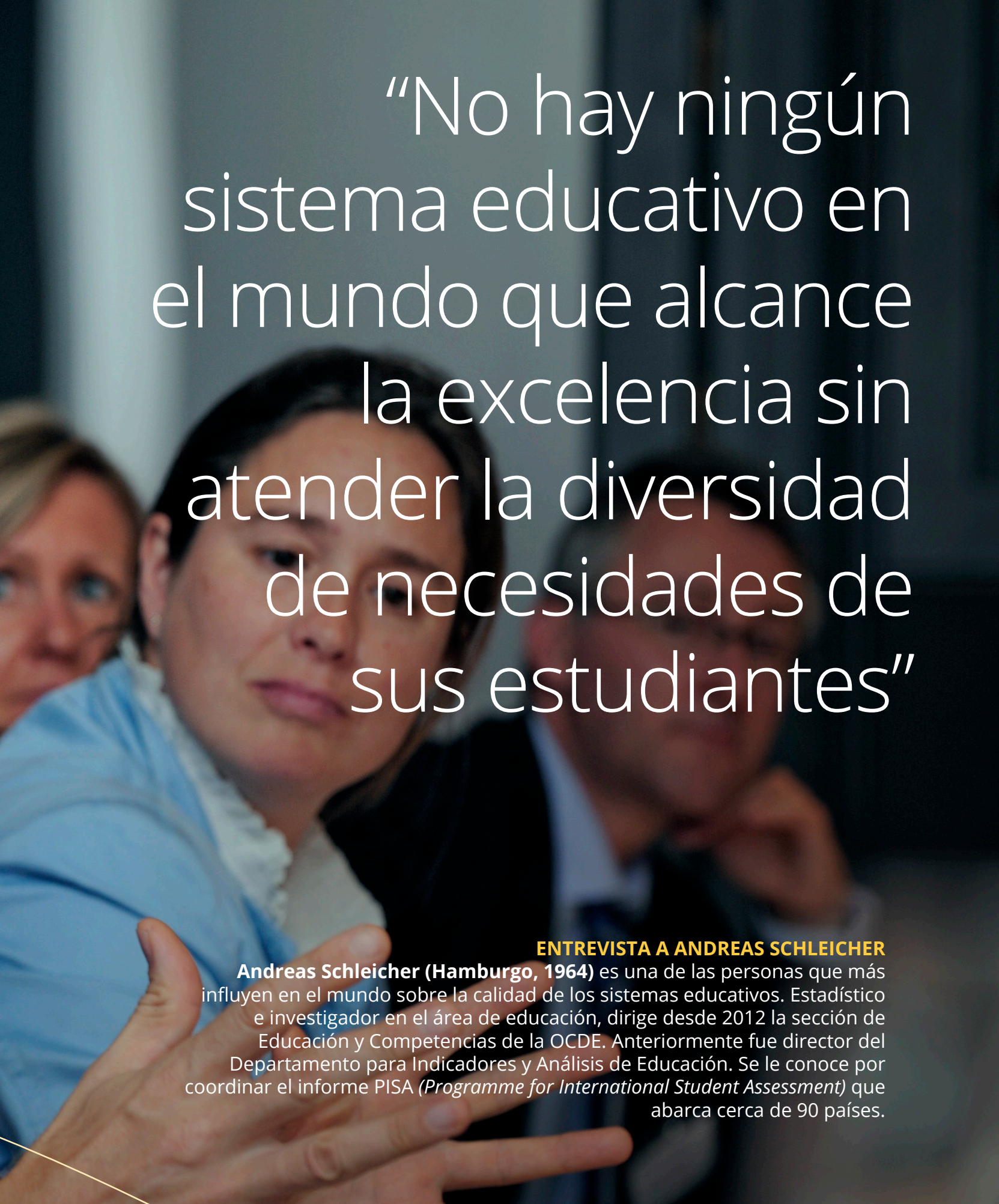
He visto a profesores de diferentes países sentarse juntos y elaborar un proyecto durante una cena. He observado cómo profesores que se conocieron al principio de Scientix y que tenían dificultades para comunicarse en inglés, escriben juntos varios proyectos de la Comisión Europea tres años más tarde que consiguen financiar. He recibido correos electrónicos de muchos profesores que tras conocer a otros profesores STEM de toda Europa, ahora colaboran, intercambian, se reúnen...

En 2019 hubo una convocatoria de la Comisión Europea para premiar a los mejores proyectos de Horizonte 2020 financiados y decidimos presentar Scientix. Uno de los requisitos era aportar un par de cartas de apoyo que mostraran los logros. Era un viernes y escribí a los embajadores de Scientix para conseguir dos o tres de estas cartas. Acabé pasando el fin de semana recopilando más de 170 cartas de profesores de toda Europa y de fuera de ella en las que compartían sus experiencias y cómo Scientix les había ayudado a desarrollarse, las diferentes acciones emprendidas a nivel escolar, local o regional para mejorar la educación STEM, las redes creadas, los nuevos proyectos y las actividades. Scientix no ganó el premio formal, pero logramos más de lo que habíamos imaginado. La Comunidad Scientix para la enseñanza de las ciencias en Europa cobró vida más allá de lo que habíamos planeado. Scientix está ahí para proporcionar una comunidad para todos y hacer que el conocimiento fluya. Para que la información viaje, lo que no encuentras en tu país/proyecto/clase, lo puedes encontrar en el extranjero u otro lugar. Para que ningún proyecto funcione solo. Para que ningún centro u organización STEM tenga que empezar de cero. Para que ningún profesor se enfrente solo a la dura pero necesaria tarea de conseguir que los niños conozcan, les guste e incluso sueñen con la ciencia.



panorámica





“No hay ningún sistema educativo en el mundo que alcance la excelencia sin atender la diversidad de necesidades de sus estudiantes”

ENTREVISTA A ANDREAS SCHLEICHER

Andreas Schleicher (Hamburgo, 1964) es una de las personas que más influyen en el mundo sobre la calidad de los sistemas educativos. Estadístico e investigador en el área de educación, dirige desde 2012 la sección de Educación y Competencias de la OCDE. Anteriormente fue director del Departamento para Indicadores y Análisis de Educación. Se le conoce por coordinar el informe PISA (*Programme for International Student Assessment*) que abarca cerca de 90 países.

...ouncil
fit for the future
...mak
...ouncil
th
...lisboncouncil
aking Europe fit for the future
...heLisboncouncil
...sboncoun
n Europe fit for the fu
...sbonco
...Lisbo
making Eu
...the
...ncil
the fut
...cco
...thor



“Calidad en educación es ayudar a los alumnos a desarrollar una brújula fiable para navegar por un mundo que no podemos predecir”

por Ana Moreno

Los numerosos estudios de estos ya 20 años de PISA aportan gran cantidad de datos que permiten predecir el éxito de determinadas políticas educativas con ciertas garantías. ¿Qué es para usted calidad en educación en la coyuntura actual y qué rasgos característicos debería tener un sistema educativo?

Para mí calidad en educación es que los alumnos estén preparados para vivir con ellos mismos, con los demás y con el planeta. Que sean capaces de pensar por sí mismos, pero también colaborar. Calidad hoy es conocimiento, competencia, actitud y valores. Creo que en el mundo en que vivimos, calidad en educación no es enseñar algo a los alumnos, sino ayudarles a desarrollar una brújula fiable y las herramientas para navegar con confianza por un mundo que no podemos predecir, un mundo incierto y volátil.

Aún hay mucha gente que mira con recelo el cambio de enfoque en educación de contenidos a competencias. Les da miedo una pérdida en la calidad de la

educación. ¿Qué habría que tener en cuenta en esta transformación para una transición positiva? ¿Qué diría a quienes temen perder nivel en aprendizajes básicos de lenguas y matemáticas, o simplemente disminuir en conocimientos?

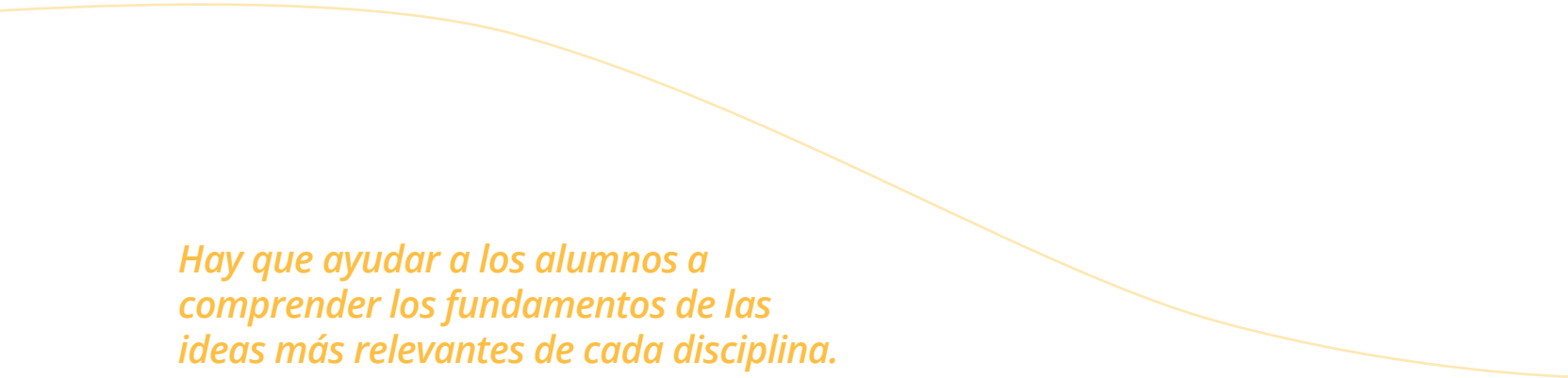
Creo que la necesidad de competencias procede del mundo en que vivimos. El mundo moderno, ya no te recompensa por lo que sabes, Google lo sabe todo, lo hace por lo que sabes hacer con lo que sabes.

¿Puedes extrapolar lo que sabes, lo puedes aplicar a una situación nueva? Esto es lo que debemos tomarnos en serio.

En estos momentos es muy importante preguntarse cómo hacer la transición. Está claro que no podemos cambiar nuestros paradigmas curriculares de forma radical, de un día para el otro, y esperar que los resultados sean inmediatos. Esto supone un cambio gradual que pasa por diferentes entornos de aprendizaje y formas de enseñar, donde los alumnos no son consumidores pasivos de conocimientos sino más bien, trabajan de forma activa para desarrollar el conocimiento que

experimentan. No se trata de eliminar el valor de la ciencia, sino en ver cómo podemos mejorar la enseñanza de la física o la química para que los jóvenes piensen como científicos. Cuando diseñas un experimento, ¿puedes distinguir entre preguntas planteadas científicamente y las que no lo están? Este es el fundamento de la ciencia. De esta forma los alumnos adquieren conocimientos relevantes, si enseñamos desde la superficie, no entienden lo que es la ciencia y no les ayudará en el futuro cuando ese conocimiento sea diferente. Es un poco lo que pasa en España. Tenéis un currículum que enseña a los jóvenes muchas cosas de forma poco profunda, con un kilómetro de amplitud y un milímetro de profundidad. Con historia pasa lo mismo, la competencia no elimina la historia, hace la transición entre aprender nombres y lugares a ser capaz de pensar como lo hace un historiador. De esta forma pueden entender cómo emerge una sociedad, como se desarrolla y avanza, y a veces como se revela en cambios de contexto.

Las matemáticas son muy importantes en el aprendizaje basado



Hay que ayudar a los alumnos a comprender los fundamentos de las ideas más relevantes de cada disciplina. Menos cosas con más profundidad, para evitar una enseñanza superficial.

en competencias. Pero tampoco se trata de enseñar cómo se calcula una función exponencial, sino de ayudar a los estudiantes a comprender el concepto, la naturaleza de un factor exponencial. En la pandemia hemos tenido grandes problemas con esto. Como seres humanos hemos nacido en un mundo lineal, el tiempo es lineal, y eso nos hace sentir confortables. De repente aparece un virus que se comporta exponencialmente, algo de lo que no tenemos experiencia, pero el mundo de las matemáticas puede abrirnos a esa experiencia y entenderlo. Si solo enseñamos la superficie, los alumnos aprenden a calcular algo que un ordenador puede calcular mucho más rápido.

Pienso que lo importante no es sobre si más o menos conocimiento, sino ayudar a los alumnos a elevarse más allá de su conocimiento comprendiendo los fundamentos de las ideas relevantes de cada disciplina. Esto implica enseñar menos cosas a una mayor profundidad y evitar una enseñanza superficial.

Esto implica un gran esfuerzo al profesorado, es mucho más fácil leer

un libro de texto que proporcionar a los alumnos una comprensión conceptual real de los contenidos. Sin embargo, podemos mirar hacia países que lo están haciendo realmente bien. Si vas a una clase en España verás un profesor enseñando de 16 a 17 problemas de matemáticas en una hora, de forma que los alumnos practican mucho un tipo de problema. Si vas a una clase en Japón, el profesor trabaja un único problema en una hora. El profesor y los alumnos analizan el problema desde diferentes perspectivas e ideas, y al final de la lección los alumnos han comprendido una idea, la han hecho suya y pueden extrapolar a partir de ella.

Esta forma de enseñar es mucho más difícil. No se trata de hacer una transición radical. Se trata de empoderar gradualmente al profesorado, apoyarlo, e ir pasando de un modelo en que los alumnos son receptores pasivos de conocimiento a otro en el que son co-creadores activos. Esto es lo más importante.

Usted es un gran defensor de que una educación de calidad para todos es posible. ¿Cómo se

puede desde los centros escolares avanzar en esta meta sin contar con muchos grandes recursos?

¿Cómo hacen los sistemas educativos que lo consiguen para atender a los más desfavorecidos sin medrar los resultados del resto?

Si miras hacia los sistemas educativos más avanzados, se ve que el éxito de los alumnos se relaciona poco con su procedencia socioeconómica. Se puede ver un rendimiento mucho más estable en Estonia, donde el colegio más cercano es el mejor. No hay mucha variabilidad en el rendimiento del colegio, ni en el de los alumnos según su origen social.

Esto tiene una explicación. El sistema tradicional se basa en un único modelo aplicado a todos los estudiantes. Y esto funciona bien para algunos alumnos, pero para otros funciona mal. Lo que los sistemas educativos con alto nivel de rendimiento entienden es que alumnos diferentes aprenden diferente e intentan atender a esa diversidad con prácticas educativas diferenciadas, dando a los alumnos, diferentes ritmos para comprometerse en su aprendizaje y



progresar. Hay diferentes estilos de aprendizaje y necesidades especiales.

En España se piensa que el 8% de sus alumnos tienen necesidades especiales y es necesario tratarlos aparte. En Estonia, Dinamarca o Finlandia piensan que el 100% de sus alumnos tienen necesidades educativas especiales. Todos los alumnos tienen talentos especiales y necesitamos darles un apoyo adicional para que lo puedan desarrollar. Hay alumnos que tienen dificultades en algún área, y necesitamos darles un apoyo extra. Esto es muy exigente para el profesorado, tienen que entender cuán diferentemente aprenden sus alumnos. Necesitan ser capaces de dominar un amplio repertorio de estrategias pedagógicas diferentes.

Pero hoy tenemos muchos buenos ejemplos. Podemos decir sin riesgo a equivocarnos que no hay ningún sistema educativo en el mundo que alcance la excelencia sin atender la diversidad de necesidades de sus estudiantes.

En España hay muchos alumnos que se caen por las grietas del extremo inferior del espectro. La mentalidad del sistema educativo

aún es si no triunfas en el sistema te dejamos repetir. Pero esto es muy caro para la sociedad española. Tendrá que pagar de 25 a 30.000 euros por cada repetidor porque tendrá que esperar un año a que entre en el mercado laboral y pagar impuestos. Por eso lo que hacen en sistemas educativos con un alto nivel de rendimiento como Japón, Singapur, Finlandia o Estonia, es pensar de otra forma, doy al colegio recursos extra para que pueda dar apoyo adicional y asegurar que evitan al máximo el riesgo de repetir. De esta manera los recursos se invierten en comprender y nutrir el talento y no en fomentar la repetición.

Necesitamos hacer crecer el talento extraordinario de los alumnos ordinarios. No se trata de clasificar alumnos que son muy buenos en todo, de aquellos que no son buenos en todo. Pienso que es una meta alcanzable y veo muchos sistemas

educativos que están cada vez más cerca de conseguirlo.

La OCDE propone en 2019 una renovación del marco competencial para el s. XXI. En él se retoma con fuerza la idea de garantizar un aprendizaje que dure toda la vida. ¿Qué aprendizajes o competencias son básicas para garantizar un aprendizaje a lo largo de toda la vida?

Creo que la clave está en la curiosidad. La suerte es que como seres humanos nacemos con ella, si tienes una hija o un hijo de 3 años son extremadamente curiosos. Preguntan por todo y quieren hacerlo todo ellos solos, aprenden y se equivocan y lo intentan otra vez, son muy resilientes. Si un buen sistema educativo intenta nutrir y mejorar esta curiosidad, este hambre por aprender, este amor al aprendizaje, entonces crearemos aprendices para toda la vida.

El cambio no es una elección, debemos asegurarnos de educar a los jóvenes para su futuro, no para nuestro pasado.

El reto del aprendizaje a lo largo de la vida no es una oportunidad. El reto está en la idea de que cada día yo camino intentando llegar a ser esa mejor versión de mí mismo, que me puede preparar para nuevos trabajos que aún no han sido creados, para usar tecnología que aún no ha sido inventada, para resolver problemas sociales que aún no podemos ni nombrar. Pienso que esta disposición hacia el aprendizaje es muy importante. Si como profesor todo lo que consigues es que tus alumnos dejen el colegio con esa curiosidad por la vida, has conseguido mucho. Si por el contrario educas para un conocimiento muy específico y ellos no actualizan ese conocimiento y competencias, en poco tiempo se encontrarán perdidos pues el mundo cambia muy rápidamente. Hay que estar dispuesto a probar cosas nuevas, a cuestionar la sabiduría de nuestro tiempo, no solo reproducirla. También es muy importante la mentalidad de crecimiento, pensar que mi éxito depende de mí, de mi esfuerzo, no de mi inteligencia heredada, la capacidad de resolver problemas complejos, y la disposición de navegar por la ambigüedad y tomar decisiones en un contexto en que no podemos entender todos los elementos y no podemos dar un paso atrás.

Hace poco tiempo la OCDE publicó un nuevo informe que muestra que la gente joven tiene dificultad en distinguir hechos de opiniones, y también de lidiar con conflictos de interés o encontrar su propia forma de pensar.

Otra cuestión es que movilizar los aspectos emocionales y sociales son cada vez más importantes para el aprendizaje.

Por otro lado en el mundo de la inteligencia artificial necesitamos pensar mucho más sobre lo que nos hace realmente humanos. Cómo complementar y no sustituir la inteligencia artificial. Creo que esto es un aspecto en el que la educación debe prestar más atención. Pienso que los buenos profesores lo hacen continuamente. Son éstos, por ejemplo, los profesores que los jóvenes recordarán de la pandemia. Aquellos que les cuidaron, que comprendieron quiénes eran como estudiantes, quienes querían llegar a ser, quienes les ayudaron a realizar sus sueños y sus pasiones, por eso creo que esto es muy importante.

El programa PISA introduce nuevas competencias cada cierto tiempo como la resolución cooperativa de problemas en 2015, la competencia global en 2018, y la creatividad en 2022. ¿Qué se pretende con tanto cambio? ¿Cómo puede un sistema educativo ir incorporando novedades tan rápidamente? ¿Para cuándo una competencia computacional como la programación?

Creo que deberíamos hacer la pregunta al revés. En un mundo que cambia rápidamente, ¿cómo podemos hacer que la educación se adapte más rápidamente? El cambio no es una elección, debemos asegurarnos de educar a los jóvenes para su futuro, no para nuestro

pasado. La pregunta debería ser cómo podemos hacer esa transición

En la actualidad, la programación de ordenadores es muy importante, pero, ¿lo será mañana? Es muy difícil decirlo. Creo que es muy arriesgado esforzarnos en enseñar a los jóvenes las técnicas de hoy para resolver los problemas de mañana.

Importa más saber si los estudiantes entienden el pensamiento computacional. Esta cuestión ya se está incorporando a la siguiente evaluación de matemáticas. ¿Entiendes lo que es un algoritmo? Si no, te puedes convertir en esclavo de un algoritmo muy rápidamente. Sin embargo, la programación para mí, es una técnica de hoy. Creo que en educación tenemos el riesgo de saltar hacia el siguiente tipo de técnica que parece importante hoy, invertir mucho esfuerzo y luego, 10 años después, nos encontramos con que es un callejón sin salida.

En cierto modo, creo que en referencia a la cuestión sobre el futuro probablemente se esperará de nosotros que seamos menos instrumentales en nuestros enfoques sobre educación. En el pasado, solíamos aprender a trabajar e invertimos nuestros esfuerzos en ello, ahora aprender es el trabajo. Creo que esta es una transición muy importante. Ya no podemos preparar a las personas simplemente en un conjunto específico de técnicas para tener éxito en sus vidas. Creo que realmente necesitamos darles las herramientas para encontrar su propio camino.

En el pasado, solíamos aprender a trabajar e invertimos nuestros esfuerzos en ello, ahora aprender es el trabajo. Ya no podemos preparar en un conjunto específico de técnicas para tener éxito.



Lo que descubrimos en la pandemia es que el aprendizaje no es un proceso transaccional, es relacional, un fenómeno social.

La pandemia ha puesto en jaque al mundo. La urgencia de resolver problemas complejos con creatividad y en poco tiempo ha puesto de manifiesto que nos adentramos en las profundidades de la era de la innovación a toda velocidad. ¿Cómo cree que se debería afrontar esta situación desde una educación de calidad?

Sí, es cierto que la pandemia ha sido profundamente perturbadora para la educación. El futuro siempre nos sorprenderá. No creo que podamos predecir un único futuro. Lo que sí podemos es pensar en diferentes futuros alternativos y preguntarnos qué implicaciones tienen. Si estamos preparados para múltiples futuros, seremos más ágiles y estaremos más preparados para lo que venga.

Creo que esto es lo que la pandemia ha mostrado realmente. Los estudiantes fueron capaces de aprender por su cuenta, donde estaban acostumbrados a trabajar con buena tecnología, tenían contacto social continuado en la escuela, unos padres que estaban interesados en su aprendizaje. La pandemia fue tal vez una experiencia interesante, e incluso encontraron una gran cantidad de nuevos entornos y recursos de aprendizaje.

Pero para los estudiantes que solían ser alimentados con cuchara por sus profesores, para los profesores que trabajaban en un tipo de organización de trabajo muy industrial, de repente, el mundo se vino abajo.

En cierto modo, la pandemia nos enseña que en el futuro, tener una educación de calidad significa tener

mucha más responsabilidad en la primera línea. Depender menos de las estructuras jerárquicas donde miramos hacia arriba. Microgestionar un tipo de realidades donde miramos más hacia fuera, donde los estudiantes colaboran, donde los profesores trabajan profesionalmente y están unidos, trabajan muy conectados entre sí. Creo que esto es lo que realmente tenemos que aprender, hacer que nuestros sistemas de educación sean más horizontales, más colegiados, más colaborativos y depender menos de la prescripción vertical, la dirección y la responsabilidad. Es muy importante tener un sistema educativo que tenga más creatividad y responsabilidad en el aula, en la escuela, en la primera línea, donde los profesores enseñan, pero también hacen otras cosas. Un buen profesor también necesita ser un buen mentor, un buen entrenador, un buen diseñador de entornos de aprendizaje innovadores, un gran investigador en un mundo tecnológico.

Los científicos tienen una parte central en esto, se trata de innovación científica, pero también de innovación social. Creo que son como dos caras de la misma moneda. Además de grandes ingenieros, queremos ingenieros que tomen decisiones éticas. La inteligencia artificial dará un gran poder a la mayoría de las personas, pero no les quitará la responsabilidad de distinguir lo que está bien y lo que está mal, lo que es verdad y lo que no lo es.

En el pasado, podías enseñarle a alguien habilidades técnicas, y eso era suficiente. Hoy en día, creo que es necesario equipar a los jóvenes con una gama bastante amplia de habilidades de innovación tecnológica y social. Ambas deben ir de la mano, tal como hemos visto en la pandemia. La tecnología no ha salvado a nadie en la pandemia, la tecnología no ha hecho el aprendizaje. De hecho, lo que descubrimos en la pandemia es que el aprendizaje no es un proceso

transaccional, es relacional, un fenómeno social.

Y creo que ahí es donde, la perspectiva científica y la perspectiva social, realmente, se integran más estrechamente en el futuro. Antes distinguíamos lo que se aprendía para la vida y lo que se aprendía para el trabajo. Hoy no estoy muy seguro de que esa distinción sea realmente relevante.

La tecnología ya es omnipresente en todos los ámbitos de la vida humana, hoy un niño aprende a usar un móvil, una tablet e incluso un ordenador sin saber leer ni escribir. Desde su punto de vista: ¿Qué papel debe jugar la tecnología en la educación de las nuevas generaciones?

Creo que la tecnología tiene mucho potencial. La inteligencia artificial puede ayudar a hacer el aprendizaje mucho más regular, interactivo y participativo. Cuando estudias matemáticas en un ordenador, éste analiza cómo estudias, averigua qué te interesa, te lleva a donde necesitas para mejorar. Creo que la inteligencia artificial es claramente un poder que puede mejorar la transmisión del conocimiento. La analítica del aprendizaje, puede ahora ayudar al profesorado a conocer mejor cómo diferentes estudiantes aprenden de manera diversa y luego entender cómo cambiar las estrategias o enfoques.

Los *big data* en educación, también aportan muchos aprendizajes potenciales. Pero, ya sabes, el aprendizaje es siempre un proceso social. Creo que la tecnología puede empoderar a los estudiantes y a los profesores, pero no puede reemplazar el proceso social, no puede reemplazar el papel de un profesor. Aunque el papel del profesor cambie y evolucione y mejore en la comprensión de tus estudiantes. No se le puede sustituir en las intenciones educativas, en la comprensión de dónde tus



estudiantes tienen su talento, cómo ayudarles a desarrollarlos o en la comprensión de qué le ayudaría a un propósito social. Creo que la tecnología puede complementar, pero siempre debe primar la dimensión humana, las habilidades de las personas en primer lugar. El mayor temor que deberíamos tener al tener un gran smartphone y no tener malas habilidades, es ser esclavo de la tecnología, de los algoritmos. Creo que tenemos que mantener el equilibrio entre la tecnología y las habilidades humanas para crear sinergias muy significativas, y debemos pensar en cómo se pueden complementar, no sustituir. En cierto modo, creo que la inversión principal de formación de los jóvenes en este sentido tiene que

ser las habilidades humanas para utilizar la tecnología.

También puede ayudar a los profesores a diseñar entornos de planificación realmente buenos donde la mejor tecnología es probablemente la tecnología que es totalmente invisible en el aula.

Estamos ya casi al final de nuestra entrevista y me gustaría hablar de algo que usted mismo ha considerado alguna vez una asignatura pendiente de muchos sistemas educativos la incorporación de valores éticos al currículum como objetivos educativos. ¿Por qué lo considera tan importante y qué valores cree que serían los más necesarios en estos momentos?

Un buen profesor también necesita ser un buen mentor y entrenador, un buen diseñador de entornos de aprendizaje y un gran investigador.

En el mundo en el que vivimos, la contribución más importante a la educación es dar a los alumnos una brújula fiable, que les aporte sentido de lo que es bueno y malo, lo que está bien y lo que está mal en este contexto. En el pasado, podías preguntar a la gente de tu alrededor, a las personas mayores que conocían



www.oecd.org

BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES / DES POLITIQUES MEILLEURES POUR UNE VIE MEILLEURE

1989

BY OCTOBER 1989 HE HAD
THREE FUNDAMENTAL
PRINCIPLES THAT
HEARD:
THE FOUNDATION
OF THE
WORLD BANK, THE
AND THE
OF THE
OF THE
OF THE
OF THE



En el futuro, tenemos que poner los valores en el centro de lo que enseñamos, y luego pensar en el conocimiento y las habilidades como posibles formas de ilustrar esos valores

muy bien el mundo y podían decirte todas las respuestas. En un mundo tan cambiante como el actual eso es muy difícil. Muchos padres no entienden que sus hijos e hijas necesitan hacer ese tipo de juicios por sí mismos. La tecnología tampoco ayuda, es un gran amplificador, un acelerador, acelera las buenas ideas y las buenas prácticas de la misma manera que acelera las malas ideas y las peores prácticas, de forma que los valores se convierten en algo realmente crítico.

En el pasado solíamos poner los valores en la parte inferior del sistema, pensábamos, vamos a enseñar primero el conocimiento y al final se hablaba de valores. En el futuro, tenemos que poner los valores en el centro de lo que enseñamos, y luego pensar en el conocimiento y las habilidades como posibles formas de ilustrar esos valores. Por ejemplo: en el deporte, en el futuro la educación física no se trata solo de ser más atlético, sino ser capaz de asumir la responsabilidad de uno mismo. Creo que tenemos que poner los valores en el centro y preguntarnos hasta qué punto las asignaturas de nuestra escuela se basan en esos valores. Respecto a saber qué valores. Esta es una cuestión más difícil y creo que juega un papel muy importante el contexto cultural y social de un país.

Pero creo que hay algunos realmente importantes. La pluralidad es una realidad de nuestras sociedades del mundo en el que vivimos, si nos entendemos como seres humanos podemos apreciar

diferentes formas de pensar, diferentes formas de caminar, entendernos.

Podemos enseñar nuestra propia religión en una escuela, pero si entendemos otras religiones, si podemos realmente mirar el mundo a través de diferentes lentes y perspectivas, nos podemos relacionar mejor.

Desearíamos que todo el mundo tuviera esos valores, pero creo que la cuestión de la naturaleza de los valores es algo que probablemente sea muy difícil de responder desde fuera. Para mí el problema está en que si la gente no es capaz de encontrar respuestas por sí misma, de lo que está bien y lo que está mal, y de navegar en la ambigüedad, creo que en el mundo actual difícilmente encontrarán recursos del exterior.

Ahora ya sí para finalizar, me gustaría preguntarle por el profesorado. ¿Cuáles cree que son las competencias clave de un profesor en la actualidad y cuáles las del director de un centro?

Obviamente, lo que esperamos de los profesores es que tengan una verdadera pasión y un profundo conocimiento de la materia. En segundo lugar, queremos que los profesores entiendan cómo cada estudiante aprende de manera diferente desde un profundo sentido pedagógico. Que entiendan a sus estudiantes y trabajen con ellos. Por último creo que se deben esforzar por entender a sus estudiantes como personas, conocer su contexto, de dónde vienen, cómo pueden

ayudarles a encontrar su camino en sus propias vidas. Pero eso es sólo un punto de partida para ser un buen profesor, además hay que ayudar a cada estudiante a tener éxito, entender la diversidad en la dinámica del aula, ser un buen investigador, encontrar nuevas metodologías con el equipo docente, ser un buen jugador de equipo en tu escuela, observando las clases de otros profesores y trabajando con ellos para contribuir a la profesión.

Pero hoy en día, la escuela debe ser un lugar donde todo el mundo aprende, los estudiantes, los profesores, los padres, y como profesor tienes que participar en ese proceso, tienes que devolver a tu escuela lo que sabes y ayudar a otros a tener éxito como mentores, como alumnos, etc. Un profesor debe hacerse cargo de su profesión toda la vida.

Un líder escolar lo primero que debe aprender es que no se trata de que los profesores hagan lo que se les dice sino que colaboren. Lo que decide el éxito es ayudar a los profesores a crecer, desarrollarse y estar conectados con el exterior.

Quizás no les puedo pagar más, pero puedo hacer que su trabajo sea más atractivo desde el punto de vista intelectual. Puedo involucrar a las comunidades, atraer a los padres a la escuela y aprovechar otros recursos interesantes de la comunidad. Puedo hacer muchas cosas como director para hacer de la escuela un lugar atractivo para todos, donde se confíe en los alumnos, y en los demás. La confianza crea un ambiente donde se trabaja a gusto. Se puede hacer mucho para crear unos entornos escolares capacitadores para los profesores y hacer de la escuela un lugar que favorezca su mejora continua como docentes y educadores.



Actualidad

educación y STEM

ÁNGEL VÁZQUEZ Y

MARÍA ANTONIA MANASSERO

Alfabetización en ciencia y tecnología,
desarrollo del pensamiento y STEM

p. 34

ESTER MORROS

Presente y futuro de la orientación académica

p. 40

ENTREVISTA A DAVID CUARTIELLES

Arduino y el arte de hacer fácil lo difícil

p. 46



por Ángel Vázquez y
María Antonia Manassero

Alfabetización en ciencia y tecnología, desarrollo del pensamiento y STEM

La ciencia de los científicos debe converger con la ciencia que se enseña en los centros educativos para hacerla asequible.

La educación es una actividad donde el contexto resulta tan importante como el cuerpo de conocimientos que transmite. En lo individual, el contexto está determinado por las perennes necesidades de desarrollo de los seres humanos (físicas, psicológicas y relacionales); en lo social, las globalizadas sociedades del conocimiento tienen un marco empapado de ciencia, tecnología e innovación, como factores clave del desarrollo social y laboral. En este contexto, la educación científica debe contribuir al desarrollo integral de ciudadanos responsables y formados, y con capacidad de adaptación a los requerimientos globalizados y necesidades cambiantes en los ámbitos personal, social y laboral, que Delors concretó en saber, saber hacer, saber ser y saber convivir.



La investigación en didáctica de la ciencia en los distintos niveles educativos está sometida a la tensión entre la tradición y la innovación, para lograr una contribución significativa a esas finalidades, aportando el concepto de alfabetización científica (y tecnológica) – ACT – para todos como uno de los más relevantes de los últimos años. La ACT se considera formada por tres componentes: los conceptos y procesos científicos y tecnológicos (*saber y saber hacer*), los meta-conocimientos acerca de cómo la ciencia y la tecnología construyen y justifican sus conocimientos y artefactos (*saber ser científicos*) y la justicia social en la ACT para todos (equidad, acceso, etc.).

Los especialistas difieren en sus conceptualizaciones de la ACT. Por ejemplo, el programa PISA (OCDE) plantea la ACT como una competencia clave (coincidiendo con el marco educativo europeo y español) para comprender la práctica científica y tecnológica sobre el mundo natural (que incluye la ciencia y la tecnología basada en la ciencia) con tres sub-competencias: explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar investigaciones científicas e interpretar científicamente datos y evidencias. Las tres operan sobre conocimientos conceptuales, procedimentales y epistémicos. Los epistémicos se refieren a cómo es y cómo funciona la práctica científica: el estatus de las conclusiones científicas y el significado de términos fundacionales (por ejemplo: datos, explicaciones, hipótesis, leyes, teorías,

La investigación en didáctica de la ciencia está sometida a la tensión entre la tradición y la innovación aportando el concepto de alfabetización científica (y tecnológica)

etc.), y coinciden con el segundo componente de ACT.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLOGÍA PARA TODOS

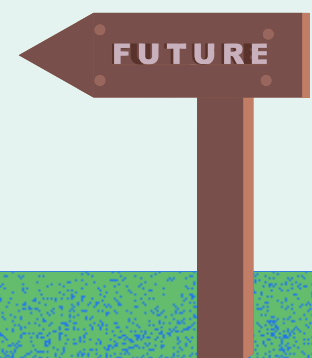
El profesorado enseña en sus aulas el currículo básico (competencias, objetivos, contenidos, criterios de evaluación) que implica tomar importantes decisiones didácticas (recursos, metodología, actividades, temporalización, evaluación, etc.). El conocimiento didáctico del contenido (CDC), o conocimiento profesional docente, resume la competencia del profesorado para desarrollar el currículo; implica la capacidad de combinar dinámicamente conocimientos científicos, didácticos y psico-evolutivos, junto con procedimientos, actitudes y valores, para lograr una actuación profesional efectiva y coherente orientada a la ACT.

Los especialistas desglosan el CDC del profesorado en sub-competencias, concretas e interactivas entre sí: conocimiento de una materia y su currículo, planificación curricular, gestión del aula, evaluación de aprendizajes, inclusión y equidad, acciones con la comunidad, desarrollo profesional, destrezas digitales, comunicación lingüística

y compromisos éticos. Algunos autores proponen el concepto de trasposición didáctica para describir la transformación de los conceptos científicos por el CDC para hacerlos enseñables como ACT en la ciencia escolar; en consecuencia, la ciencia escolar es epistemológicamente distinta de la ciencia de los científicos.

El profesorado tiene libertad para tomar numerosas decisiones de desarrollo, como, por ejemplo, la elección de la(s) metodología(s) de enseñanza. Estas elecciones se deben inspirar en la investigación didáctica, pero también sabemos que las creencias del profesorado son claves, y dan lugar a corrientes innovadoras y modas en favor de algunas metodologías.

La educación ha producido una diversidad de propuestas metodológicas sobre cómo enseñar. Las metodologías centradas en el



profesor (clase magistral, sobre todo) y las metodologías centradas en los estudiantes (proyectos, centros de interés, ideas previas, globalización, personalización, etc.) conforman una polaridad básica. Actualmente, están de moda en las redes profesionales algunas metodologías (el aprendizaje basado en problemas, en investigación, en evidencias, en el pensamiento, en competencias, el aprendizaje servicio, el aprendizaje cooperativo, la clase invertida, la gamificación, el pensamiento de diseño, el diseño universal de aprendizaje, etc.).

LA EMERGENCIA DE LAS COMPETENCIAS Y EL PENSAMIENTO CRÍTICO

Además, el cambio de milenio ha generado un movimiento denominado competencias del siglo XXI, que propugna el desarrollo combinado de ciertas destrezas, tales como pensamiento crítico (resolución de problemas, toma de decisiones, síntesis), creatividad, cooperación y comunicación, porque se consideran imprescindibles para satisfacer las necesidades personales, sociales y laborales de la ciudadanía del siglo XXI.

La didáctica de la ciencia asume las anteriores y sugiere otras metodologías diferenciadas. Hacia 1970 ya se propuso una metodología que trataba de enseñar integradas las cuatro disciplinas científicas (física, química, biología y geología). Hacia 1980, el aprendizaje por descubrimiento propugnaba que

los estudiantes descubriesen los conceptos científicos por medio de su trabajo autónomo de aula. En esa época y con base en el giro naturalista en la filosofía de la ciencia, surgió el movimiento ciencia-tecnología-sociedad (CTS) que proponía una integración más amplia (ciencia con tecnología y con sociedad), donde se incluye la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (conocimientos epistémicos); en particular, los temas socio-científicos (una rama de CTS), desarrolla aspectos de pensamiento científico, argumentación, resolución de problemas y proyectos.

Algunos estudios recientes sugieren una importante conexión: el aprendizaje de conocimientos epistémicos requiere que los estudiantes dominen ciertas destrezas de pensamiento crítico. Si se tiene en cuenta que el pensamiento crítico y el pensamiento científico comparten numerosas destrezas comunes, esta conclusión no es sorprendente, pero sus consecuencias son nucleares: ambas formas de pensamiento se complementan y se realimentan, de modo que potencian su impacto sobre el aprendizaje haciendo de la

STEM combina conceptos académicos ya conocidos e integra escuela, comunidad, trabajo y empresa.

enseñanza basada en el pensamiento un eje central para la ACT.

A todo ello, cabría añadir que las denominadas competencia digital y la alfabetización mediática (o digital) podrían formar parte integrada de esa ACT, porque estarían incluidas de forma natural en la T de tecnología. En coherencia con esta idea, el Consejo de Europa en 2016 invitó a desarrollar conjuntamente la alfabetización mediática, la competencia digital y el pensamiento crítico (expresión de las competencias del siglo XXI).

En suma, las destrezas de pensamiento crítico (creatividad, argumentación, resolución de problemas, toma de decisiones y evaluación) tienen un amplio espectro de transversalidad respecto a competencias, disciplinas y metodologías que las hace especialmente importantes para la educación y la ACT.

LA PROPUESTA STEM

En los últimos años diversos países constatan que los estudios superiores de Ciencia y Tecnología no satisfacen las necesidades del sistema productivo, tanto en número, como en formación de los profesionales graduados; la formación es excesivamente disciplinar y pobre en destrezas demandadas crecientemente en los empleos globalizados, tales como destrezas transversales (creatividad y pensamiento crítico) y disposiciones (apertura, colaboración, comunicación

y trabajo en equipo). Como remedio, la *National Science Foundation* apoyó actividades educativas integradas e interdisciplinares, que fueron transformadas por la administración americana en una iniciativa política bajo las siglas STEM (del inglés ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas), con el fin de lograr mayor calidad educativa, desarrollar en los estudiantes las competencias transversales y atraer más estudiantes hacia STEM, especialmente mujeres y minorías.

Como consecuencia de los apoyos económicos y políticos recibidos, la etiqueta STEM ha hecho fortuna y ha calado también en numerosos ambientes escolares, como moda educativa y como marca de innovaciones dirigidas hacia una educación más interdisciplinar. STEM combina conceptos académicos ya conocidos (la integración propia de CTS) y, además, integra escuela, comunidad, trabajo y empresa, para que los aprendizajes STEM se beneficien de esa integración global. Sin embargo, no faltan tampoco voces críticas que, desde una perspectiva conceptual, consideran que STEM no aporta contenidos específicos originales.

Además, algunas instituciones educativas han generado iniciativas para ampliar el ámbito interdisciplinar STEM, incorporando nuevas áreas al acrónimo. Así, *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*

de los EUA han incorporado la *M* de medicina, y, desde hace años, sus publicaciones refieren el acrónimo STEMM. Pero la incorporación más llamativa son las humanidades, añadiendo la *A* de artes (música, diseño, literatura y bellas artes) para producir el acrónimo ampliado STEAMM. La *A* de STEAMM aportaría énfasis en la creatividad e innovación y una visión de la educación en todas las disciplinas orientada a problemas o proyectos del mundo real, que desarrollan la curiosidad (hacer preguntas), la comunicación (crear respuestas, diseñar soluciones) y el uso del pensamiento de diseño y las habilidades artísticas; al tiempo, contribuye a restañar la antigua brecha entre ciencias y humanidades. Un estudio reciente de las academias aporta una visión optimista para desarrollar STEAMM y conceptualiza la integración de disciplinas progresiva así: superficial (multidisciplinar), media (interdisciplinar) y profunda (transdisciplinar).

A MODO DE CONCLUSIÓN

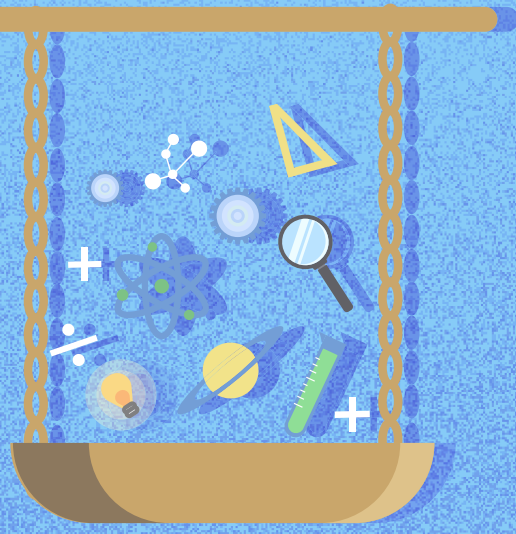
La sopa de metodologías educativas del mercado no debe impedir ver con claridad el bosque educativo. Las destrezas de pensamiento crítico (dimensión cognitiva), complementadas con las disposiciones y actitudes proactivas hacia todos los elementos educativos (dimensión afectiva), y especialmente el trabajo cooperativo y en equipo, son competencias realmente transversales para

cualquier aprendizajes, competencias u objetivos educativos. En todas las asignaturas y metodologías las destrezas de pensamiento deben actuar como vectores interdisciplinares (análogamente a STEAMM o CTS) hacia una educación de calidad y dirigida hacia el aprendizaje profundo, que haga significativos los aprendizajes y las competencias disciplinares (ACT y otros), con el horizonte de lograr su transferencia hacia la vida personal, social y laboral.

Ángel Vázquez Alonso es Doctor en Filosofía y Ciencias de la Educación. Inspector de educación y profesor asociado en la Universidad de las Islas Baleares. Es miembro del grupo de investigación del Instituto de Investigación e Innovación Educativa (UIB): ciencia, tecnología, sociedad y didáctica de la ciencia. Y, participante en el proyecto de investigación *Educación de las competencias científica, tecnológica y pensamiento crítico*.

Maria Antonia Manassero Mas es Catedrática de la Universidad de Psicología Social y miembro de la Comisión Académica del Doctorado de Educación. Es investigadora principal y miembro de los equipos de investigación en proyectos competitivos financiados por instituciones y organismos autonómicos, nacionales e internacionales en las temáticas relacionadas con sus líneas de investigación: estrés, *burnout*, trabajo emocional en el sector servicios; actitudes hacia la ciencia, la tecnología y la sociedad, así como género, salud y calidad de vida.

El pensamiento crítico y el científico comparten numerosas destrezas comunes: se complementan y se realimentan, de modo que potencian su impacto sobre el aprendizaje.





por Ester Morros

Presente y futuro de la orientación académica

La tecnociencia puede ser de gran ayuda para descubrir vocaciones científicas.

Me enorgullece compartir con ustedes que soy parte de ese conjunto de personas que hace años decidió cambiar el mundo de la orientación, para proponer una alternativa. Somos no solo innovadores, sino que además somos disruptivos.

Durante este camino, han participado profesionales, investigadores, grupos de investigación tecnológicos de universidades y empresas, que en mayor o menor medida han posibilitado poder tener hoy una solución a un problema común: el 92% de los alumnos no saben qué elegir ante la decisión de *qué continuar estudiando*.

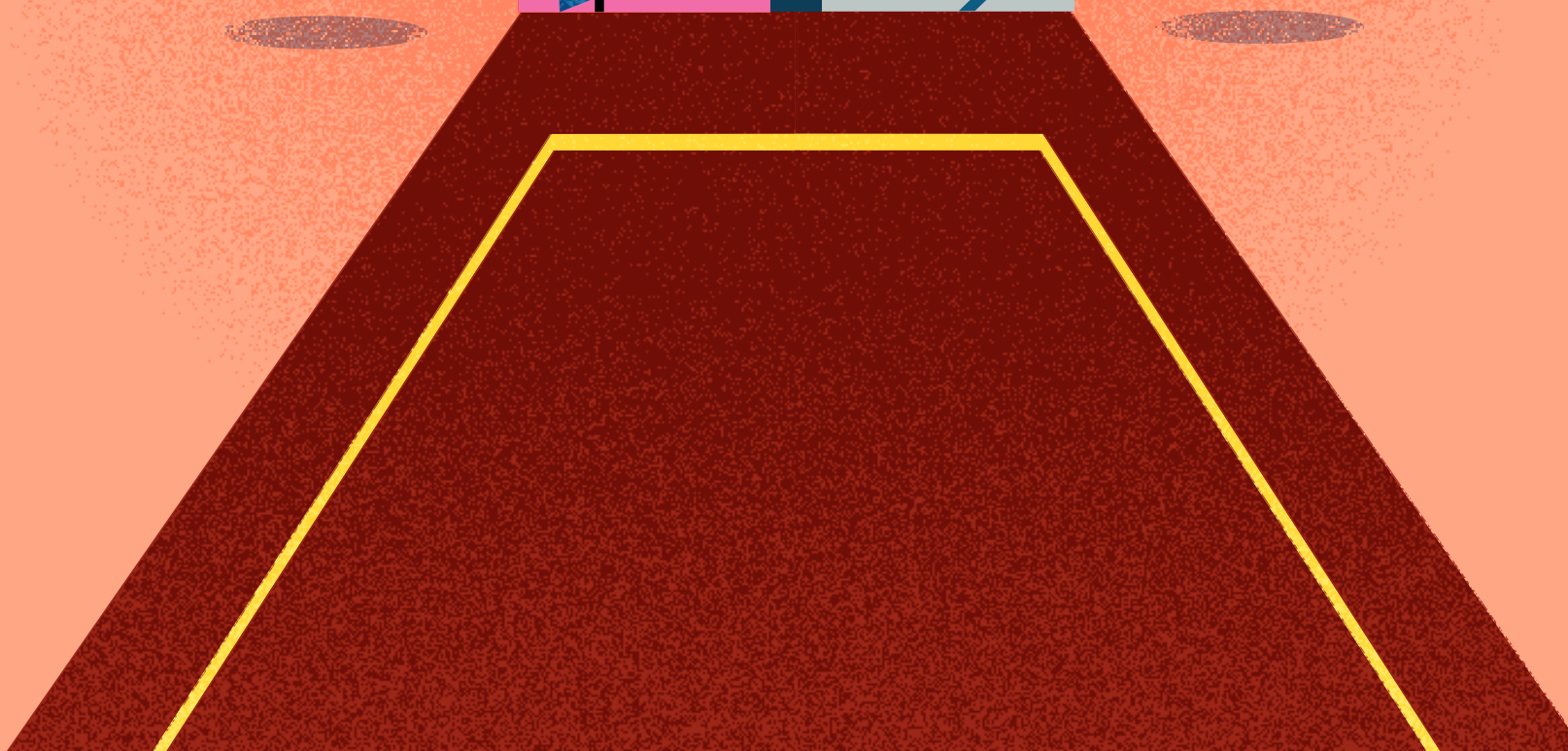
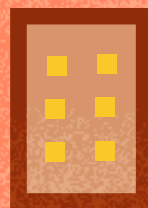
Es un problema que tiene muy preocupados a los gobiernos de todos los países. Un alto porcentaje de los que comienzan los estudios universitarios en España no los finaliza¹. Sabiendo que son alrededor de 125.000 alumnos al año los que abandonan, las pérdidas anuales derivadas de este fracaso se estiman en 974 millones de euros. Esto es solo el coste económico, al que se le debe añadir el coste más elevado: el fracaso personal que el que a nosotros más nos preocupa. Las tecnologías han llegado para quedarse e impactan

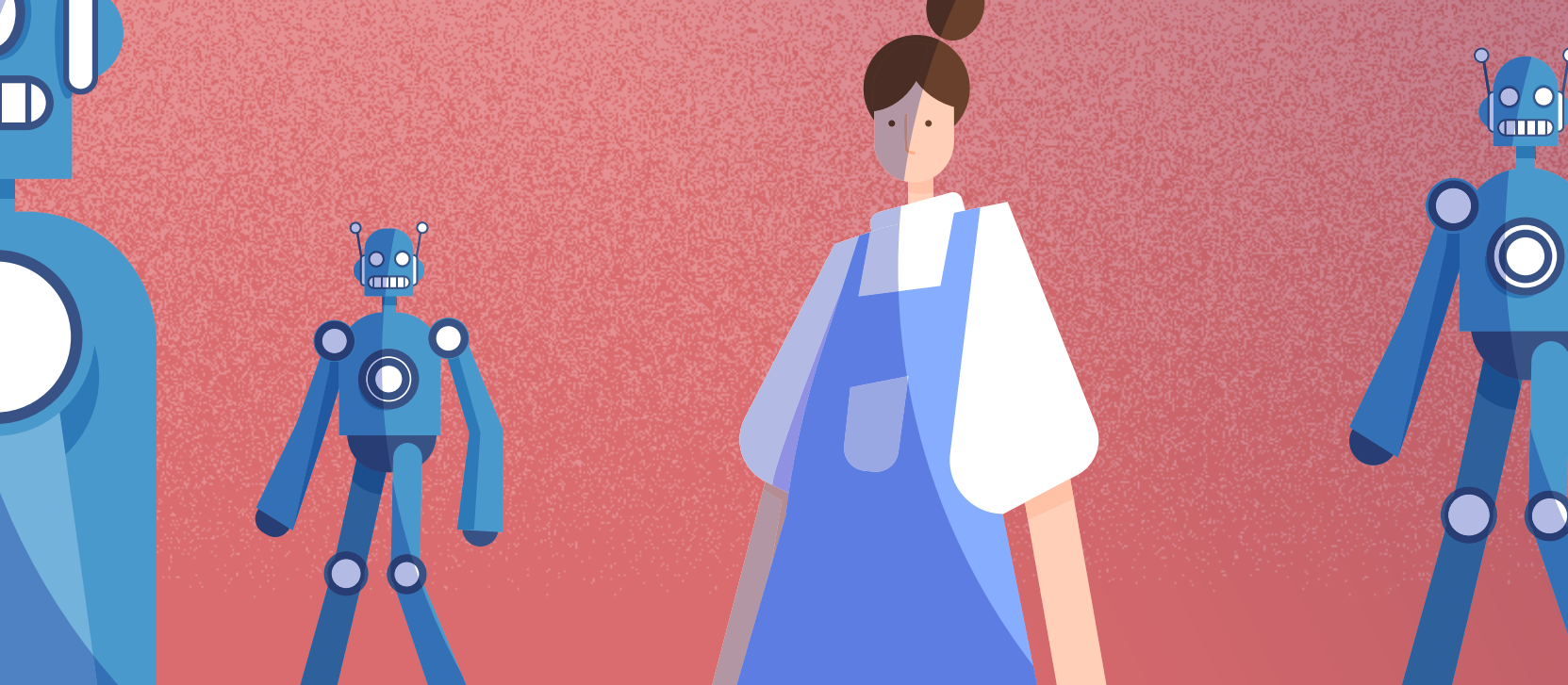
de forma transversal a todas las disciplinas, también a la orientación. Aplicar tecnología hace que tenga un sentido empresarial mediante la estandarización de la calidad, pero también el incremento de la velocidad en los procesos, la reducción de costes y ampliación de los márgenes empresariales. Solo hay que ver en qué lugar de la cuenta de resultados va la partida de personal (costes) y en qué cuenta va la adquisición de tecnología (activo).

La tecnología centralizará el conocimiento en computadoras, con lo que tener este conocimiento ya no será un diferencial. De ahí la importancia de la creatividad, algo que hoy, las computadoras no pueden hacer por sí solas. Una computadora puede hacer muy rápido una función, pero su limitación está en qué solo puede hacer una tarea a la vez. Sin embargo, la computación cuántica, en desarrollo, podrá hacer hasta ocho operaciones a la vez².

Leyendo todo lo anterior, ya hace más de doce años decidimos aplicar tecnología en el mundo de la orientación académica, aunque sí que es cierto que entonces se nos trataba como *marcianos*.

LA ORIENTACIÓN





Un alto porcentaje de los que comienzan los estudios universitarios en España no los finaliza.

De las siete definiciones que nos muestra la RAE, quizás la más apropiada para la orientación académica es *dirigir o encaminar a alguien o algo hacia un fin determinado*. Al contrario de lo que siempre se ha pensado, la orientación académica es la ayuda en la toma de decisiones en cada una de las etapas educativas y formativas, no solo escoger el bachillerato o el ciclo formativo.

Por lo tanto, no podemos seguir orientando a nuestros hijos hacia su futuro profesional únicamente con un test. Es una decisión lo suficientemente importante como para dedicarle todo el cariño del mundo.

La orientación tiene 4 puntos clave:

1. Fijar como objetivo la profesión para diseñar a continuación el camino académico, teniendo en cuenta estrategias basadas en los diferenciales.
2. Identificar el talento y las fortalezas del alumno para determinar cuál es su perfil y su mejor encaje profesional.
3. Asociar a su perfil profesional el conocimiento y la formación futura.
4. Hacer participar en la toma de decisiones, además de los alumnos, a los padres.

CARRERA PROFESIONAL

La carrera profesional de una persona no empieza al entrar en el campo profesional, sino al elegir los estudios al final de la ESO. La decisión de los estudios que cursará condicionará en gran medida su profesión futura. Lo dice la propia definición de orientación,...*hacia un fin determinado*. El fin es la profesión, los estudios son el camino para acceder.

Según el último informe *Inserción laboral de los egresados universitarios*³, casi el 30% de los titulados que finalizaron sus estudios no tenían empleo cuatro años después de graduarse. El 53% no encuentran trabajo al año siguiente de terminar la carrera, un 40,4% a los dos años y el 32,2% tres años después siguen sin encontrar empleo. Contar con estudios superiores no es garantía de encontrar trabajo.

La consultoría Gallup, referente mundial, realiza anualmente una revisión a nivel mundial sobre el estado del lugar de trabajo⁴ que mide el compromiso de los empleados con la empresa, mediante encuestas en 142 países y 25 millones de empleados. Como resumen, determina que el 83% de los profesionales no tienen éxito en su trabajo y no están comprometidos con su trabajo ni su empresa. El principal motivo lo encuentra en el momento de la contratación, donde observa una disociación entre el talento y el conocimiento del candidato: se formó para una profesión y tiene talento para otra distinta.

El problema se origina cuando la persona elige sus



estudios al finalizar la ESO, momento en el que debería asociar su talento con sus estudios futuros. Pero hay que saber la dificultad que tiene pedirle a una persona que elija su futuro con tan solo 15 años. Para un joven, el futuro no va mucho más allá de lo que hará el próximo fin de semana. Es por ese motivo que, en la toma de decisiones, deben participar los padres porque la decisión de los estudios no trata solo de un tema académico del alumno, sino de un plan de familia sobre la decisión del futuro de una persona, de su hijo.

El resultado académico de la orientación actual⁵ es que el 33% abandona el grado que empieza, el 66% si es de una modalidad *on-line*, el 21% cambia de carrera y el 12% abandonará definitivamente la universidad. Estos datos indican que la orientación académica mediante el test de toda la vida, no funciona.

APLICAMOS CIENCIA Y TECNOLOGÍA A LA ORIENTACIÓN

Para hacer esta orientación es imprescindible utilizar la tecnología. Un robot o una máquina no debería tomar nuestras decisiones, pero sí nos ayuda a tomarlas. Nuestro trabajo de orientación se realiza mediante una

Las tecnologías han llegado para quedarse e impactan de forma transversal a todas las disciplinas, también a la orientación.

herramienta científico-tecnológica de diseño y desarrollo propio a la que le damos el nombre de *ZQtech*. Lo que ofrece *ZQtech* es el resultado hasta el día de hoy, de nuestra experiencia del trabajo de más de 35.000 procesos de orientación a alumnos y familias.

Paso 1: proveer de información a ZQtech

Dotamos de información a la herramienta tecnológica sobre las *Job Descriptions* de los diferentes puestos de trabajo donde se determina las aptitudes y actitudes necesarias para desarrollar el puesto de trabajo. Para obtener esta información, también utilizamos tecnología.

La tecnología nos ayuda a clasificar esas habilidades que buscan las empresas y nos permite establecer patrones profesionales, que lo denominamos *ADN profesional*⁶. Además se vinculan los itinerarios académicos necesarios para acceder a estos puestos de trabajo.

Paso 2: Recoger información del alumno para crear su ADN profesional

La información que se recogerá del alumno será, por un lado las características personales y por el otro las características académicas desde un entorno real, aspecto que hace que nuestro sistema tecnológico no use como base ningún tipo de test.

La información que se recoge en la plataforma sobre el alumno son sus méritos; expediente académico que nos permite hacer métricas y proyectar notas de

La carrera profesional de una persona no empieza al entrar en el campo profesional, sino al elegir los estudios al final de la ESO momento en el que debería asociar su talento con sus estudios futuros.

acceso a la universidad; sus intereses, qué es lo que el alumno piensa que le gustaría hacer; valoración 360º para identificar quien es la persona desde todos sus roles; y la autovaloración del propio alumno. Una vez la información está subida en la plataforma y los invitados han contestado, podemos celebrar la reunión de toma de decisiones.

Paso 3: la toma de decisiones

En *Zeno Quantum* apostamos por sistemas *blended*, (mixtos).

Durante la entrevista el sistema nos presenta toda la información recogida y la auditamos con la familia. Una vez confirmada la información, nos ayudamos de nuevo de la tecnología para convertir esta información en un código alfanumérico que representa el talento del alumno: su *ADN profesional*. A partir de aquí los algoritmos e inteligencia artificial toman algo más de protagonismo y nos ayudan a comparar el ADN profesional del alumno con el ADN profesional de los patrones de los puestos de trabajo y nos propone seis profesiones que encajan con el perfil del alumno.

Estas propuestas se confirman con el alumno y la familia y, una vez consensuados, se proponen los itinerarios académicos estratégicos para acceder a estas profesiones con éxito, desde las optativas de los bachilleratos o

ciclos formativos, hasta las notas de corte y grados universitarios necesarios.

El soporte tecnológico vuelve a ser una gran aliada, ya que permite crear informes personales e individuales para cada alumno. La tecnología accede a una gran cantidad de bibliotecas de textos, de varios idiomas, imágenes e infografías, para construir mediante un complejo sistema tecnográfico un informe personal. Un informe que además es un documento vivo; actualiza la información cada vez que se descarga de la plataforma.

La tecnología ayuda también en términos de seguridad, ya que la información en *Block Chain*, que el alumno conectará introduciendo su usuario y contraseña, acabará creando el informe. Esto nos protege sobre un hipotético ataque pirata a nuestros servidores.

Pero la orientación es un proceso continuo que no acaba cuando decidimos el grado universitario o el ciclo formativo que vamos a hacer; cada etapa tiene sus decisiones estratégicas hasta la incorporación al mercado laboral; pero esto ya es un tema para otro artículo.

Ester Morros es licenciada en psicología de las organizaciones por Blanquerna -Universitat Ramon Llull. Máster en Recursos Humanos de las organizaciones. Directora del comité científico y gerente de formación y comunicación de *Zeno Quantum*.

Notas

¹ Estudio sobre el abandono universitario realizado por la Fundación BBVA del 2019.

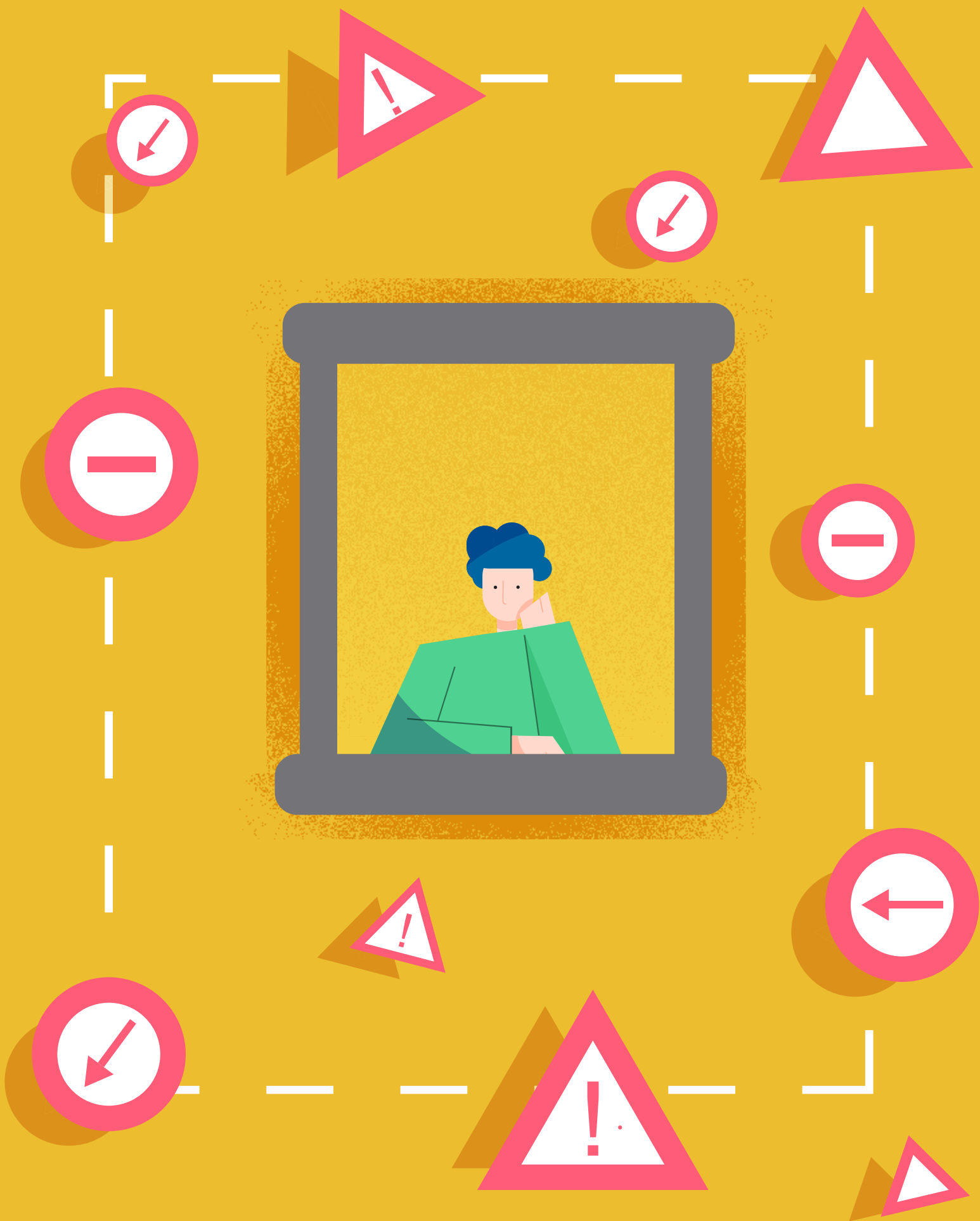
² Doctora Talia Gershon (Directora de Estrategia de Investigación e Iniciativas de Crecimiento en IBM).

³ Informe: *Inserción laboral de los egresados universitarios*. Curso 2013-2014 (análisis hasta 2018). Ministerio de Educación, Innovación y Universidades. 2019

⁴ *State of Global Workplace*. Consultoría Gallup.

⁵ Según el estudio anual de U-Ranking de la Fundación BBVA.

⁶ ADN profesional: marca patentada desde 2016.





Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en un hardware y un software fáciles de usar. Está pensada para todo aquel que desee hacer proyectos interactivos. Tiene una amplia sección dedicada a la educación donde se puede encontrar todo lo necesario para integrar la tecnología al diseño y guías detalladas para realizar gran cantidad de aparatos, como por ejemplo, un velocímetro para bicicleta, medidor de temperatura ambiental o un control remoto para manejar un tractor de juguete.

Arduino y el arte de hacer fácil lo difícil

Al incorporar el diseño a la tecnología entramos en un mundo nuevo donde todo parece posible.

por Ana Moreno

ENTREVISTA A DAVID CUARTIELLES

David Cuartielles es doctor en Diseño de Interacción, licenciado en Ingeniería de Telecomunicaciones y uno de los cofundadores de la plataforma de código abierto Arduino. Fundó el laboratorio IOIO de la Universidad de Malmö. Es profesor de tecnologías interactivas en los niveles de licenciatura, máster y doctorado. Su investigación incluye un análisis de la creación de plataformas, prototipos y herramientas de prueba para la educación, y el estudio de lenguajes de programación visuales. Además colabora con varias universidades como educador en los campos del arte interactivo, la codificación creativa, el diseño de interacción y la tecnología incorporada.

Eres cofundador de Arduino y profesor de diseño en la universidad de Malmö. Has conseguido hacer fácil lo difícil integrando la tecnología en el diseño. Podrías explicarnos ¿Qué es Arduino y qué relación tiene con el diseño?

Arduino es una plataforma de software, hardware y documentación libres, que surge para poder acercar la tecnología digital a estudiantes de diseño industrial, interactivo y de arte.

En la década de los 2000, surgió la necesidad de acercar la tecnología a este tipo de formación. Se empezaba a vislumbrar el inicio de la introducción de la automatización y el control digital en los procesos de producción y creación. Esto generó en diferentes escuelas, como la escuela de arte y comunicación de Malmö, un interés muy fuerte en ver cómo se podía integrar la tecnología digital, que había estado siempre confinada dentro del campo

de ingeniería, de forma transversal en otros campos. Esto implicó revisar muchas cosas: la cuestión pedagógica, el tipo de herramientas que se utilizaban y, sobretodo, cómo trabajar un currículum transversal de forma eficaz.

La relación con el diseño es doble, por un lado, el diseño era el cliente de Arduino y, por otro, la importancia del diseño a la hora de crear Arduino. Es decir, nos ponemos en situación de tener que estudiar cómo enseñar en el campo del diseño la manera de introducir diferentes tipos de herramientas tecnológicas y cómo el diseño puede ayudar en la creación de nuevos productos digitales o productos físicos con cuerpo digital.

Esto requirió un intenso proceso de diseño: estudiar el usuario final, buscar la forma de hacer que el usuario tenga una voz y participe en el proceso de creación. A partir de ahí surgió la plataforma Arduino donde todo está pensado para poder cubrir

los diferentes tipos de necesidades de sus usuarios.

Un ejemplo de la importancia del diseño se ve en la placa *arduino 1* que fue un gran acierto. Lleva funcionando más de 10 años en los ordenadores de muchísima gente y sobrevive muy bien al continuo avance tecnológico. Esta placa incluye una serie de características que la hacen muy buena en el ámbito educativo a cualquier edad. Es muy robusta tecnológicamente hablando, se puede caer, se puede mojar,

Arduino es una plataforma libre, que surge para poder acercar la tecnología digital a estudiantes de diseño industrial, interactivo y de arte.

si tuvieras un accidente la secas y vuelve a funcionar. Se le puede cortar un trozo y si sabes cómo cortarla sigue funcionando. Funciona con cualquier tipo de ordenador y sistema operativo. Está bastante bien protegida a nivel eléctrico, de forma que si surgiera algún pequeño cortocircuito la placa no se quemaría. Los componentes son bastante longevos y aguantan año tras año, con lo que a un colegio le duran bastantes años.

La clave del éxito fue que desde el primer momento pensamos cuáles eran aquellos aspectos importantes

para los profesores y alumnos que iban a utilizar este sistema. Creo que es la primera vez que se aplicó todo este proceso de diseño a una herramienta educativa.

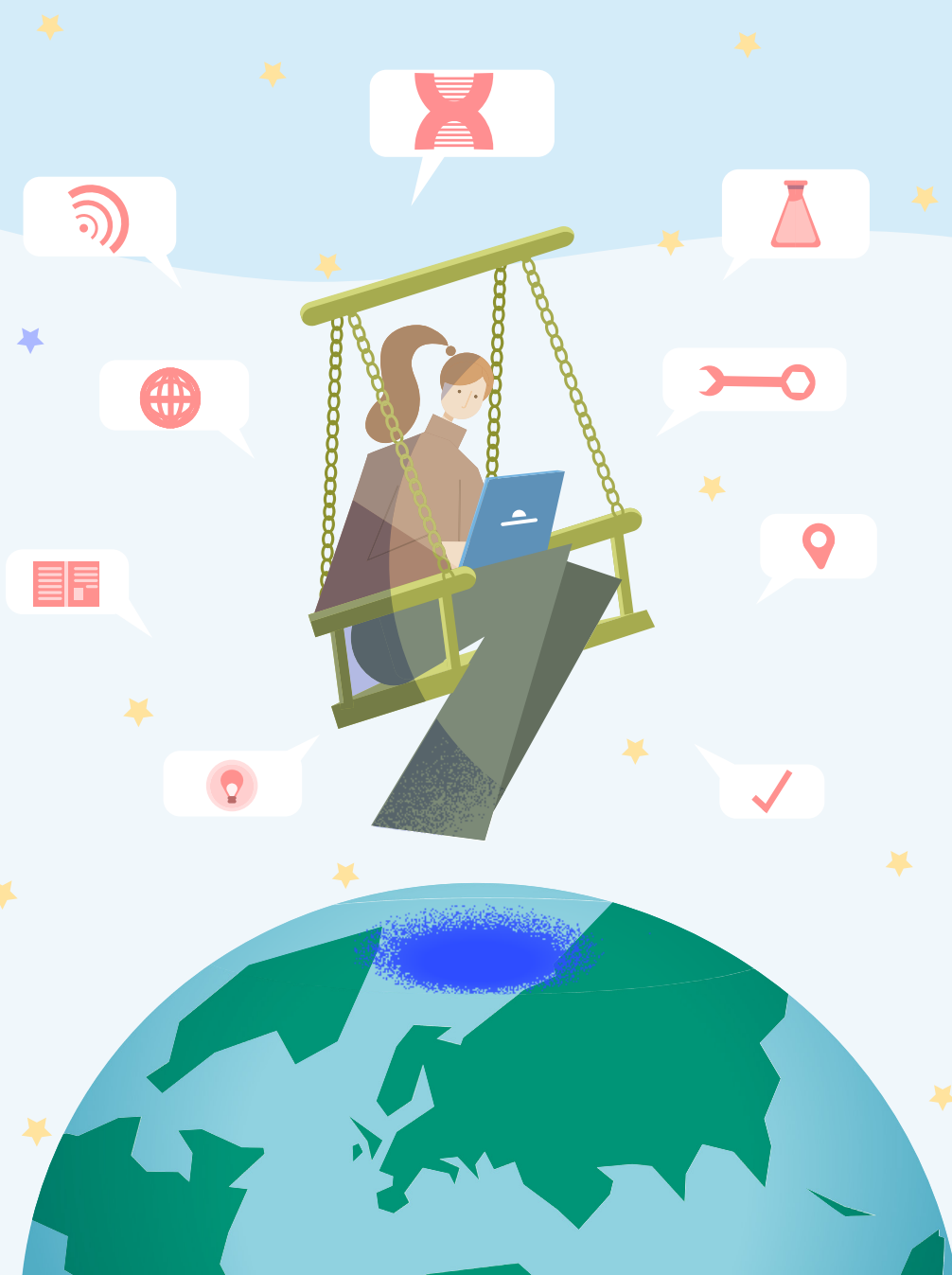
Hay un momento en que Arduino entra en el mundo de la educación y en algunos aspectos revoluciona la forma de impartir la asignatura de tecnología. ¿Cómo surgió la idea? ¿A qué nivel está extendido en el mundo educativo? ¿Qué aporta Arduino a la formación de las nuevas generaciones de niños y jóvenes?

Doy clase en la escuela de arte y comunicación y mis alumnos por lo general no tienen formación técnica. Empecé este proyecto porque necesitaba una herramienta para introducir la tecnología en mis clases de la universidad.

Muy pronto empezamos a ver cómo se generaba un interés por parte de otras comunidades académicas y no académicas hacia esta herramienta. *Arduino educación* es un proyecto que yo cree dentro de Arduino y que ha crecido bastante en los últimos años. Todo empezó en el año 2005. En 2006 empecé a investigar qué tipo de comunidades eran las que más me atraían, porque obviamente empecé este proyecto por pasión y me apetecía seguir trabajando de la misma manera. Me di cuenta que las escuelas de FP tenían un problema con el equipamiento. Muchas veces se les quedaba anticuado o dependían mucho de determinados proveedores. El hecho de tener una herramienta abierta les permitía tener la posibilidad de hacerlo ellos si un proveedor les fallaba, o tener varios proveedores para poder funcionar en ese mismo campo, que es lo que pasa ahora. Las placas de Arduino son abiertas y puedes encontrar las oficiales y las no oficiales.

Empecé a trabajar con un profesor, gracias a la intermediación de *Medialab Prado* en Madrid, en la creación del currículum para lo que sería un curso académico en el que se hicieran proyectos basados en tecnología digital. Los objetivos eran básicamente aprender a programar, aprender historia básica de los componentes digitales y hacer un pequeño proyecto. El curso incluía una parte teórico-práctica tradicional, y una parte más orientada a la innovación y la creación.

Pilotamos el curso en un instituto público. El profesor trabajaba con un grupo de alumnos problemáticos a los que siempre se segregaba



El hecho de tener una herramienta abierta permitía a los profesores tener la posibilidad de hacerlo ellos si un proveedor les fallaba o tener varios proveedores para poder funcionar en ese mismo campo, que es lo que pasa ahora.

y en ese caso tuvo un resultado espectacular. A partir de ahí, empecé a ver en qué forma se podía introducir esto mismo en otras partes del sistema educativo. Empecé a investigar cómo colaborar con diferentes actores, para que los profesores pudieran crear su propio contenido educativo y no hacerlo desde Arduino.

Para mí era muy importante ver cómo una herramienta más o menos genérica podía adaptarse a diferentes contextos. Hicimos un curso para profesores sobre la tecnología y de qué forma podían utilizarla en sus clases que tuvo mucho éxito. Esto atrajo la atención de la AEFIC (Asociación Europea para la Formación e Investigación de las Ciencias) que me invitó primero a dar un curso en un centro de Buenos Aires y luego y luego, en 2008, a estudiar, junto a 25 profesores de ciencias, en qué forma se podía utilizar Arduino para generar experimentos de ciencias. En el curso, tras una introducción a la tecnología, cada profesor tenía que proponer un experimento. Seguí haciéndolo en numerosas ocasiones, hasta que en 2012 surgió la oportunidad de hacer un experimento escalable con centros en la comunidad de Castilla-La Mancha. Empezamos a crear el contenido en enero de 2013 y, en febrero empecé el proyecto con más de 400 alumnos simultáneamente.

El experimento fue realmente un reto. Irrumpimos con un concepto sobre cómo introducir tecnología, cuando todo el mundo estaba hablando de introducir robótica en el

aula. Había muchísimos profesores que lo estaban haciendo por su cuenta sin un formato establecido, ni sistematización, ni una forma de evaluar. Nosotros ofrecimos una plataforma que habíamos co-creado con los profesores, y una forma de medir todos juntos de qué manera se podía progresar con la tecnología. Además, empleando tecnología de una forma innovadora y creativa. Fue muy impresionante, funcionó súper bien.

Empezamos a repetir la iniciativa. El primer año lo financió Fundación Telefónica y los siguientes años los financió Fundación la Caixa y gracias a ello llegamos a más de 2000 centros de toda la geografía española en 4 años. Se realizaron diferentes tipos de eventos como una feria de ciencias en la que unos 400 alumnos presentaban sus proyectos. Pasamos de 400 a 4000, un salto increíble.

Hay muchas iniciativas muy interesantes, por ejemplo, un profesor en la Universidad de Sapienza en Roma que acaba de publicar un libro con Springer que se llama *Experimentos de ciencias con Arduino y teléfonos móviles*.

Se ha conseguido una herramienta que es robusta, que es fácil de usar en conjunción con herramientas que tiene todo el mundo como un teléfono móvil. Pensamos que se puede convertir en el lapicero y papel del futuro para hacer experimentos de ciencia y tecnología. La cuestión es cómo combinarlos. Creo que hay que empoderar al profesorado para que comprendan cómo funcionan las herramientas. Si consigues que esa herramienta sea solo ese lapicero y

papel, el día que una herramienta se gasta o deja de servir o aparece algo mejor son capaces de cambiar. Este es el reto y creo que Arduino lo ha conseguido

La Pandemia ha supuesto un punto de inflexión en la forma de ver muchas cosas. Una de ellas es la necesidad de desarrollar la capacidad creativa e innovadora para encontrar soluciones prácticas a situaciones nuevas de forma urgente. ¿Cómo podría Arduino ayudar en esta línea?

La cuestión en este caso es doble. Por una parte, Arduino como herramienta ha sido utilizada durante la pandemia y no solo en el campo de la educación sino dentro de cualquier campo. Y, por otra parte, lo que ha hecho Arduino como proyecto y como empresa durante la pandemia para facilitar la educación, dadas las condiciones de distancia social y trabajo de forma individual, que impone la pandemia.

Arduino educación siempre se ha basado en buscar lo más conveniente para poder traer la educación digital a los centros. Esto implica reutilización y bajo precio entre otros factores. Al diseñar *kits* educativos pensamos en que una clase tuviera unas 7 placas para unos 30 alumnos, de manera que hubiera una para el profesor y una para cada grupo de alumnos, por ejemplo de 5.

Cuando llega la pandemia esto ya no puede ser así y tuvimos que repensar cómo generar todo el sistema educativo de forma

Irrumpimos con un concepto sobre cómo introducir tecnología, cuando todo el mundo estaba hablando de introducir robótica en el aula.

individual. Hicimos una migración súper rápida, en cuestión de 3 meses, para que todo el contenido educativo básico más popular de ese momento, fuera utilizado de forma individual. Además, se revisaron los costes.

Por dar un dato curioso, en Arduino vimos claramente, desde un punto de vista del negocio, que *Arduino educación* para el 2020 no iba a ganar dinero y, sin embargo, invertimos para ayudar. Teníamos mucha gente dedicada a la empresa y no queríamos hacer un ERTE. La verdad es que la inversión mereció la pena en todos los aspectos. Por una parte, mucha gente estaba interesada en seguir trabajando, lo único que les hacía falta eran herramientas que les permitieran separar a los alumnos unos de otros. Y ha tenido muchísimo éxito. Ahora sabemos perfectamente que si una región educativa quiere equipar un montón de centros es más fácil equipar con *kits* de laboratorio que con *kits* personales, a largo plazo es mejor.

Y, por otra parte, Arduino es una empresa europea. Tenemos oficinas en tres países: Suecia, donde estoy yo; Suiza, donde tenemos la oficina de propiedad intelectual; e Italia donde tenemos las fábricas. Además tenemos gente trabajando en muchos países como Alemania, Dinamarca, España o Estados Unidos.

Cuando empezó el confinamiento en Italia se paró la producción de todo, pero no de Arduino, porque había muchísima gente que estaba empleando *arduin*os para fabricar equipo médico alternativo. Trabajamos muy duro para conseguir

que el gobierno italiano produjera un documento de excepción y poder seguir trabajando. Tuvimos que invertir en material de protección para todo nuestro equipo y para las empresas con las que trabajamos.

Se habla mucho de introducir la programación y la robótica como contenido curricular y hay países que ya lo han hecho. ¿Qué opinas? ¿A qué nivel crees que puede ser útil para la población en general en un futuro no muy lejano?

Hay países que ya tienen un plan de introducción de la tecnología a nivel nacional o regional. Por ejemplo, los Estados Unidos o Reino Unido tienen currículos regulados.

Sin embargo, existe un problema a nivel transnacional. Por ejemplo, si comparas los currículos de Estados Unidos con los de Reino Unido estrictamente no son parecidos. Se ha llegado a un acuerdo sobre cuántas matemáticas tiene que saber una persona cuando llega a la universidad, pero no cuánta programación. Y de momento esta pregunta no la podemos responder porque todavía no tenemos muy claro cuáles son las capacidades tecnológicas necesarias para poder ser un buen ciudadano. Todos tenemos claro cuáles son las capacidades matemáticas básicas, ético-sociales, lingüísticas, etc. Pero las tecnológicas no, y todavía menos entre países. En este momento esto se emplea como una herramienta para tener ventaja competitiva frente a otro país, esa es la realidad.

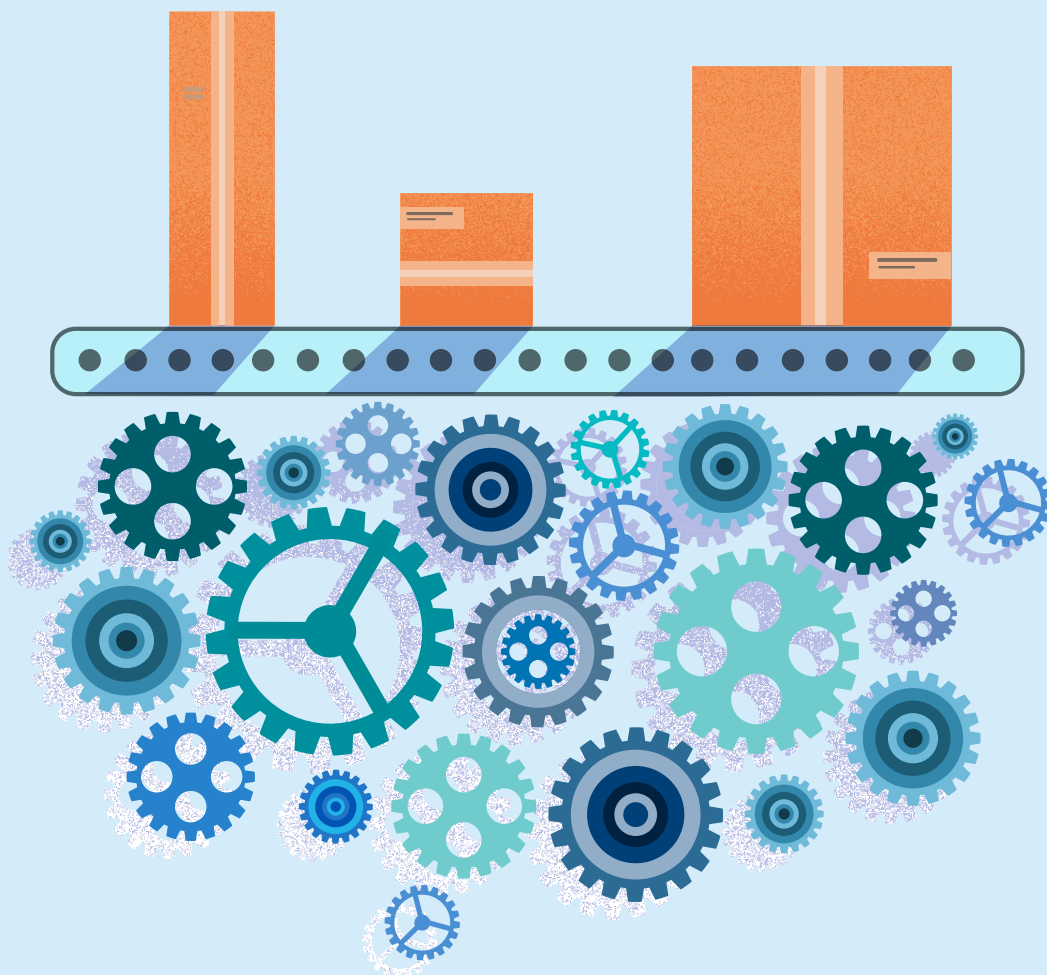
A mí esto me plantea una cuestión

ética bastante importante. Cuando la educación se convierte en una herramienta política, tenemos un problema y mejorar el sistema se complica. Todo el mundo quiere prometer más trabajo y se piensa que educando a la gente en tecnología va a tener más trabajo después. Pero esto solo es así para los que llegan primeros, los que llegan segundos ya no lo tienen. Es como la paradoja que se dio en España en los años 80: si aprendías inglés era muy fácil encontrar trabajo y en el 2000 si no sabías inglés nunca ibas a encontrar trabajo. Este es el problema que vamos a tener, al principio cuando sabes programación y tecnología en general es más fácil encontrar trabajo, entrar en carreras más complejas, etc. Después el problema va a ser que si no lo sabes no vas a poder entrar y este es el reto que nos tenemos que empezar a plantear. En el momento que hemos medido cuales son los requisitos mínimos que toda persona debería de saber, el que no los sepa no pasará el filtro. Por eso el verdadero reto ético es conseguir una educación de calidad para todos.

Hace tiempo que hay una gran preocupación por aumentar las vocaciones científico-tecnológicas. En la actualidad hay infinidad de iniciativas STEM para favorecerlas. Sin embargo, no se perciben grandes cambios. ¿Tienes alguna idea sobre qué más se podría hacer? ¿Se te ocurre algún camino para que más niñas y jóvenes vean atractivo este camino?

El acceso a estudios tecnológicos es importante no solo en el caso de las mujeres sino también en el de todos los colectivos discriminados en general. Yo he dado, por ejemplo, clase de diseño a una alumna que necesitaba una asistente constantemente y nos obligó a repensar la pedagogía. Junto a mi compañero Tom, otro de los creadores de Arduino, revisamos

Al principio cuando sabes programación y tecnología en general es más fácil encontrar trabajo, entrar en carreras más complejas, etc. Después el problema va a ser que si no lo sabes no vas a poder entrar y este es el reto que nos tenemos que empezar a plantear.



Todavía no tenemos muy claro cuáles son las capacidades tecnológicas necesarias para poder ser un buen ciudadano.

la forma como funciona nuestro sistema de desarrollo para poder trabajar con alumnos invidentes.

Otro aspecto importante es cómo atraer a la mujer en general hacia lo que serían las nuevas tecnologías, eso es una discusión en la que yo personalmente estoy poco equipado para hablar mucho, pero sí puedo decir que en mi facultad varía muchísimo la ratio de género, hay

años que tenemos un 50% de chicas, otros tenemos solo un 20% y años que tenemos un 70%. Somos una escuela en la que hay una carga potente de tecnología, se aprende a programar, se aprende electrónica, se aprende a trabajar en un taller, se diseñan objetos interactivos, etc. Hemos hecho estudios e intentado analizar el marketing que hacemos en los centros de la ciudad y demás, la única razón que hemos encontrado es una mera cuestión estadística, sin correlación alguna. No nos lo esperábamos. Sé que en España se han hecho experimentos de cambiar el programa educativo de nombre y poner la palabra diseño para que así entraran más chicas, por ejemplo.

En lo que se refiere a la idea de hacer un país más competitivo o no

competitivo, creo que el tema no es tanto hacer un país competitivo sino ayudar a la gente a crecer y a que puedan desarrollarse como personas en el futuro y a que tengan una vida aceptable y en sintonía con el medio ambiente.

Para eso hace falta primero, educar en valores. Creo que los centros educativos a nivel básico lo intentan, pero quien no lo cubre es nuestra sociedad. Si un niño ve por la televisión que se gana mucho más dinero haciendo el tonto en un programa que estudiando duramente durante muchísimo tiempo, porque estudiar ingeniería no es fácil y lleva tiempo y no podemos dulcificarlo; si tiene que balancear las dos cosas ¿con qué se va a quedar? Sin ver que hay una relación entre el esfuerzo

de hoy con valores a largo plazo, es muy difícil realmente que consigamos que la gente se esfuerce por estudiar, ya no digo tecnologías, sino estudiar en general. Esto no solo pasa en España, también pasa en Suecia. Tenemos que replantearnos a nivel social cuál es el tipo de valores que estamos transmitiendo y por qué se está borrando la cultura del esfuerzo.

Cuando generamos tecnología para que la gente aprenda, estamos también dulcificando la interfaz, lo hacemos más fácil para que la gente se sienta atraída y le resulte más fácil participar de ese proceso, aprender y utilizarlo.

Esto es una cosa que siempre me planteo. Frente al debate sobre cómo deben aprender a programar los niños, en bloques o en código. Claro, siempre me inclino por aprender a programar en bloques, que es más sencillo. Pero hasta ahora hay muy pocos estudios que vean una conexión fuerte entre la comprensión de los sistemas y las matemáticas gracias a la programación en bloques frente a la que se adquiere programando en código. Y el código a día de hoy es todavía cómo funcionan las cosas. Por lo que si les enseñas a programar en bloques, tendrán que reaprender a programar cuando salten al código.

A lo mejor no deberíamos dulcificar tanto esa parte del proceso, pero si buscar una forma, una pedagogía mejor, para explicar esos aspectos que son complicados de una forma mejor, para que la gente tenga un mejor acceso y una mejor entrada a la tecnología.

Nosotros mismos vivimos en una sociedad en la que estamos intentando hacer el mínimo esfuerzo, creamos tecnologías para hacer el mínimo esfuerzo y, sin embargo, aquí es donde viene la pescadilla que se muerde la cola, programar tecnología a veces no se puede con el mínimo esfuerzo, a veces requiere dar un paso de abstracción muy fuerte.

Mucha gente piensa que aprender tecnología se hace con una clase a la semana durante todo un año, que eso es programar y eso no es verdad. Hay que programar en 1º, 2º, 3º etc., hay que programar hasta en la universidad. No es que lo aprendas en un curso y ya está, es igual que aprender lengua, lo aprendes durante muchos años,

es complejo y lleva años comprender cómo funciona. Cuando aprendes matemáticas, no te dan una pincelada de matemáticas, sino que un año aprendes aritmética, luego álgebra, luego ecuaciones de segundo grado y más tarde cálculo avanzado. Este planteamiento todavía no ha llegado a la tecnología.

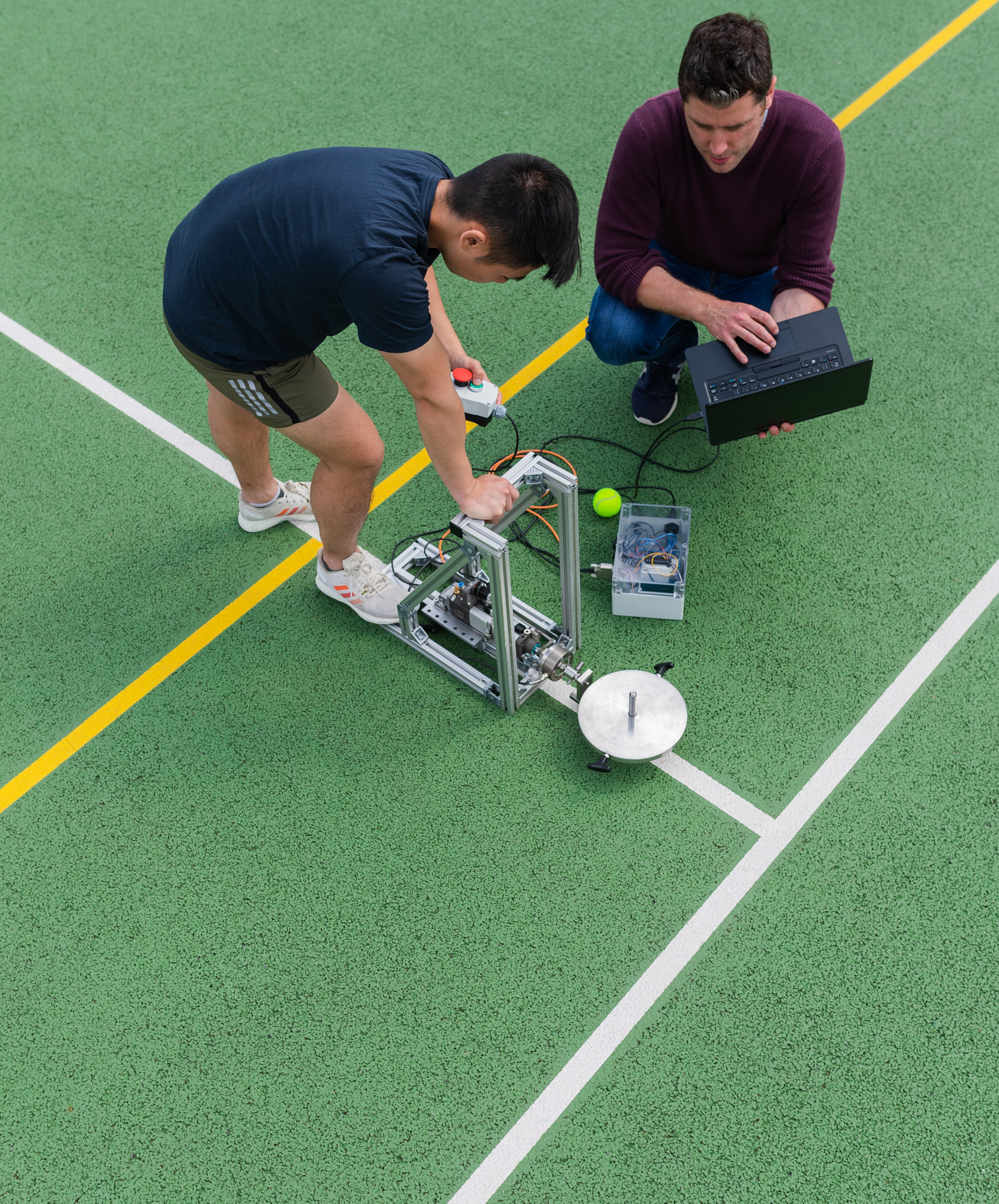
Creo que mejorar la docencia también cambiaría las cosas. Dar clase es tu trabajo principal, pero tendrás que hacer investigación sobre cómo has de dar clase desde el campo en el que des para buscar la forma más eficiente de transmitir esos conocimientos y que sea más funcional y, aparte, nada es estático todo tiene que estar constantemente cambiando porque la gente cambia, la sociedad cambia, las herramientas cambian. Esto es una parte del debate. La otra parte del debate es sobre cómo hacer que todo el mundo aprenda.

Yo soy ingeniero de telecomunicaciones, esto siempre lo he pensado desde el punto de vista de la radio AM. La radio AM de toda la vida se puede hacer con un receptor, una patata, un condensador y un altavoz. Esa es la radio que jamás podemos dejar de tener, porque con componentes mínimos podemos realizar un sistema de comunicación que puede llegar a toda la sociedad. Sin embargo, es mucho más eficiente emplear tecnología FM y no te digo la digital. Así pues, no podemos quitarnos lo básico.

Ese mismo planteamiento tendríamos que verlo a nivel de lo que sería la educación a nivel digital, si la sociedad funciona de forma digital, ¿cuál es la patata y el condensador de la tecnología digital que todo el mundo tiene que aprender, que no podemos quitar? Porque hace falta tener esa parte, sino va a ser muy difícil realmente que la gente comprenda cómo funciona el mundo en el que vive, será todo magia negra.

Según un estudio de Microsoft Research hasta gente que no sabe leer, sabe utilizar el teléfono móvil para comunicarse. Lo importante es que si aprender a leer es un derecho, aprender cómo funciona todo lo que tienes a tu alrededor también debería serlo. Creo que tendríamos que pensar en ello, en cuál es nuestra patata y nuestro condensador.

Tenemos que replantearnos a nivel social cuál es el tipo de valores que estamos transmitiendo y por qué se está borrando la cultura del esfuerzo.



experiencias



por Sílvia Planella

El papel de la educación STEM
como esperanza de futuro en
un mundo complejo y lleno de
incertidumbres

**Experiencias STEM en la etapa escolar para
fomentar las carreras científico-tecnológicas**



oculus

54
55

diàlegs

EXPERIENCIAS

La pandemia ha precipitado el adelanto de la revolución tecnológica de 5 a 10 años, una revolución que nos llega como un tsunami, y a la que solo tenemos dos vías para hacerle frente: darle la espalda, o bien sumarnos a ella.

Es claramente el inicio de un nuevo modelo productivo, económico y social en el cual las STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) tienen un papel clave.

El tejido empresarial necesita adaptarse al cambio y, por este motivo, son más necesarios que nunca profesionales con perfiles STEM.

Aun así, esta disrupción topa con la carencia de talento STEM y que a buena parte de la sociedad le faltan recursos para adaptarse al cambio. Hay que proyectar, pues, una sociedad preparada para un futuro tecnológico y, por otro lado, fomentar las carreras tecnológicas para garantizar personas que lideren este cambio.

Para conseguirlo, se tiene que potenciar la educación STEM desde la primera infancia en toda la etapa escolar, de una manera transversal e integrada, con un enfoque aplicado y multidisciplinario. Es decir, pasar de enseñar las asignaturas STEM por separado a enseñarlas a través de todas las materias académicas. Hay que eliminar el aprendizaje de una única materia y cambiarlo

para aprender resolviendo retos complejos del mundo real a través de la creatividad, la investigación, la innovación y, sobre todo, con la integración de varias disciplinas.

En primer lugar, pues, hace falta que las personas profesionales de la educación tengan conocimiento de estas nuevas dinámicas para poderlas implantar después en las aulas. Esto se conseguirá, por un lado, ampliando los conocimientos de las STEM en las facultades de Educación y, por otro lado, instruyendo tanto a maestros como profesorado en el nuevo aprendizaje aplicado y multidisciplinario.

Aun así, para que el niño pueda tener un acompañamiento integral en este aprendizaje y recibir una buena guía durante su niñez y adolescencia, hace falta que todo su entorno también le acompañe, es decir, su familia y la sociedad en general.

Para ejemplificarlo: es difícil que una persona tutora pueda encaminar o explicar a un niño o adolescente qué puede hacer en un futuro si no conoce, por ejemplo, cuáles son las ramas de los estudios de ingeniería y cuáles son las profesiones relacionadas. Y también es complicado que un niño pueda creer en sus posibilidades si desde la familia no se lo empodera para que tenga autoconfianza.

En primer lugar, hay que desmitificar los estudios STEM de la cultura *nerd*, y abandonar la idea que

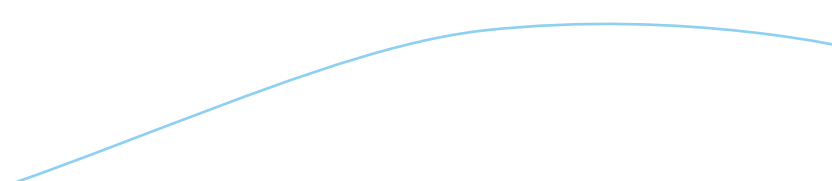
solo los y las adolescentes con las mejores notas crean que tienen posibilidades de realizar estudios universitarios relacionados con las STEM. Es importante que, desde la infancia, se promueva la vocación para estas disciplinas de una manera práctica y vivencial, y que se enfoque al alumnado de acuerdo con sus intereses y habilidades y no basándose en sus calificaciones curriculares. La motivación y el interés son lo más importante para asegurar el éxito académico.

Hacen falta acciones para hacer llegar qué son las STEM y sus salidas profesionales a las nuevas generaciones y a su entorno, que sean impulsadas desde la Administración o desde las empresas y entidades de los sectores.

Es importante también que en la sociedad se erradiquen las etiquetas preconcebidas según el tipo de formación. No hay unos estudios de más categoría que otros, sino diferentes caminos para llegar a diferentes profesiones. Es un error, por ejemplo, encaminar al alumnado a la formación profesional o al bachillerato en función de su historial académico, en vez de hacerlo en función de sus intereses y ya será el mismo alumnado quien irá decidiendo dónde y cuándo se acaba su formación a la hora de prepararse para su entrada al mercado laboral.

Hay que mencionar, en positivo, que ya hay acciones desde diferentes entes que inciden directamente

El tejido empresarial necesita adaptarse al cambio y, por este motivo, son más necesarios que nunca profesionales con perfiles STEM.





56

57

diàlegs

EXPERIENCIAS

en la promoción de este cambio. Sirvan de ejemplo las charlas a los institutos que se organizan desde varias universidades politécnicas y de ciencias para explicar al alumnado las carreras universitarias que se cursan y las vías de acceso, así como charlas que se realizan desde colegios profesionales para que el alumnado conozca la profesión.

Desde el Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics de Girona (el Colegio de ahora en adelante) se ofrece, de manera gratuita, la charla *Hablemos de Ingeniería* a los institutos del territorio gerundense. En concreto, durante este curso, se ha llevado a cabo en treinta grupos de veinte centros de Secundaria, y ha llegado a un total de unos 700 adolescentes.

Es importante, pues, que los institutos incluyan este tipo de acciones dentro de su actividad para hacer más cercanas las disciplinas STEM enfocadas a la aplicación práctica que tendrán en un futuro en el mundo laboral, y que el alumnado tenga, de este modo, más información para tomar la decisión sobre qué opción o especialidad elegir.

Pero para despertar vocaciones hace falta que también se actúe desde la Primaria. Y, en este sentido, desde el Colegio se apuesta, desde ya hace tiempo, por impulsar acciones que trabajen en este sentido como, por ejemplo, participar en la campaña de la FOEG *Yo de mayor quiero ser como tú* donde personas empresarias o profesionales de la ingeniería visitan escuelas para explicar la profesión, o

la preparación de un acontecimiento con talleres STEM para niños como por ejemplo la semana de la *Mobile Week* en Girona.

El Colegio también ha impulsado que se hicieran acciones desde la TEG (Mesa de Ingeniería de las comarcas de Girona¹) como, por ejemplo, los talleres virtuales del proyecto *ENGINY-era*, que se ofrecieron en julio de 2020, de manera gratuita, para hijos e hijas de personas colegiadas, y que permitieron a los niños disfrutar haciendo experimentos STEM desde casa y a través de la gamificación. Estos talleres tuvieron tanto éxito que el Colegio ofreció otros nuevos para las vacaciones de Navidad y ya se está proyectando una nueva edición de verano para julio de este año.

Y, aparte de actuar en la Primaria y en la Secundaria, también se puede iniciar el aprendizaje STEM desde la etapa preescolar. Muchas aulas de Educación Infantil tienen, por ejemplo, el rincón de jugar a tiendas o a peluquería, y ¿por qué no tener también el rincón de ciencia, tecnología o ingeniería?

Se tiene que potenciar la educación STEM desde la primera infancia en toda la etapa escolar, de una manera transversal e integrada, con un enfoque aplicado y multidisciplinario.



Por otro lado, otro problema que también hay que resolver es que, a menudo, hay demasiada influencia de estereotipos de género, que hacen que la falta de talento STEM en las mujeres sea alarmante y se traduzca en un 17% la presencia de chicas en la formación profesional e inferior al 34% en la obtención de un título universitario.

Y en concreto, dentro de las disciplinas STEM hay, por ejemplo, los grados en ingeniería mecánica, eléctrica o informática, donde la presencia femenina es muy minoritaria, inferior al 10%, según los datos facilitados por la Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona.

Es clave, pues, que cuando se fomenta el aprendizaje de las STEM se haga a través de la coeducación y a través de modelos de ambos géneros haciendo que, de una manera natural, se aprenda a través de la experimentación y se despierten las vocaciones rompiendo con estos condicionantes. Algunas prácticas en este sentido son, por ejemplo, las charlas *Hablemos de Ingeniería* que se ofrecen desde el Colegio a través de mujeres ingenieras colegiadas, y la presencia de las mujeres como mínimo al 50% en las actividades de *ENGINY-era*.

Para conseguir más talento STEM femenino, también hace falta que se hagan esfuerzos a través de políticas que rompan los techos de cristal en las empresas y que promuevan la igualdad de oportunidades.

Hay que pasar de contar las pocas mujeres STEM que hay en las escuelas de formación profesional, en las universidades o en las empresas, a hacer que las mujeres cuenten. Hay que romper con el hecho de tener solo un 7,5% de mujeres referentes en los libros de texto. Hay que tener modelos vivos y reales femeninos

Hace falta que las STEM se enseñen en toda la etapa escolar de una manera práctica, atractiva y multidisciplinaria, a través de profesionales formados de ambos sexos.

que enseñen las STEM. Hay que tener también mujeres liderando el mundo empresarial STEM. Y de este modo, empoderar a las niñas para que, desde muy pequeñas, confíen en sus capacidades y crezcan con la confianza que son iguales que los niños y no se tienen que poner limitaciones por razones estereotipadas.

Por otro lado, es básico también que preparemos a los niños y adolescentes para un mundo profesional más allá de los conocimientos. Hace falta que aprendan a hablar y escribir sobre sus ideas, a desarrollar sus habilidades comunicativas y emocionales, a saber cómo gestionar el tiempo, a trabajar en equipo y a encontrar soluciones a problemas reales.

En conclusión, hace falta que las STEM se enseñen en toda la etapa escolar de una manera práctica, atractiva y multidisciplinaria, a través de profesionales formados de ambos sexos para tener en un futuro personas, hombres y mujeres, capaces de adaptarse a un mundo tecnológico, complejo y lleno de incertidumbres.

Sílvia Planella i Oriol es Ingeniera Técnica y Arquitecta Técnica y ofrece sus servicios profesionales bajo la marca Enginy Consultoria. Es la fundadora y codirectora de *ENGINY-era*, que es un proyecto social que tiene el objetivo de hacer llegar las disciplinas STE(A)M a niños y adolescentes rompiendo estereotipos de género y otras discriminaciones. Desde diciembre de 2020 es vocal de la Junta de Gobierno del Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Girona.

Notas

¹ Forman parte de la TEG el Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Girona, el Col·legi d'Enginyers Tècnics i de Grau en Mines i Energia, el Col·legi d'Enginyers Tècnics en Topografia de Catalunya, el Col·legi d'Enginyers Tècnics Agrícoles i Forestals de Catalunya y el Col·legi d'Enginyers Tècnics d'Obres Públiques de Catalunya.

Referencias

DONA I CIÈNCIA. Generalitat de Catalunya. Departament d'Empresa i Coneixement. Secretaria d'Universitats i Recerca. Marzo 2021.

El desafío de las vocaciones STEM. DigitalES, 2019. Asociación Española para la Digitalización.

Análisis de la ausencia de las mujeres en los manuales de la ESO: una genealogía de conocimiento ocultada de Ana López-Navajas. Desarrollado por la Universitat de València y cofinanciado por: Instituto de la Mujer del Ministerio de Igualdad y el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Proyecto europeo CHOICE www.euchoice.eu. Desarrollado por Blue Room Innovation y el Instituto de Maçanet de la Selva a nivel estatal.

en profundidad

Gestionar el futuro: ¿Cómo puede ayudar la educación STEM?



por Sibel Erduran y Olga Ioannidou



PROBLEMAS ACTUALES Y STEM

La pandemia de Covid-19 nos ha recordado cuánta incertidumbre nos rodea como individuos y como sociedades. Poco podíamos imaginar, incluso hace un año, que nuestro mundo se vería envuelto en una realidad tan cruda como a la que nos enfrentamos hoy en día en nuestra vida cotidiana, desde el uso de mascarillas hasta el cierre de escuelas y la pérdida de puestos de trabajo. La pandemia nos ha enseñado muchas lecciones sobre cómo afrontar una emergencia sanitaria internacional. Muchas habilidades están surgiendo como más importantes que nunca. Por ejemplo, la capacidad de hacer frente a la incertidumbre se ha convertido

en algo fundamental en nuestras vidas. Además, nos hemos vuelto dependientes de la información proporcionada por los profesionales sanitarios para dar sentido a nuestras acciones cotidianas. ¿Debemos llevar una mascarilla? ¿Por qué debemos vacunarnos? ¿Cómo debemos relacionarnos con otras personas en diferentes espacios? Estas preguntas contienen muchos elementos de conocimiento STEM. STEM significa ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, y se ha convertido en un objetivo educativo clave en todo el mundo. ¿Cómo puede la alfabetización STEM ayudar a dotar a los futuros ciudadanos de habilidades para hacer frente a la incertidumbre y otras incógnitas a las que el mundo

podría enfrentarse en los próximos años? ¿Cuáles son algunos de los posibles problemas a los que se enfrentan nuestro planeta y nuestra sociedad, y cómo podemos educar a las futuras generaciones para que puedan hacer frente a esos problemas?

En efecto, en los últimos años han surgido numerosos problemas en el panorama mundial, aparte de la pandemia, que plantean nuevos retos al contenido del sistema escolar. El aumento del desempleo y las dificultades económicas han provocado movimientos de población que exigen a los emigrantes encontrar nuevas formas de afrontar sus cambiantes situaciones vitales. La emergencia del cambio climático plantea retos importantes para garantizar que nuestro planeta sea habitable en un futuro no tan lejano. ¿Cuáles son las competencias que necesitan las generaciones futuras para encontrar trabajo y hacer frente a los nuevos retos de la sociedad, incluido un nuevo mercado laboral? La educación STEM tiene el potencial de dotar a los alumnos de una serie de habilidades para dar sentido y sobrevivir en el complejo espacio de problemas del futuro. STEM es intrínsecamente un enfoque transversal para investigar

La educación STEM tiene el potencial de dotar a los alumnos de una serie de habilidades para dar sentido y sobrevivir en el complejo espacio de problemas del futuro.

problemas científicos complejos con impacto social. La pandemia del Covid-19 es un ejemplo representativo de este tipo de problemas, ya que plantea cuestiones sobre la ciencia de los virus, la innovación tecnológica en torno al diseño de vacunas, la ingeniería de la producción a gran escala de vacunas y la modelización matemática para predecir el curso de la pandemia. Además, plantea cuestiones morales sobre el modo en que la ciencia y la tecnología pueden utilizarse para resolver problemas contemporáneos. Así pues, la pregunta que se plantea es: ¿Cómo puede la enseñanza y el aprendizaje de STEM ayudar a los estudiantes a afrontar los retos sociales actuales y futuros?

CONOCIMIENTOS STEM

La comprensión de los problemas de STEM requiere que los estudiantes sean capaces de razonar sobre STEM y tengan conocimientos sobre su funcionamiento. La tabla 1 ilustra algunos aspectos del conocimiento y el saber en STEM y algunas preguntas potenciales que los profesores pueden utilizar para orquestrar los debates en el aula y orientar a los estudiantes sobre la importancia de STEM.

HABILIDADES DE PENSAMIENTO Y RAZONAMIENTO EN STEM

Además de los conocimientos, STEM puede impartir a los estudiantes habilidades específicas de *pensamiento* y *razonamiento*. STEM implica habilidades como la creatividad, la resolución de problemas y la capacidad de pensamiento crítico, todas ellas necesarias para hacer frente a los problemas mal definidos del futuro. Además, los conocimientos STEM incluyen intrínsecamente temas

ASPECTOS DE STEM	EJEMPLOS DE PREGUNTAS PARA SU ENSEÑANZA
¿Por qué?	¿Cuáles son los objetivos de STEM? ¿Qué tipo de valores guían a STEM? ¿Los profesionales de STEM son siempre objetivos? ¿Por qué o por qué no?
¿Cómo?	¿Qué actividades utilizan los profesionales de STEM para recoger datos? ¿Qué tipo de modelos se utilizan en STEM? ¿Cómo se construyen los modelos en STEM a partir de los datos?
¿Qué?	¿Cuáles son las teorías, los modelos y las leyes de STEM? ¿Hay diferencias entre los modelos de la ciencia y la ingeniería? ¿Cómo podemos comparar y contrastar los conocimientos en los diferentes campos de STEM?

TABLA 1. Conocimiento y saber en STEM: posibles preguntas para promover el debate.

como el razonamiento probabilístico y la elaboración de modelos que nos ayudan a predecir soluciones en el futuro. La enseñanza y el aprendizaje de las materias STEM también pueden promover un razonamiento basado en evidencias, tan necesario en la actualidad. Todos los campos STEM se basan en el uso de evidencias para justificar las afirmaciones. Por ejemplo, podemos justificar por qué nos favorece una vacuna contra el virus del Covid-19 basándonos en los datos sobre cómo ha reducido la tasa de enfermedad en las personas vacunadas. Cuando los ingenieros elaboran modelos prototípicos de puentes o fábricas, argumentan lo que hace el mejor diseño posible. Si estamos construyendo un puente en un desfiladero, razonamos con evidencias para justificar cómo se mantendrá intacta la construcción propuesta. La participación de los estudiantes en el razonamiento basado en evidencias, no solo puede ayudarles a entender cómo se justifican nuestros conocimientos y razonamientos en los problemas STEM, sino que también puede ayudarles a confiar en ellos. En todo el mundo se observa cada vez más desconfianza en la ciencia, como demuestran casos como la negación del cambio climático, las teorías conspirativas sobre la Tierra plana o el infundado 5G-Covid-19, que apuntan a toda una serie de conceptos erróneos sobre el funcionamiento de la ciencia. Para restablecer la confianza en los estudiantes y, en general, en la sociedad, la educación STEM tiene que abordar la desinformación sobre el funcionamiento de la ciencia y fomentar la comprensión de cómo se valida el conocimiento en STEM. Un enfoque coordinado para comprender los objetivos y valores, los procesos y los productos de STEM puede ayudar a restaurar la confianza en STEM.

La enseñanza y el aprendizaje de las materias STEM también pueden promover un razonamiento basado en evidencias, tan necesario en la actualidad.

Sin embargo, STEM no está desprovista de valores y no se desarrolla en el vacío. Se sitúa en la sociedad y, como tal, los aspectos políticos, morales y éticos de los factores sociales pueden influir en el funcionamiento de STEM en la sociedad. Por ejemplo, hemos asistido a debates en algunas partes del mundo sobre si las vacunas van o no en contra de ciertas creencias religiosas y si los lugares de culto deben o no estar abiertos durante la pandemia. En nuestro proyecto *Oxford Argumentation in Religion and Science*,



hemos abordado estas cuestiones con la colaboración de profesores de secundaria¹.

STEM EN LOS PLANES DE ENSEÑANZA

¿Cómo abordan los planes de estudio actuales estos problemas sobre STEM? En un estudio reciente, analizamos los documentos de los planes de estudio de ciencias de EE. UU., Corea y Taiwán para investigar cómo estos documentos se refieren a los objetivos, valores y prácticas de STEM². El estudio sistemático de estos componentes proporciona información sobre una comparación de las diferentes normas curriculares y qué características concretas destacan. Los resultados ilustran que hay diversidad en la forma en que se discuten los objetivos, valores y prácticas epistémicas. A pesar de las diferencias estructurales entre los currículos, se identificaron al menos dos temas importantes comunes en los tres países. El primero es la escasa representación de las matemáticas en los documentos normativos. En los documentos analizados rara vez se abordan los objetivos específicos de las matemáticas que difieren de los de las ciencias empíricas, las prácticas que realizan habitualmente los matemáticos y la forma en que estas prácticas contribuyen a alcanzar los objetivos de la ciencia. El segundo tema, especialmente evidente en los planes de estudio de EE. UU. y Corea, es el énfasis excesivo en la intersección entre ciencia e ingeniería, que parece haber dado lugar a que los objetivos, valores y prácticas específicos de la ciencia queden ocultos en las normas. En ambos documentos, las similitudes entre la ciencia y la ingeniería se representaban de forma más evidente que sus diferencias.

STEM Y EL FUTURO

Así pues, queda mucho trabajo por hacer para dar coherencia al plan de estudios sobre STEM. Además, el plan de estudios ya no puede permitirse ser indiferente a las necesidades de los futuros ciudadanos. Los estudiantes que serán futuros ciudadanos necesitan los conocimientos, las habilidades, las actitudes y los valores que les ayudarán en sus vidas en los años venideros. ¿Cómo pueden los enfoques pedagógicos facilitar a los alumnos la adquisición de esos resultados ahora? Esta es una pregunta clave que estamos analizando actualmente en nuestra asociación en el actual proyecto FEDORA³ dirigido por la Universidad de Bolonia, Italia. Estamos estudiando algunas soluciones a la grave brecha de conocimientos y habilidades entre lo que las organizaciones educativas tradicionales están produciendo y lo que la sociedad requiere. Los objetivos generales de FEDORA son producir un nuevo enfoque orientado al futuro de la enseñanza de las ciencias y fomentar la elaboración de políticas proactivas y anticipatorias destinadas a alinear la enseñanza de las

Entre las competencias orientadas al futuro se encuentran el pensamiento hipotético, el pensamiento sistémico, el pensamiento más allá del ámbito de las posibilidades, la competencia para la acción, la gestión de la incertidumbre y la complejidad

ciencias. Entre las competencias orientadas al futuro se encuentran el pensamiento hipotético, el pensamiento sistémico, el pensamiento más allá del ámbito de las posibilidades, la competencia para la acción, la gestión de la incertidumbre y la complejidad. En el consorcio participan tres grupos de investigación en educación científica (Universidad de Bolonia, Universidad de Oxford y Universidad de Helsinki), un grupo de investigación experto en encuestas sociológicas de una Universidad Tecnológica (KTU), una empresa de comunicación científica (formicablu) y la asociación *Teach the Future*. En la Universidad de Oxford, estamos colaborando en la elaboración de directrices para renovar la enseñanza de las ciencias, dirigidas a investigadores, profesores y educadores en contextos formales, no formales e informales. Recopilaremos las recomendaciones de los responsables políticos para sintetizar un marco que explique lo que ocurre en una experiencia específica de enseñanza y aprendizaje innovadores. En última instancia, la educación STEM tiene mucho potencial para ayudar a equipar a los estudiantes con los conocimientos, las habilidades y los valores que les ayudarán a hacer frente a los nuevos desafíos del mundo.

Sibel Erduran es catedrática de enseñanza de las ciencias en el Departamento de Educación de la Universidad de Oxford, donde es directora de investigación. También es profesora en la Universidad de Oslo. En Oxford, dirige los proyectos financiados OARS (*Templeton World Charity Foundation*) y FEDORA (EU Horizon2020).

Olga Ioannidou es investigadora postdoctoral en el Departamento de Educación de la Universidad de Oxford. Es responsable de investigación en el proyecto FEDORA, que investiga las competencias orientadas al futuro en la enseñanza de las ciencias.

Notas

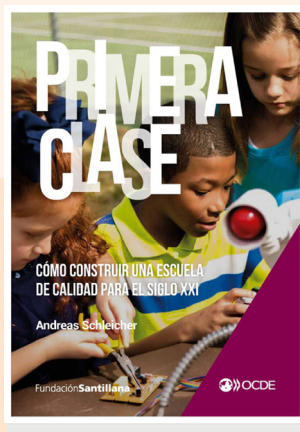
¹ Erduran, S., Guilfoyle, L. & Park, W. (2020). Science and Religious Education Teachers' Views of Argumentation and Its Teaching. Research in Science Education. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09966-2>

² Park, W., Wu, J., & Erduran, S. (2020). The nature of STEM disciplines in the science education standards documents from the United States, Korea and Taiwan: Focusing on disciplinary aims, values and practices, Science & Education. Science & Education 29(4), 899-927.

³ <https://cordis.europa.eu/project/id/872841>

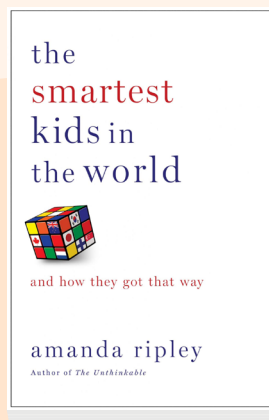
biblioteca

novedades



Primera clase. Cómo construir una escuela de calidad para el siglo XXI
Andreas Schleicher
Santillana, 2018

En este libro Schleicher, físico de profesión, analiza las buenas prácticas educativas con el objetivo de comprender que es lo que funciona en materia educativa de acuerdo con su contexto. En el futuro los centros educativos priorizarán que sus estudiantes piensen por sí mismos y que trabajen en equipos cooperativos aprendiendo a ser empáticos con los demás. El autor es experto en políticas educativas a nivel internacional.



The Smartest Kids in the World. And How They Got That Way
Amanda Ripley
Simon & Shuster, 2014

Ripley analiza y compara los sistemas educativos de Finlandia, Corea del Sur y Polonia con el estadounidense. Utiliza a tres estudiantes como agentes de campo para que asistan a las consideradas mejores escuelas públicas para conocer como estos sistemas educan a los niños con un gran potencial. Su principal descubrimiento es la pasión y el talento que tienen los docentes.



Escuelas que valgan la pena
Pepe Menéndez
Ediciones Paidós, 2020

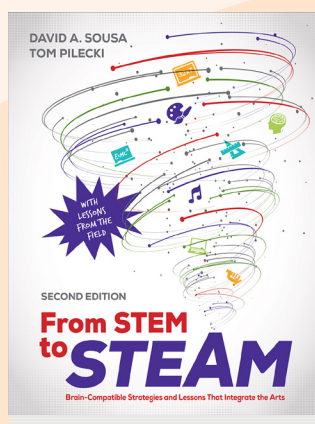
A partir de breves relatos sobre experiencias y vivencias reales como docente y director, Menéndez nos invita a reflexionar sobre la educación, planteando preguntas, reflexiones, dudas y principios; situando siempre al alumno en el centro del proceso educativo. Para el autor, la transformación educativa se basa en conseguir que el aprendizaje sea el motor de una educación más humana y acorde con las competencias actuales.



Aprendizaje basado en proyectos, trabajos prácticos y controversias
Jordi Domènech Casal
Octaedro Editorial, 2017

Un libro que ofrece 28 propuestas prácticas para el profesorado de ciencias para hacer proyectos en el aula. Está relacionado con un blog donde está todo el material necesario. En él encontramos enfoques metodológicos sobre indagación, habilidades de razonamiento científico, aprendizaje basado en proyectos y problemas, controversias sociocientíficas y pseudociencias.





From STEM to STEAM: Brain-Compatible Strategies and Lessons That Integrate the Arts

David Anthony Sousa
y Thomas J. Pilecki

Corwin Press, 2018, 2ª edición

Profesores y administradores en todas las escuelas donde los autores han trabajado han reconocido que integrando las artes en cursos de STEM pueden despertar su propia creatividad y la de su alumnado. El libro también describe cómo llevar a cabo una iniciativa STEM exitosa.

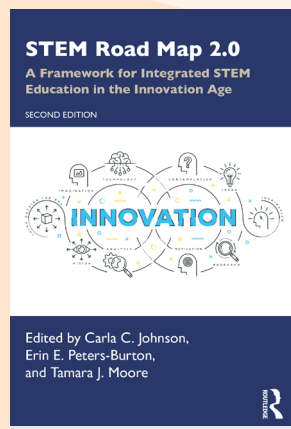


STEM. La enseñanza de las ciencias en la actualidad

María Napal Fraile y María
Isabel Zudaire Ripa

Dextra Editorial, 2019

En todo el mundo, y especialmente en el ámbito anglosajón, se multiplican las iniciativas para aumentar la exposición de los niños y niñas a la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), y fomentar así las vocaciones científico-tecnológicas. Invertir en educación STEM se ha convertido en sinónimo de innovación. Sin embargo, cabe preguntarse si la educación STEM que se está practicando responde realmente a los retos a los que se enfrenta la ciencia y la educación científica en la actualidad.

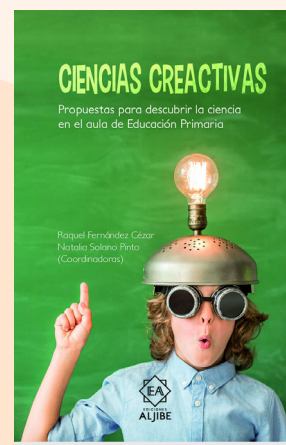


STEM Road Map 2.0

Carla C. Johnson, Erin E.
Peters-Burton y Tamara J.
Moore

Routledge & CRC, 2021. 2ª edición

Este libro proporciona un plan de estudios STEM integrado que abarca todo el espectro K-12. Esta edición incluye un mayor enfoque en el pensamiento computacional, las matemáticas y las artes, así como la relevancia cultural y el abordaje de las necesidades de los estudiantes. Se divide en tres partes: conceptualización de STEM, mapas del plan de estudios de STEM y creación de capacidad para STEM, cada sección está diseñada para generar un entendimiento común de STEM integrado y proporcionar mapas de currículo para implementar STEM integrado en el aula.



Ciencias creativas

Raquel Fernández Cézar y
Natalia Solano Pinto

Ediciones Ajibe, 2019

Este libro nos muestra que existen vínculos entre creatividad, ciencia y docencia, que permiten a los maestros ser creativos para trabajar las ciencias desde la experimentación-vivenciación, y concluir con el análisis y la reflexión compartida con los estudiantes. Las autoras presentan 18 guías didácticas donde se explican experimentos de temas diversos como la gravedad o el campo magnético... En dichas guías se proponen objetivos, procedimientos y propuestas de evaluación. Se describen ejemplos con materiales cotidianos aprovechando situaciones diarias para descubrir, aprender y disfrutar de la ciencia.

autor

Ciencias creativas

**Propuestas para
descubrir la ciencia
en el aula actual**



Raquel Fernández C  zar, doctora en Ciencias Químicas y licenciada en Ciencias Físicas, Máster en Salud Laboral, en la especialidad de Higiene industrial, es profesora en el área de Didáctica de las Matemáticas en la Facultad de Educación de Toledo (UCLM). Ha orientado su trayectoria profesional al ámbito de la educación científica plurilingüe, especialmente enfocado en la percepción de las ciencias de los estudiantes y público en general (dominio afectivo) en el área de STEM.

Natalia Solano Pinto, doctora en Psicología, Máster en Neuropsicología Clínica y Máster en la intervención de la ansiedad y el estrés, es profesora en el área de Psicología Evolutiva y de la Educación en la Facultad de Educación de Toledo (UCLM). Ha orientado su trayectoria al ámbito de la salud y de la educación, investigando el desarrollo de la imagen corporal en el ciclo vital y coordinando programas de educación para la salud.

ENTREVISTA A RAQUEL FERNÁNDEZ Y NATALIA SOLANO

por Ana Moreno

   Cómo surgió la idea de escribir un libro para docentes de ciencias en primaria?   Cu  l era vuestro propósito?

Este libro se gesta con la participación desde 2012 en un proyecto de divulgación científica financiado por la FECYT y la RSEQ que lleva por título *Conocer la ciencia hoy abre las puertas del mañana*. Después de realizar una serie de experimentos en varios colegios durante cuatro cursos, entre los años 2012 y 2016, percibimos las necesidades de los maestros y maestras y su interés en incorporar experimentos en su práctica docente. Eran conscientes de su falta de formación y de la falta de materiales didácticos que les ayudaran a conectar los posibles experimentos con su currículo, para incorporarlos como material de aula y no solo para ser utilizados en días excepcionales.

Nuestro propósito fue aportarles el material que nos pedían mediante guías para desarrollar los experimentos en su aula, incluyendo la evaluación del conocimiento que el alumnado adquiriera para ayudarle en su aprendizaje.

En él ha participado un numeroso equipo formado por académicos y profesores de primaria.   Nos pod  is contar cómo se ha gestado el libro, y cuál ha sido el papel de cada cual?

Ha participado numeroso profesorado universitario que es a la vez investigador y científico, pero no hay profesorado de primaria participante en la elaboración. S   que estamos tres profesores de la Facultad de Educación de Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha; entre ellos, las coordinadoras del proyecto, que impartimos clase en el Grado en Maestro en Educación

Se trata de 18 guías didácticas para llevar a cabo experimentos diversos para disfrutar de la ciencia.

Primaria, y que incidimos en el aspecto formativo y curricular del libro.

Todo el profesorado aportó los experimentos que venía haciendo en distintos colegios, y en particular los expertos en educación aportamos, además de los experimentos, el enfoque del libro en la relación con el currículo de Educación Primaria, la visualización de los aprendizajes y la evaluación.

En el libro propon  is una serie de actividades de ciencias con una metodología cre-activa.   A qué os refer  is?   Nos podríais describir un poco esta metodología y explicar por qué la consider  is tan adecuada?

En los primeros capítulos recogemos nociones de creatividad y qué supone la creatividad para el maestro de primaria. Proponemos también una metodología por descubrimiento como metodología activa. De la combinación surge la palabra CREATIVA.

Hay mucha literatura que apoya que la única manera de aprender es *aprender haciendo*, el conocido *learning by doing*, que también se recoge en los objetivos Horizonte Europa y en el anterior, Horizonte 2020, de la Unión Europea. El aprendizaje por descubrimiento basado en el método científico nos parece el que mejor ejemplifica el trabajo de una persona que se dedica a la profesión científica. Hay estudios

que comparan diversas metodologías y corroboran que la mejor actitud del alumnado se corresponde con el uso de metodologías activas, lo cual hemos comprobado nosotras mismas en algunas investigaciones.

A medio plazo, si la actitud del alumnado es más positiva hacia la ciencia con esta metodología, esperamos que sigan considerándola atractiva y la elijan en sus estudios posteriores de secundaria o incluso universitarios.

Todas las actividades han sido puestas en práctica en el aula, ¿qué formación/información recibieron los profesores antes de ponerlas en práctica? ¿Nos podéis contar un poco sobre algunas de las experiencias, lo que os ha llamado la atención u os parece relevante?

Los maestros y maestras han participado como observadores/mediadores de su alumnado en las actividades que proponemos, por ser los que mejor los conocían. Así es como colaboramos desde el proyecto: llevamos el material y los experimentos y nosotros los trabajamos con el alumnado. Lo que recibimos de ellos es la necesidad de disponer de material para que ellos pudieran hacerlo en sus clases, y esto es lo que nos animó a crear el libro.

Lo que destacaríamos es que casi siempre, cuando llegamos a las clases, los maestros o profesores nos indican si algún alumno o alumna necesita un cuidado especial porque no atiende, es disruptivo, etc. Y cuando acabamos y hacemos una reflexión sobre lo ocurrido en clase nos dicen: *janda, pues se ha portado bien!*

El aprendizaje por descubrimiento es el que mejor ejemplifica la profesión científica.



De estas experiencias destacamos la necesidad de crear escenarios de aprendizaje donde el alumnado sienta que es el protagonista de su aprendizaje. Cuando se le da un papel activo y guiado, mantiene su atención desde el entusiasmo e interés por aprender. Además, es una actividad inclusiva y cooperativa donde los grupos de trabajo de alumnos van realizando la experimentación, a su ritmo y de manera colaborativa.

¿Cómo veis el aprendizaje de las ciencias en nuestro país en la actualidad? ¿Qué más habría que hacer para hacerlas más atractivas?

El aprendizaje de las ciencias en general no se basa en experimentos o investigación que, en realidad, es en lo que consiste la actividad científica principalmente. Este es un hecho que lamentamos, y a lo que contribuimos entre todos. Para lograr un cambio también hay que aportar desde todos los ámbitos, y creemos que incluir en las clases de ciencias más microproyectos e investigaciones ayudaría a cambiar la visión de *hechos consumados* que se transmite con la enseñanza expositiva.

Para conseguir esto habría que analizar qué entienden por enseñar o por aprender los docentes y la sociedad en general. Si aprender es concebido como logro cuando se consigue la repetición memorística de hechos o incluso procedimientos, quizá se consiga así. Pero si aprender es desarrollar la emoción, una actitud activa y positiva hacia la ciencia y el descubrimiento de la ciencia en el mundo que nos rodea, no se está consiguiendo y habría que cambiar de método para alcanzar este objetivo de aprendizaje.

¿Consideráis alcanzados vuestros objetivos? ¿Para cuándo el de secundaria?

El objetivo de elaboración está alcanzado, pero el de la contribución social del libro creemos que necesita más tiempo. No está siendo un *best seller*, por lo que el impacto es limitado, y nos gustaría que fuera mayor para incidir más sobre la mejora de la enseñanza de las ciencias.

Si la actitud del alumnado es más positiva hacia la ciencia con esta metodología, esperamos que sigan considerándola atractiva y la elijan en sus estudios posteriores.

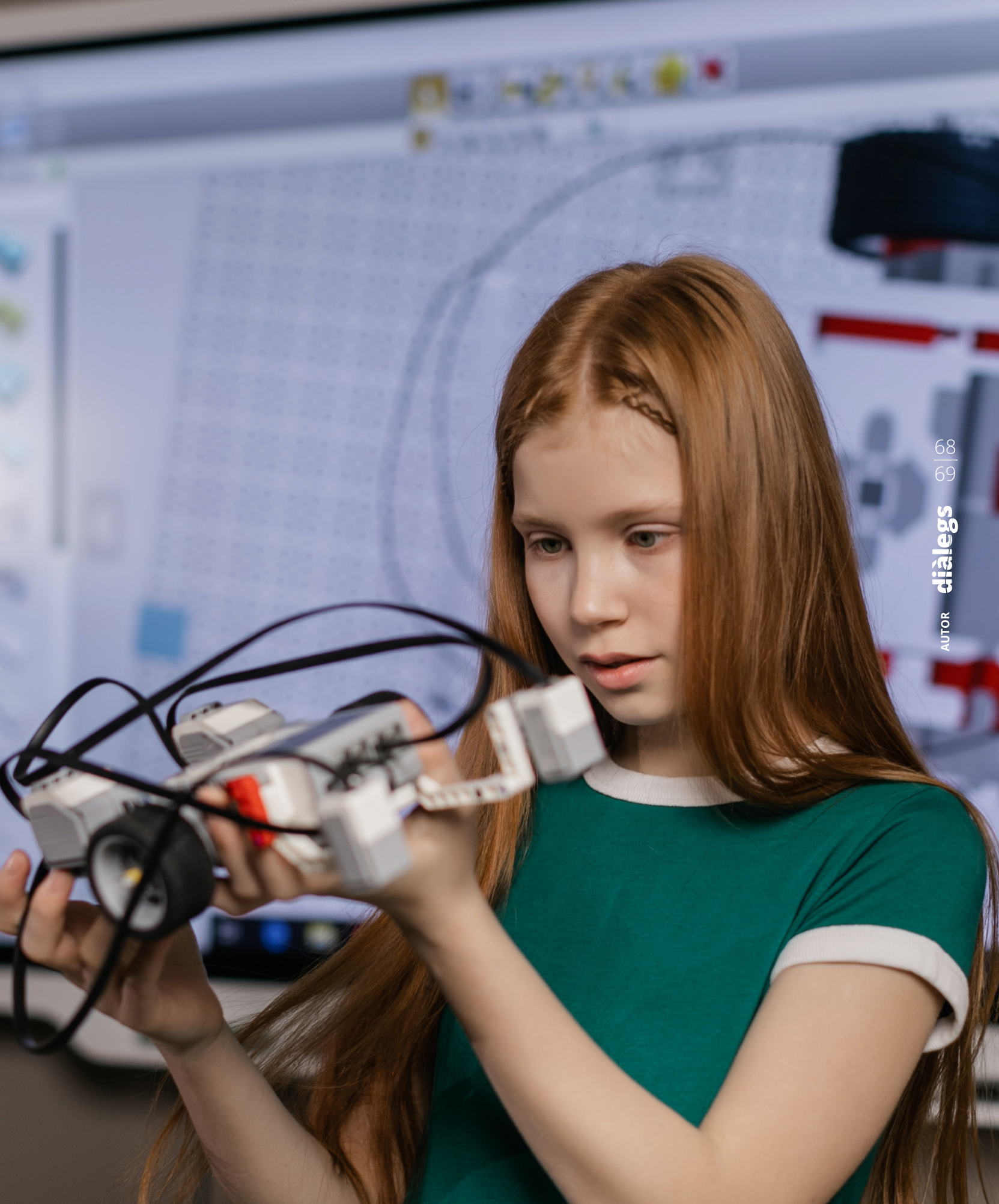
El proyecto desde el que se fraguó sigue, así que en unos años quizá nos animemos a preparar el de secundaria. De todas formas, en el libro elaborado vienen sugerencias para ampliar que pueden ser utilizadas por el profesorado de esta otra etapa educativa y les sería útil.

Para terminar. ¿Qué es lo que os ha parecido más fascinante de todo el proyecto y del mismo libro? ¿Tenéis datos sobre el impacto que está teniendo ya en las aulas tanto en profesores como alumnos?

La coordinación, consensuar un modelo de guía que fuera útil a los maestros y maestras nos llevó tiempo. Pero el resultado compensa todos los esfuerzos.

Sobre el impacto, llevamos unos cuantos ejemplares vendidos, pero no sabría decirte cuántos. Lo difundimos en redes de vez en cuando, y puede comprarse en la editorial Aljibe, en Amazon, Casa del libro, etc. Tiene un precio muy asequible y es muy útil para el profesorado de primaria, por el *feedback* que nos llega de quien lo usa. También agradecemos el comentario tan positivo que vimos en *Aula Apoyo Inclusión* sobre el libro.

Como líneas futuras de investigación, será interesante estudiar y comparar grupos para poder obtener evidencia empírica sobre las consecuencias del uso de esta metodología en comparación con otras. En concreto, si mejora el ambiente del aula, la cohesión del grupo, la satisfacción del alumnado y del profesorado, si disminuye la ansiedad ante contenidos académicos, si mejora el razonamiento científico, la creatividad y si se conecta la ciencia con el entorno que nos rodea.



legado



Neus Sanmartí, una vida entregada a la mejora de la educación de las ciencias

Neus Sanmartí es Catedrática emérita de Didáctica de las Ciencias en la Universitat Autònoma de Barcelona. Especializada en temas relacionados con el desarrollo curricular y la evaluación, el lenguaje en relación con el aprendizaje científico y la educación ambiental, entre otros. Ha sido docente en las etapas de Primaria y Secundaria, así como en la formación inicial y permanente del profesorado. Premio de Pedagogía *Rosa Sensat* (2002) y *Creu de Sant Jordi* de la Generalitat de Cataluña (2009).

ENTREVISTA A NEUS SANMARTÍ

Neus Sanmartí es muy conocida por su contribución al cambio de paradigma en la evaluación escolar; sin embargo, pocos conocen su entrega a la mejora de la educación en ciencias y su dedicación incansable para conseguir la excelencia en la profesión docente. Su sueño era conseguir una educación de calidad para todos y orientó toda su energía a mejorar la enseñanza pública. Según Google, una heroína es una mujer ilustre por sus gestas o virtudes; no tenemos ninguna duda de que Neus lo es por ambas, pero también por su gran respeto a la pluralidad sabiendo hacer equipo y acompañar en sus gestas a profesionales e instituciones con proyectos muy diversos.

por Ana Moreno

¿Qué nos dirías de la Neus más personal?
Nací en Barcelona en 1943. Era la mayor de 3 hermanos. Mi padre trabajaba en un taller de un pariente donde hacían cajas de cartón y cuando quebró, pidió poder ocuparse de sacarlo adelante. Siempre me ha gustado la montaña, hacer excursiones, ir de camping -éramos de un centro excursionista, la UEC de Gràcia- y también viajar, conocer otros lugares y países.

Disfruto mucho leyendo y desde jovencita devoraba los libros, especialmente a partir de los trece años, cuando me enganchó un libro de Julio Verne: *Un capitán de quince años*.

He tenido la suerte de tener una familia en la que todos hemos disfrutado, y donde han crecido mis tres hijos -dos chicos y una chica-. Mi marido murió de un problema de corazón hace ocho años. Ahora tengo 10 nietos, 5 chicos





y 5 chicas, muy diferentes y que me aportan un contacto con los jóvenes de hoy muy vivencial. La pandemia lo ha dificultado un poco, pero aun así, hemos intentado compensar el aislamiento el máximo posible.

¿Cómo decidiste dedicarte a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias? ¿Cuáles fueron tus inicios?

Siempre me han gustado las ciencias y las matemáticas. Todavía recuerdo el placer que sentí cuando la profesora me ayudó a descubrir el álgebra y como este campo de la matemática posibilitaba resolver problemas de manera más rápida. Seguramente el profesor de química que tuve en 5º de bachillerato -estamos hablando de 1957- me animó a profundizar en esta rama de la ciencia. Y mi padre, que trabajaba fabricando cajas de cartón, me animó a seguir esta carrera porque ya intuía que los envases del futuro necesitarían aportaciones de la química. Mientras estudiaba la carrera me imaginaba siendo maestra en una escuela unitaria de un pueblo de alta montaña.

Me interesaba la educación, que había conocido a partir del escultismo¹, y también de la naturaleza. La universidad (1960-1965) me descubrió un mundo nuevo, de compromiso político y de trabajo con compañeros muy

***A pesar de que no
teníamos ninguna
formación en didáctica,
no dejamos de leer,
de compartir puntos
de vista, de buscar
salidas a los problemas
y dificultades que iban
surgiendo, de innovar...
Y así hemos continuado.***

diversos. Entonces nos conocimos todos los que estudiábamos *ciencias* y viví el inicio de las luchas y cambios en la universidad junto con el que fue mi compañero y padre de mis hijos. Aun así, no me veía trabajando de *química* en un laboratorio y sí en la escuela, ayudando a descubrir a los chicos y chicas este mundo fascinante de la ciencia.

¿Cómo fueron tus inicios como maestra?

Después de un año haciendo una sustitución en una escuela de la parte alta de Barcelona, opté por ir a un instituto del barrio del Besòs, que en aquellos años se estaba construyendo. Fue mi verdadero bautizo y un aprendizaje que, sin duda, ha condicionado toda mi evolución. Coincidió con mayo del 68 y, por lo tanto, un momento de lucha para un mundo mejor y de creatividad -¡la imaginación al poder!-. En aquellos años aprendí mucho, gracias a unas compañeras con las cuales nos entendimos muy bien y al movimiento que se emprendió desde *Rosa Sensat* y las Escuelas de verano. Precisamente ahora se está editando un libro en el cual hemos volcado nuestros recuerdos (y los de muchas de nuestras alumnas) sobre qué representó aquella experiencia².

Dice la investigación que el primer año de ejercicio de la profesión marca el futuro de los docentes, y no tengo ninguna duda de que mi caso (y el de mis compañeras jóvenes de aquellos años) lo confirma. A pesar de que no teníamos ninguna formación en didáctica, no dejamos de leer, de compartir puntos de vista, de buscar salidas a los problemas y dificultades que iban surgiendo, de innovar... Y así hemos continuado.

Pero después fuiste profesora en la universidad. ¿Cómo pasó?

En los años sesenta nació la UAB y los estudios de magisterio se configuraron a partir de un núcleo de personas que apostaban por un

cambio en la escuela. En aquellos momentos, estos estudios habían pasado a ser universitarios, aunque fuera con la categoría de Escuela universitaria. Buena parte de los nuevos docentes procedíamos de los grupos de trabajo vinculados a *Rosa Sensat*, fue por ello que me propusieron formar parte del nuevo proyecto en el año 1965.

Aun así creía que no podía dejar de ejercer en la escuela e intentar resolver el problema que representaba para las futuras maestras (casi todas chicas), el hecho de que el conocimiento profesional solo fuera discursivo y que los centros de prácticas no siempre fueran idóneos. Con otros compañeros nos planteamos cambiar de raíz el modelo. A partir de la

Todavía recuerdo el placer que sentí cuando la profesora me ayudó a descubrir el álgebra y como este campo de la matemática posibilitaba resolver problemas de manera más rápida.

experiencia pionera que impulsó Pilar Benejam, algunos profesores de la Escuela de Maestros dábamos clase en una escuela de primaria, que preparábamos con los alumnos de la universidad. Les asistíamos en las clases de la escuela y después reflexionábamos sobre lo que había pasado, por qué y qué se podría mejorar.

Para mí ésta fue otra experiencia importante en mi vida profesional, porque el reto de dar clases, que en teoría tenían que ser *modélicas* con

días buenos y con otros no tanto es grande y necesita gestionar bien todo lo que implica, especialmente las emociones que se generan.

Posteriormente, a partir de la colaboración con el ICE de la UAB, también fui docente en los cursos del CAP (Certificado de Aptitud Pedagógica) y coordiné los primeros estudios del *Máster de secundaria*, que se pusieron en marcha experimentalmente en los años noventa.

Cuando las escuelas de magisterio



empezaron a tener un estatus más universitario (1985), al profesorado se nos exigió tener una tesis doctoral y que, en mi caso, realicé en el marco del King's College de Londres, una aventura absoluta por mi deficiente inglés. Y desde entonces, no he dejado de combinar la investigación, la docencia en la universidad y el contacto con la escuela *real* a partir de la formación permanente y de asesoramientos. También formé parte del primer equipo del Departamento de Educación que impulsó innovaciones en la formación permanente (por ejemplo, el FOPI -Formación Permanente Institucional-) y la coordinación entre las diferentes Escuelas de Maestros de las universidades de Cataluña.

Muchos de mis aprendizajes en relación con la didáctica de las ciencias los recogí en un libro³, y a pesar de que estoy jubilada, continúo en activo en la universidad. Lo hago como profesora *honoraria* e implicada en un equipo de investigación LIEC -Lengua y Enseñanza de las Ciencias. En estos últimos años estamos trabajando precisamente en relación con el desarrollo del pensamiento crítico y la argumentación y, más en general, sobre el trabajo en las aulas en torno a las controversias científicas. Es por este motivo, que me ha interesado colaborar en el estudio hecho en el marco de un Delphi donde han participado expertos de todo el mundo, cuyos resultados se recogen en el informe *El pensamiento crítico y la creatividad. Dos aprendizajes clave para la sociedad del conocimiento en la era de la innovación*, que se puede descargar de la web de Impuls⁴.

¿Cómo es que te interesó profundizar en cómo transformar las prácticas de evaluación?

Fue en 1988 cuando, con el profesorado de ciencias y matemáticas de dos institutos municipales de Barcelona, estábamos empezando a poner en marcha la

LOGSE y surgió la pregunta: *¿No tendríamos que revisar también la evaluación?* Tanto Jaume Jorba, desde las matemáticas como yo desde las ciencias, nunca nos habíamos interesado por el tema y nuestro conocimiento sobre otras posibles maneras de plantear la evaluación era nulo.

Nos pareció un buen reto y buscamos artículos y posibles referentes. En aquellos momentos acababa de salir una revista francesa⁵ que hablaba de una evaluación formadora y aportaba resultados de diversas investigaciones en las cuales se había evidenciado que los alumnos de liceos que aplicaban esta evaluación obtenían mejores resultados en los exámenes de reválida externos que los otros liceos de las mismas características.

Nos interesó mucho el planteamiento porque estaba muy fundamentado teóricamente y aportaba evidencias. Compartimos lo que habíamos entendido de la propuesta con los docentes con los que estábamos trabajando y hubo un acuerdo para intentar aplicarlo en sus clases. Así empezó un trabajo que se prolongó durante ocho años⁵ y que permitió ir encontrando respuestas a las dificultades que iban surgiendo y comprobar los resultados.

¿En qué consistieron estas dificultades?

En primer lugar, conseguir que realmente los alumnos se ayudaran entre ellos de forma eficaz y eficiente, porque una evaluación formadora pasa porque sepan cooperar coevaluándose. Un segundo reto fue el de mejorar como se expresaban cuando hablaban de matemáticas y de ciencias. Los docentes tenemos la costumbre de intuir qué quiere decir un alumno cuando escribe algún razonamiento o explicación, pero los compañeros no lo entienden.

Por eso nos pusimos como objetivo conseguir que mejoraran su capacidad de escribir ciencias y

matemáticas. A partir de este trabajo, surgió un proyecto en la UAB y el libro que recoge las investigaciones e innovaciones hechas ganó el premio de Pedagogía *Rosa Sensat*⁷.

Después, también, nos planteamos cómo seleccionar los conocimientos a promover, a fin de que fueran muy básicos y significativos, como secuenciar las actividades a lo largo de un proceso de aprendizaje diseñado para lograrlos, etc. Es evidente que nunca acabas de querer mejorar en algo, es un camino sin fin, y no hay duda de que la evaluación es lo que ayuda más a los docentes a replantearnos nuestra profesión desde muchos ángulos. Buena parte de las experiencias y aprendizajes hechos a partir de aquel inicio los he recogido en dos libros⁸, que deseo que hayan ayudado a replantear la evaluación a fondo.

CLAVES PARA ENTENDER UNA EVALUACIÓN PARA APRENDER

Durante más de treinta años Neus ha trabajado mucho para cambiar la manera de entender la evaluación de maestros, alumnos y familias. Seguramente lo ha conseguido en muchos casos, cuando menos ha provocado una oleada de cambio muy difícil de parar.

Algunas de sus ideas clave para entender este cambio se encuentran en su último libro *Evaluar y aprender, un único proceso*, del cual hemos seleccionado algunos fragmentos para empezar a profundizar en esta temática:

Sin una evaluación que favorezca reconocer las dificultades y encontrar caminos para superarlas, no hay aprendizaje. El reto es que aprendan a autorregularse. Aprender a aprender se aprende aprendiendo conocimientos significativos -relacionados con los diversos campos del saber generados a lo largo de la historia de la humanidad- y relevantes en el

Reorientar el sentido y la práctica de la evaluación posibilita un buen aprendizaje para toda clase de alumnos, su aplicación todavía no se ha generalizado en las aulas.

ámbito personal y social- útiles para actuar responsablemente. Promover que el alumnado sepa autoevaluarse tiene, por lo tanto, la finalidad de construir conocimientos clave de manera significativa que le posibiliten continuar aprendiendo a lo largo de la vida y en espacios diferentes de los escolares.

Evaluar, aprender y enseñar están estrechamente interrelacionados, son inseparables y se fusionan completamente en el quehacer educativo.

Hay que replantear la evaluación.

El reto consiste en discutir a fondo sobre el concepto, sabiendo que lo que se entiende por evaluación puede variar a lo largo del tiempo. Cambiar la evaluación implica un cambio profundo en cuanto a ideas, prácticas y emociones que están muy arraigadas. Cuatro de estos grandes cambios son:

- La evaluación que sirve para aprender tiene que ser gratificante.
- Aprender requiere evaluarse.
- El aprendiz tiene que ser el protagonista de la evaluación.
- La evaluación de los resultados tiene sentido si se ha aprendido.

¿Por qué cuesta tanto cambiar la evaluación?

A pesar de que está demostrado que reorientar el sentido y la práctica de la evaluación posibilita un buen aprendizaje para toda clase de alumnos, su aplicación todavía no se ha generalizado en las aulas. Uno de los motivos es que hace falta un debate ideológico sobre la finalidad de la educación. ¿Evaluamos en términos de competitividad para clasificar a los alumnos o en términos de equidad para promover que todos aprendan, sin renuncias?

Algunos de los debates que debe tener un equipo docente y que hay que concretar son:

- Finalidad. Mejorar el aprendizaje de todos los alumnos, teniendo en cuenta su diversidad y siguiendo criterios de equidad, o solo en clave de calificar a los alumnos para clasificarlos.
- Qué se evalúa. Definir los objetivos de aprendizaje tanto por su capacidad de aplicar los conocimientos académicos como las competencias más

transversales, para cooperar, pensar, o gestionar las emociones.

- Criterios de evaluación. Qué tendría que hacer el aprendiz para avanzar. No pueden estar orientados a decidir una calificación.
- Quién evalúa. Principalmente el mismo aprendiz, contando con la ayuda de compañeros, docentes o familiares.
- Cuando se evalúa. Desde el inicio de cualquier proceso de aprendizaje cómo se regularán las dificultades detectadas en cada actividad. Al final comprobar en que se ha avanzado.
- Los instrumentos y estrategias. Para recoger datos, analizarlos y tomar decisiones gratificantes y útiles para avanzar.
- Cómo se articula la comunicación. Entre aprendices, docentes y familias gestionando bien las interrelaciones y las emociones a lo largo del proceso.

Después de llegar a acuerdos hace falta tiempo y paciencia, el éxito no se produce de la noche a la mañana. Que se consiga o no el cambio depende, en gran parte del arte del docente, su ciencia, la tecnología (instrumentos, técnicas y estrategias) que utiliza y también, su ideología y valores.

Notas

¹ Es una filosofía de vida en la que se enseña el respeto por la naturaleza, la tolerancia, la igualdad, el compañerismo, la actividad física y la capacidad de superar adversidades e incomodidades. La metodología scout se basa en la educación en valores y en el compromiso con estos.

² Alemany, C., Escobar, M., & Sanmartí, N. (2021). La pandilla del Besòs. Una experiencia de compromiso, ilusión, retos y aprendizaje. Barcelona: Ed. Rosa Sensat (en fase de edición).

³ Sanmartí, N. (2002). Didáctica de las Ciencias en la educación secundaria obligatoria. Madrid: Ed. Síntesis.

⁴ www.impulseducacio.org

⁵ Nunziati, G. (1990). Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice. Cahiers pédagogiques, 47-64.

⁶ Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Madrid: MEC.

⁷ Sanmartí, N. (coord.) (2003). Aprender Ciencias aprendiendo a escribir Ciencias. Ediciones 62. -Premio Rosa Sensat de Pedagogía 2002-.

⁸ Sanmartí, N. (2007). Evaluar para aprender. Barcelona. Ed. Graó (también editado en eusquera y en portugués)..



*Querida Neus, gracias
por perseguir siempre tus
sueños, por ser tan abierta,
entusiasta y generosa.*

opinión

El papel de las STEM en la educación

Hay que revertir la percepción que tienen los estudiantes de que las áreas que conforman STEM son más complicadas que las demás.

por Pepe Menéndez

ANTECEDENTES Y PERCEPCIÓN ACTUAL DE LAS STEM

El matemático Seymour Papert (1928-2016) está considerado como el impulsor de una metodología lúdica para el aprendizaje de programación, dirigida especialmente a niños y jóvenes, que se puede considerar precursora de la iniciativa STEM (acrónimo en inglés de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Papert era un firme defensor del aprendizaje con herramientas propias de la inteligencia artificial para desarrollar el pensamiento de los pequeños, por lo que impulsó, a partir de los años 80 del siglo pasado, numerosas iniciativas con lenguaje LOGO, del que había sido su creador.

Es importante que no perdamos de vista la base del razonamiento de Papert, fundamentado en la vinculación entre juego, engranajes tecnológicos y desarrollo del cerebro en etapas tempranas.

Las STEM quieren impulsar el interés por unas áreas de conocimiento, tradicionalmente vividas como difíciles por los alumnos y poco atractivas para las chicas, especialmente. El propio acrónimo ha ido evolucionando con diversas variantes; la más aceptada es la que añade la 'A' de Artes y se reconoce como STEAM, o la acepción ST2REAM (T2 para *Teaching* o *Thematic Instruction*, y R para *Reading*).

Poner énfasis en el futuro laboral para intentar convencer a los jóvenes que escojan estos estudios no es una estrategia muy acertada.

Según datos de la UPC, solo el 29% de las nuevas inscripciones han sido chicas. Hay que tener en cuenta dos datos más: han subido un 5% en cinco años; y la Universidad Politécnica concentra alrededor del 80% de los estudios relacionados con las asignaturas STEAM. El Departamento de Educación de la Generalitat de Catalunya en su publicación del Plan STEMcat 2017, apuntaba, entre otras razones para impulsarlo, los estereotipos de género de la sociedad, y citaba un estudio de Everis en que se afirma que solo optan al bachillerato propio de las STEM un 26% de las chicas frente a un 40% de los chicos. Situación que se agrava si atendemos al nivel sociocultural familiar, que muestra que solo lo elige un 24% de los de nivel bajo, frente al 44% provenientes del nivel alto.

Las dificultades de la enseñanza de las matemáticas y las ciencias en la escuela son un debate clásico en muchos países de la cultura occidental, en el sentido más amplio, que contrasta con la extraordinaria aceptación y aparente facilidad, que muestra en países asiáticos como la India, China o Singapur.

En el origen de todas las iniciativas vinculadas a STEM, o cualquiera de sus variantes, está la evidencia de que los mismos estudiantes tienen una percepción muy baja de sus oportunidades y capacidades reales de aprendizaje de estas áreas de conocimiento. Y todavía suele ser más habitual esta inseguridad en el caso de las chicas que en el caso de los chicos. Melina Furman, una profesora argentina bien conocida por su actividad respecto a la enseñanza de las ciencias, me ha comentado más de una vez su sorpresa por el contraste que supone la manera habitual de iniciar una argumentación en el campo de las ciencias mediante preguntas, y la manera que la escuela tiene de acercarse a su conocimiento, en el que las preguntas iniciales están ausentes en demasiadas ocasiones.

PLANTEARSE BUENAS PREGUNTAS

Preguntarse el porqué de las cosas, su origen, sentido, evolución, aprender equivocándose y experimentando son actitudes habituales del pensamiento científico, en el que la verdad es lo que es mientras no se demuestre lo contrario. Parece opuesto radicalmente a un aprendizaje basado en procedimientos sin alternativas y que deben llevar a un resultado único.

Es relevante observar que la propia evolución del impulso de las STEM (o STEAM) se ha ido vinculando con metodologías que empiezan por preguntas con retos que requieren indagar, experimentar y seleccionar, basadas en el trabajo en equipo, orientadas a la realización de un producto real, que promueva el aprendizaje sin miedo



al error, y que se centre en contenidos relevantes. Han priorizado el uso de tecnologías para la fabricación en 3D, las *Fablabs*, los *makers spaces*, el uso del LEGO-LOGO y otras propias de la inteligencia artificial. Está siendo una especie de síntesis entre la convicción para difundir el pensamiento científico y tecnológico y adoptar metodologías que están llevando a cabo muchas escuelas innovadoras también en otras materias del currículo.

LAS STEM Y EL MERCADO DE TRABAJO

A menudo hemos oído hablar sobre la importancia de las STEM por las previsiones sobre el mercado laboral en Europa, que nos facilitan datos como que harán falta siete millones de puestos de trabajo cualificados para cubrir estas disciplinas en el horizonte de 2025 (*Encouraging STEM Studies for the Labour Market*). Desde mi punto de vista, poner énfasis en el futuro laboral para intentar convencer a los jóvenes de que elijan estos estudios no es una estrategia demasiado acertada, pues si algo caracteriza la visión del futuro laboral de los jóvenes es la falta de vinculación entre su preparación y el comportamiento del mercado de trabajo. Los datos son contundentes: un 18% de fracaso escolar, paro endémico, y precariedad laboral. En cambio, buscar otras vías de conexión de los niños y jóvenes entre su manera de aprender y estas áreas de conocimiento podría dar mejores resultados. Si, como considera Cristóbal Cobo, el lenguaje de programación se va aproximando al concepto de alfabetización básica, tendremos que buscar otras estrategias de aprendizaje, que lleguen al conjunto del alumnado.

La cuestión clave que tenemos que respondernos es qué queremos que los jóvenes sepan cuando acaben los estudios.

En este sentido, existen algunas propuestas de interdisciplinariedad de saberes, aparentemente muy alejados, como una vía para acercar las STEM a las humanidades (literatura, historia, filosofía...), también en momentos bajos, y que normalmente son escogidas por su aparente facilidad.

La cuestión clave que debemos respondernos es qué queremos que los jóvenes sepan cuando terminen los estudios escolares y qué queremos que hayan experimentado, teniendo en cuenta que ya estamos plenamente en un mundo en el que aprenderemos a lo largo de toda la vida.



Pepe Menéndez és assessor internacional en processos de transformació profunda de l'educació. Llicenciat en Periodisme. Ha dirigit diversos processos de canvi en institucions educatives. Comunicador i especialista en lideratge, innovació educativa i gestió del canvi.



Educación STEM y formación en pensamiento crítico

La enseñanza de las ciencias, en sus diferentes enfoques, debe partir del contexto sociocientífico y de los intereses del alumnado.

por Óscar Eugenio Tamayo

Son muchas, muy diversas y de diferente naturaleza, las cualidades que determinan los buenos procesos de enseñanza y de aprendizaje. De todas ellas nos interesa en este momento hacer referencia a aquellas vinculadas de manera directa con las relaciones entre la educación y el contexto. Una *buena enseñanza* se caracteriza, entre otros aspectos, por ser contextualizada y por responder a los intereses de los estudiantes, aspectos que deben ser tenidos en cuenta por profesoras y profesores. Con el propósito de comprender estas múltiples interacciones, tres enfoques, o movimientos, en la enseñanza de las ciencias han cobrado interés en las últimas tres décadas; estos son: Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), y esta última con la inclusión de las artes (A) y el diseño como campo complementario a los anteriores (STEAM) (Dori et al 2018; Tamayo, 2021).

Sin entrar en distinciones finas entre estas tres perspectivas, podemos señalar que promueven, entre otras cosas: la incorporación de aspectos científicos, sociales, humanos, económicos, políticos, éticos y artísticos en los procesos de enseñanza. Perspectivas que surgen como rechazo de una enseñanza centrada de manera exclusiva en la racionalidad científica de los diferentes campos disciplinares. En tal sentido, ganan interés procesos de enseñanza que parten del reconocimiento de los intereses de los estudiantes y de los problemas sociocientíficos inherentes a los contextos educativos en los cuales se adelantan las acciones de formación propias de la escuela.

LA IMPORTANCIA DE LOS CONTEXTOS EN EDUCACIÓN

Enseñar ciencias desde estas perspectivas exige de parte de profesoras y profesores la transposición, o adecuación,

de estas problemáticas sociocientíficas al aula. Proceso que demanda, en primera instancia, el conocimiento de los contextos de enseñanza y de aprendizaje, así como de los intereses de los estudiantes y, en segundo lugar, la adecuada planeación de las acciones de enseñanza que partan del reconocimiento de estas problemáticas en función de lograr, tanto competencias científicas específicas, como aquellas otras relacionadas con las dimensiones social, humana, personal, interpersonal, entre otras.

Enseñar ciencias en perspectivas CTSA, STEM, STEAM, estrecha los vínculos entre la actividad científica escolar y los contextos en los cuales se dan los procesos de formación de niñas, niños y jóvenes. Son perspectivas que a partir de una enseñanza contextualizada logran su aportación a la comprensión integral de los contextos socioeducativos así como a la fundamentación científica y tecnológica requerida. Para ello orientan acciones en función de la alfabetización científica y tecnológica, de la formación de pensamiento científico, crítico y creativo y su integración con la tecnología, del desarrollo de competencias comunicativas relacionadas con el conocimiento científico, del desarrollo de actitudes frente a la ciencia, la tecnología y el trabajo científico, en la comprensión de las múltiples relaciones entre ciencias, tecnología, economía, política y las artes.

LAS PERSPECTIVAS STE(A)M Y EL PENSAMIENTO CRÍTICO

Esta enseñanza centrada en el reconocimiento de los problemas sociocientíficos es una enseñanza orientada al logro del pensamiento crítico, creativo y transformador, propósito central de la escuela. Aportan al desarrollo de este tipo de pensamiento una enseñanza centrada en: la solución de problemas y toma de decisiones, los usos de los lenguajes y argumentación, las emociones-motivaciones y la metacognición. La integración de estas cuatro dimensiones adquiere las particularidades conceptuales y metodológicas propias de los diferentes campos de conocimiento: las ciencias sociales, las humanas, las naturales, las artes y las matemáticas y la tecnología.

En torno a las relaciones entre las perspectivas STEM-STEAM y la formación de pensamiento crítico destacamos, en primer lugar, la necesaria interacción entre procesos individuales y sociales en función tanto para aprendizaje de teorías y conceptos, como para el desarrollo de otras dimensiones del desarrollo humano y social y, en segundo lugar, el reconocimiento del contexto como punto de partida de procesos de enseñanza cálidos, en los cuales el diseño de las intervenciones de aula parta del reconocimiento de problemas sociocientíficos y se

Una buena enseñanza se caracteriza por ser contextualizada y por responder a los intereses de los estudiantes.

considere, a su vez, la transferencia de los aprendizajes logrados en el aula.

Una enseñanza en perspectiva STEM-STEAM es una enseñanza contextualizada, que tiene como punto de llegada la formación de pensadores críticos y creativos y que requiere orientar acciones hacia el logro de independencia intelectual y la cualificación en la toma de decisiones relacionadas con los problemas sociocientíficos transpuestos para su estudio en las aulas de clase. Exige maestros con conocimiento y conciencia metacognitiva acerca de sus propios procesos de enseñanza. Asimismo, requiere la planeación de acciones de enseñanza que articulen contexto y escuela en función del desarrollo de competencias argumentativas y de usos de lenguajes técnicos en los campos disciplinares estudiados, en solución de problemas y toma de decisiones adecuadas y pertinentes, en la autorregulación cognitiva y emotiva puestas al servicio de los procesos de aprendizaje de los estudiantes y de su desempeño como ciudadanos.



Óscar Eugenio Tamayo Alzate es Profesor de la Universidad de Caldas-Universidad Autónoma de Manizales. Colombia. Líder del grupo “Cognición y Educación” de la Universidad Autónoma de Manizales. Algunos de sus campos de investigación son: Modelos y modelización, enseñanza y aprendizaje de las ciencias; formación y evolución de conceptos científicos; lenguaje, argumentación, metacognición en el aula de ciencias; didáctica de las ciencias y formación de pensamiento crítico.

Referencias

- Dori, Y. J., Mevarech, Z. Y and Baker, D. R. (Eds). (2018). *Cognition, metacognition, and culture in STEM Education*. Springer.
- Tamayo, A. O. E. (2021). Pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. Un modelo para su estudio. En: Alonso, A. y Campirán, A. (2021). *Pensamiento crítico en Iberoamérica: Teoría e intervención transdisciplinar*. México: Editorial Torres Asociados. p 497-512.

Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM): enredo curricular y desafíos que presenta



por Ángel D. López e Ivonne T. Sandoval

EL ENFOQUE STEM

Al *enfoque* educativo STEM le pondremos ese nombre a falta de uno más preciso ya que la propuesta educativa nacida en los EUA, ha ido adquiriendo diversas presentaciones de acuerdo con la disciplina que se quiera añadir o idea a *vender* al público.

STEM se caracteriza por promover un *currículum integrado* por diferentes disciplinas científicas –biología, física y química, además de matemáticas– y técnicas –TIC, robótica e ingeniería–. Pretende una limitada o abierta disolución de sus fronteras, con el fin de hacerlas contribuir a la solución de problemas de la vida cotidiana. Es decir, volverlas más atractivas a la mente y acción de los estudiantes –desde los niveles educativos iniciales hasta la educación superior– y así propiciar la innovación educativa y el pensamiento crítico.

Por lo menos cinco distintas presentaciones han sido identificadas, y cada una de ellas incorpora una nueva disciplina o un particular enfoque. Así, a STEM se le añade una *i* que significa imaginación y se convierte en iSTEM. En el caso de STEAM, se añade el arte. Por lo que respecta

Esta propuesta educativa implica transitar a alguna forma de interdisciplinariedad, multidisciplinariedad, transdisciplinariedad o integración.

a ST@EAM, se incluye la robótica. Y el último acrónimo es el más difícil de descifrar, pues cambia el símbolo –R encerrada en un círculo– que representa la robótica y se añade la (S) de sostenibilidad. Por lo que el *carrito del supermercado* llamado STEM, se va incrementando, de acuerdo con disciplinas y visiones del mundo que se van encontrando en el camino.

En el fondo, esta propuesta educativa implica –por la ruptura de fronteras entre las disciplinas que la componen– transitar a alguna forma de interdisciplinariedad, multidisciplinariedad, transdisciplinariedad o integración. Una situación para la cual los docentes de los distintos niveles educativos no han recibido formación, por distintas razones; lo que constituye un desafío enorme, además de los que impone implementar en la práctica del aula este enfoque educativo. Una perspectiva educativa que nace de intereses económicos y políticos que intentan, por medio de la educación, mantener liderazgos económicos y de innovación tecnológica.

CAMBIAR LO QUE HACEMOS, UNA SITUACIÓN COMPLEJA DE RESOLVER

Actualmente, el desarrollo tecnológico, la dinámica histórica, social y cultural así como la misma producción de conocimiento, demandan cambios en los sistemas educativos. Se ha visto la necesidad de pasar de lo individual a lo colectivo. Algunos sistemas educativos han realizado adecuaciones curriculares para responder a estas necesidades, pero tradiciones de enseñanza fuertemente ancladas en la exposición tipo cátedra y



Un reto curricular es lograr articular, al interior de cada disciplina, diferentes conceptos, estrategias y maneras de aprender, por grado y por nivel educativo, de manera armoniosa y profunda.

en aprendizaje por memorización, –además de una formación docente y gestión escolar poco flexibles– agrega complejidad para su instrumentación. Cambiar cómo enseñamos, qué enseñamos y para qué enseñamos, requiere de diálogo y articulación entre diferentes actores educativos; asunto pendiente de resolver.

Como se ha señalado previamente, esta iniciativa de generar dinámicas en las aulas que integren conocimientos de diferentes disciplinas no es novedad. Se han hecho intentos por poner en acción esta integración como lo hacen muchos profesionales docentes en su actuación.

En el enfoque STEM, los resultados de investigación resultan contrastantes. Por un lado, hay posturas que muestran las limitaciones en cuanto conceptualizar STEM, cómo implementarlo en las aulas y cómo formar a los docentes para ello, a fin de equilibrar la representación de las cuatro áreas disciplinarias involucradas. Se ha documentado mayor énfasis en ciencias y menos en matemáticas, por ejemplo. Por otra parte, otros reportes han identificado su pertinencia para construir conexiones entre conceptos de diferentes disciplinas y contribuir a resolver problemas complejos.

Estos contrastes entre resultados de la investigación, quizás es un llamado a reflexionar sobre lo que no está funcionando y a discutir y consensuar nuevas agendas de investigación educativa que respondan a las necesidades actuales; lo que llevaría, también, a reconceptualizar STEM.

DESAFÍO PARA LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Un asunto señalado en la literatura especializada consiste en la ausencia de investigaciones empíricas, suficientemente amplias, que sugieran cómo implementar este enfoque en sus diferentes interpretaciones –interdisciplinario, transdisciplinario, multidisciplinario o integrado–. Ante este panorama hay una oportunidad para la comunidad a fin de realizar investigaciones bajo tales interpretaciones, que documenten experiencias en aulas y en la formación docente, con rigor metodológico y en diferentes realidades educativas. Y buscar una caracterización, fundamentada en una conceptualización teórica, de propuestas de diseño y desarrollo curricular que integren diferentes dominios de conocimiento de manera equilibrada; acompañadas de modificaciones a la formación docente –inicial, continua y de desarrollo profesional–.

DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO CURRICULAR

Un reto curricular es lograr articular, al interior de cada disciplina, diferentes conceptos, estrategias y maneras de aprender, por grado y por nivel educativo, de manera armoniosa y profunda. Con el enfoque STEM, el reto es cómo desarrollar comprensión conceptual –conocimientos básicos– en cada disciplina, qué áreas integrar como procesos interdisciplinarios y cómo desarrollar –habilidades pretendidamente genéricas como el pensamiento crítico–; además de cómo articular cuatro disciplinas, en las que se distribuyan de manera equilibrada lo que se aprende en cada área STEM; sin que una de ellas sea más visible respecto de las otras, que refleje lo multidisciplinario o interdisciplinario. Es

decir, reflejar conexiones profundas entre las disciplinas, cuando se resuelven problemas o desarrollan proyectos.

DESAFÍOS PARA LA FORMACIÓN DOCENTE

STEM le implica al docente, por un lado, tener conocimientos generales sobre cada una de estas áreas y, además, establecer conexiones entre ellas. Es importante que, profesores en formación inicial o continua, experimenten individualmente y en grupo cómo interactúan contenidos de enseñanza, destrezas y modos de pensamiento de diferentes disciplinas, cómo se pueden apoyar entre ellos y cuándo complementarse de manera substantiva.

¡Vaya estimulantes desafíos a los que debemos enfrentarnos!

STEM le implica al docente, por un lado, tener conocimientos generales sobre cada una de estas áreas y, además, establecer conexiones entre ellas.

Lecturas recomendadas

Bogdan Toma, R. B., & García-Carmona, A. (2021). *De STEM nos gusta todo menos STEM: análisis crítico de una tendencia educativa de moda*. Enseñanza de las ciencias, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>

English, L. D. (2016). *STEM education K-12: Perspectives on integration*. International Journal of STEM education, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

Sengupta, P., Shanahan, M-C & Kim, B. (Editors) (2019). *Critical, Transdisciplinary and Embodied Approaches in STEM Education*. Springer Nature: Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29489-2>

Ángel Daniel López y Mota es doctor en Educación en Ciencias por el Instituto de Educación de la Universidad de Londres. Profesor de la Universidad Pedagógica Nacional-México en el Cuerpo Académico de Educación en Ciencias. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y del grupo de investigación Alfa III "ALTER-NATIVA: Referentes Curriculares con incorporación Tecnológica para Facultades de Educación en las áreas de Lenguaje, Matemáticas y Ciencias, para atender Poblaciones en Contextos de Diversidad.

Ivonne T. Sandoval Cáceres es doctora en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, México. Investigadora Nacional del Sistema Nacional de Investigadores Conacyt-México. Profesora e investigadora de Tiempo Completo en la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad Ajusco, México. Con investigaciones relacionadas con profesores de matemáticas y uso de tecnología, evaluación del currículo de matemáticas, relación entre lingüística cognitiva y matemáticas, conocimiento especializado de profesores de matemáticas y STEM y razonamiento espacial. Con experiencia en el diseño de materiales educativos multimediales y libros de textos.

CALL FOR PAPERS

La educación, bien común de la humanidad

Calidad para todos, un reto posible y necesario para el progreso humano

Con motivo de la preparación del número 3 de "Diàlegs" abrimos convocatoria para colaboraciones. El nuevo ejemplar estará dedicado al objetivo de desarrollo sostenible sobre educación (Educación 2030, UNESCO) que hace un llamamiento a todos para hacer posible una educación de calidad para todos, donde se garanticen la inclusión y la igualdad de oportunidades.

Envía tu colaboración a: **revista@impulseducacio.org**

Puedes optar por un artículo para alguna de las secciones siguientes:
Proyecto, Actualidad o Experiencias; o bien por la columna de opinión.

Artículos

Los artículos tienen que tener una extensión de 1.500 palabras.

Los autores tienen que aportar:

- Título
- Subtítulo
- Bio del autor (40 palabras)
- Foto del autor
- Correo electrónico publicable (si lo deseas)
- Perfiles en redes sociales (preferiblemente Twitter y/o LinkedIn)
- Referencias bibliográficas

Las citas recogidas en el texto tienen que ir acompañadas de su correspondiente referencia como nota en el pie. Los datos, cifras o menciones a informes tienen que ir acompañadas de su correspondiente nota en el pie. Si propones un destacado, tiene que ser de unas 30 palabras.

Columna de opinión

Las columnas de opinión tienen que tener una extensión de 900 palabras.

Los autores tienen que aportar:

- Título
- Subtítulo
- Bio del autor (40 palabras)
- Foto del autor
- Correo electrónico publicable (si lo deseas)
- Perfiles en redes sociales (preferiblemente Twitter y/o LinkedIn)
- Referencias bibliográficas

Las citas recogidas en el texto, tienen que ir acompañadas de su correspondiente referencia como nota en el pie. Los datos, cifras o menciones a informes tienen que ir acompañadas de su correspondiente nota en el pie. Si propones un destacado, tiene que ser de unas 30 palabras.



diàlegs

P. ° Manuel Girona, 75 08034 Barcelona
www.impulseducacio.org

