



EDUCACION
STEM

El desafío del futuro que
enfrentamos hoy



Hernando López G.

Administrador público, matemático, economista y filósofo. Su trabajo se ha desarrollado en los últimos años en torno a la noción de emergencia en sistemas adaptativos complejos y cómo hacerla útil para la educación, la innovación y el emprendimiento. Cofundador y presidente de Machángarasoft. Actualmente es investigador del Instituto SantaFe.

Hugo Carrión G.

Ingeniero electrónico en telecomunicaciones y pedagogo. Ha centrado su trabajo profesional en la investigación sobre el uso y apropiación de las tecnologías de información y comunicación - TIC. En la actualidad trabaja en temas de gestión del conocimiento y digitalización. Es investigador del Centro de Investigación IMAGINAR y facilitador del Instituto SantaFe.

Educación **STEM**

El desafío del futuro que
enfrentamos hoy

Hernando López G.
Hugo Carrión G.

Editado por:
Rossana Flores V.

Primera edición: diciembre 2016
Versión Beta 1.0

Publicado por Instituto Santa Fe
bajo las siguientes condiciones:



Tabla de contenido

Introducción	5
La filosofía de la escuela tradicional	11
Las nuevas generaciones	23
Pensar en sistemas	29
Ciencia y pseudociencia	37
Pensamiento matemático	43
La próxima revolución	51
Ciencia: Es un asunto de familia	69
Educación STEM prescolar	73
STEM en la práctica	77

Introducción

Queremos comunicar con este conjunto de ensayos la urgencia de emprender actividades, programas, proyectos y políticas dirigidas a fortalecer en los niños y niñas de nuestro país las habilidades y competencias relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Se trata de habilidades y competencias en lo cognitivo, intrapersonal e interpersonal necesarios para enfrentar los desafíos del siglo XXI en un mundo globalizado.

Cuando planteamos la necesidad de trabajar en la educación STEM, no estamos pensando en los procesos para convertir a un niño o niña en un científico o ingeniero, estamos pensando en que las exigencias de la vida del siglo XXI obligan a la alfabetización en tecnologías de información y comunicaciones, en ciencias, matemáticas y finanzas. Todos ellos necesitan competencias en pensamiento crítico, capacidad de resolución de problemas y trabajo colaborativo. En cualquier campo de desarrollo se necesita creatividad, curiosidad, indagación y saber comunicar resultados.

La razón de la educación va mucho más allá de preparar recursos humanos para el trabajo, el ascenso social y el éxito económico; la educación cumple su cometido cuando los individuos exteriorizan sus preocupaciones en torno al mundo que los rodea, en torno a los problemas que la misma tecnología o las nuevas dinámicas de la sociedad nos plantean. La educación no es la fabricante de trabajadores calificados sino el espacio en donde los individuos forjan sus posibilidades de vida en sociedad.

Para la sociedad, un médico que ve sólo clientes y no pacientes es una fatalidad, pues como sabemos el médico puede inducir demanda de servicios o prescribir medicinas que a lo mejor el paciente no necesita, cuando podría sugerir alternativas sencillas y efectivas. En la misma medida un ingeniero o un economista por definición se forman para resolver problemas de la sociedad, pero si su actividad gira exclusivamente a capturar rentas entonces su aporte a la sociedad es mínimo y sólo se remite a consumir productos y servicios. Se espera que las personas educadas generen valor como se dice en el lenguaje de los negocios. Eso significa, además, que sean los más respetuosos de la ley y

defensores de lo público y de los recursos públicos. Se necesita, visto de otra manera, una actitud filosófica ante la vida, que antes que cualquier cosa hace uso de la argumentación racional ante sus semejantes.

La educación puede contribuir a la construcción de una sociedad de iguales, de seres autónomos, pero también a generar una sociedad de súbditos, esto es de personas que necesitan siempre de un guía, un pastor, un líder carismático que tenga respuesta para todo. Eso es fatal pues como decía Kant, a un superior se le obedece, a un inferior se le ordena, pero a un igual, se le demuestra. La diferencia la puede hacer la escuela.

Esa diferencia no la hace la escuela de corte autoritario, la que se fundamenta en que el profesor sabe y el alumno no sabe, cuando importan más los resultados (y los exámenes) y no los procesos, ni las inquietudes del niño. Así, por ejemplo, en la clase de ciencias y matemáticas el niño puede ser diestro en lo operativo, sabe medir objetos con una regla o un metro, pero si no puede establecer hipótesis en torno a ellos, si no hay contexto, ni experiencia significativa para ponerla a prueba, ese conocimiento operativo no le sirve de nada.

Lo único que le queda es rendir exámenes. Eso es todo.

La sociedad y los gobiernos pueden plantear políticas en torno a la innovación, a la creatividad, pero no llegarán muy lejos, si lo los niños y niñas no se educan en nuevas situaciones, experimentan, ensayan, discuten con sus compañeros alrededor de sus hallazgos o nuevos enfoques para resolver problemas. La capacidad de argumentar, de demostrar, de comunicar debe ser posible para todos los ciudadanos. No podemos caer en trampas de argumentación, en dogmas. Es típico en nuestra sociedad hacer generalizaciones que no tienen ningún valor estadístico, aunque tenga la fuerza de la violencia verbal efectista. Decir, como lo hizo Donald Trump, que los mexicanos que migran a los Estados Unidos son ladrones y violadores es caer en una falacia en la argumentación. Este tipo de argumentos puede ser muy peligroso para una sociedad.

Vivimos en la sociedad del conocimiento, con desafíos importantes como la desigualdad, la pobreza, el racismo, la discriminación, el femicidio, el abuso del poder, el oscurantismo, la pseudociencia, la charlatanería, el acoso cibernético, la violación a la privacidad, el

asedio a las libertades. Es el mundo que les tocó a los niños de nuestra época y es necesario cambios urgentes en la forma como los educamos (como educadores, como padres, como estado) para enfrentar estos y nuevos riesgos y retos.

La educación STEM tiene un doble propósito. En principio conducir al estudiante a informarse de manera amplia y suficiente en el lenguaje científico y técnico del mundo en que vive y que le permita ser un actor de su sociedad y del mundo. En segundo lugar, descubrir vocaciones y facilitar el ingreso a lenguajes y saberes elaborados.

En este conjunto de ensayos argumentaremos a favor de una educación en STEM sobre un piso filosófico. En especial busca mostrar la necesidad de educar niños autónomos, críticos, que usen un enfoque científico en su actividad, que les conduzca en sus intuiciones y corazonadas.

La filosofía de la escuela tradicional

El señor que está al frente sabe lo que hace

Los niños son investigadores natos: curiosean, piensan, experimentan, preguntan. Todo lo que está a su alrededor es un laboratorio de trabajo. Cuando llegan a la escuela las cosas cambian. El investigador debe aplazar sus aficiones para la tarde cuando llegue a casa. A este investigador no se le reconoce como pensador de verdad y de alguna manera no se le reconoce autonomía. Ahora está en la educación formal. Su vida va a transcurrir por 15 años en otro andarivel. No importa mucho lo que piense o importa en la medida que haya que moldear ese pensador hacia cosas “más productivas”. El niño entra en un ámbito en donde las cosas se le ponen desde el principio claras. Veamos.

Primera lección. El profesor es el que sabe, es el iluminado y el niño es el que no sabe, por eso se le llaman alumno (hay que iluminarlo) esta

situación se prolonga más allá de su niñez hasta su adolescencia (el joven adolece, es decir le falta). Sus inquietudes, sus pensamientos, sus investigaciones se “procesan” en otros espacios extracurriculares, en la escuela no. Cuando el joven vaya a la universidad le costará “investigar” simplemente porque la escuela mata a los investigadores.

Segunda lección. Educar es aprender a distinguir quién manda y quien no manda. Es decir quién tiene el poder. El padre manda a callar en la casa, el profesor manda a callar en el aula. El niño aprende a obedecer, si quiere ser socializado, según los profesores. El niño debe obedecer, si aspiramos a que “sea alguien en la vida” según los padres. Cuando grande él tendrá el poder y mandará a callar, pero será obsecuente quien tiene más poder.

Tercera lección. La educación es el escenario de los resultados. Estudiar es rendir exámenes. No importa si las cosas son interesantes o tienen algo que ver con su vida. Al final hay quienes se vuelven diestros, aún en la vida de adultos, en la presentación de exámenes porque aprenden a monitorear exámenes. Algo así como los test de inteligencia, que no miden la inteligencia sino la habilidad para hacer test de inteligencia. Las

pruebas PISA de la OCDE, en las que los asiáticos resultan ser aventajados tiene que ver con aprender a hacer pruebas PISA.

Cuarta lección. Las matemáticas funcionan como dogma y el profesor es su depositario, por lo tanto, se aceptan sin cuestionar sus intenciones y sus procedimientos. En la cotidianidad del niño las matemáticas son temas de autoridad. Por eso cuando no entienden tratan de adivinar y miran al profesor para ver si asiente con la cabeza. ¿Por qué menos por menos es más? Sólo es cuestión de memorizarlo para sacar buenas notas. Cuando este niño llega a ser adulto, las matemáticas son temas mecánicos. Cuantos economistas son diestros en la operatoria de una ecuación diferencial, pero no saben qué hay detrás de ella. Es vistosa para los legos, pero puede conducir a falsedades.

El niño aprende las sumas, las restas, los fraccionarios, las raíces, los triángulos rectángulos y el álgebra y, aunque no entiende para que sirven estas cosas. Al final, descubren que la aritmética sirve para algunas cosas, pero ha perdido la oportunidad de trabajar en una comunidad científica desde niño, haciendo experimentos que implican medir, plantear

hipótesis, cotejar con sus compañeros, validar o rechazar sus conjeturas.

La educación en matemáticas que recibe el niño no está dirigida a crear pensamiento matemático. Está orientada a la destreza en operaciones y en manejo de técnicas. El pensamiento matemático tiene que ver con contenidos, pero también con métodos generales (inductivo, deductivo, analógico), con relevamiento de propiedades, con el establecimiento de relaciones entre variables y cantidades. El pensamiento matemático es el fundamento del conocimiento. Pero a veces los niños aprenden de manera mecánica a resolver problemas por miedo a perder el año. Esa es su mayor emoción. Nunca enseñamos espíritu crítico, a razonar, a ver el sentido de las cosas, buscar alternativas y encontrar nuevas explicaciones. Cuando un sistema educativo no fomenta el espíritu crítico, algo típico de la ciencia, viene un señor y dice que la culpa de todo es de los chinos o de los mexicanos, y que hay que cerrar las fronteras y restringir las importaciones. Si no se puede distinguir la verdad de la falsedad a partir de diversos métodos no hay forma de pensar en el progreso de una sociedad.

El diseño de la escuela es centenario, no se ha renovado de manera sustancial excepto en la eficacia de su gestión. Con frecuencia en los establecimientos educativos lo que importan son los aspectos administrativos, las reglas internas y externas que provienen de la política de educación y los protocolos de funcionamiento. La educación es un asunto inmobiliario, de administración de una infraestructura, de unos docentes y unos usuarios para no llamarlos clientes. La gran misión que es conducir a la autonomía de los niños se pierde en el papeleo diario.

Finalmente, los desafíos de la educación no se resuelven con el uso intensivo de tecnología. Eso puede ser un tema de discusión y análisis. Pero parece ser con tecnología cada vez más avanzada, hay mucho por hacer para que efectivamente contribuya a una gran transformación del acto educativo. Es necesario un cambio en el sistema de funcionamiento de la escuela, hoy más que nunca es indispensable la dedicación, preparación y constancia del profesor, para el uso valioso de la tecnología. Como veremos más adelante en el apartado dedicado al pensamiento matemático, no es necesario apelar siempre a un software para enseñarle a los niños el funcionamiento de una

comunidad científica. La escuela moderna por definición no implica que todo pase por un software para matemáticas, otro para biología y otros para cada disciplina. Es posible hacer proyectos con tecnologías sencillas, como el humilde metro para hacer un proyecto valioso que genere gran emoción en los niños y que les permita pensar desde la racionalidad científica a partir de datos y construcción de hipótesis que debe corroborar o refutar.

La filosofía de la escuela moderna: El niño y la niña que piensan por sí mismos

Un delicado equilibrio entre su desarrollo cognitivo (adquisición de conocimiento) y su desarrollo personal e interpersonal es fundamental para educar niños autónomos. Esto es ser competente en lo cognitivo, pero también en lo moral y emocional. La educación STEM se dirige a la construcción de capacidades cognitivas en el contexto del pensamiento científico, en donde se tiene que demostrar a los pares.

Este es un tema de responsabilidad con los niños y niñas. El siglo XXI tiene unos nuevos desafíos a los que nos referiremos a continuación y que van más allá de los que relacionados con las

tecnologías de la información y comunicación y la necesidad de dominarlas para el empleo exitoso.

En contraste con la educación de la que hablamos arriba, las condiciones del mundo han cambiado y la educación de los niños y de los jóvenes debe ser útil frente a los siguientes retos:

1. **Mayor ambigüedad del mundo.** La capacidad de analizar, contrastar, verificar, concluir y decidir en un mundo en donde las cosas no vienen estructuradas, en donde hay tensión entre lo local y lo global, entre la disciplina y la libertad, entre lo correcto y lo incorrecto. En un mundo en donde no se tiene claro qué es lo falso y qué es lo verdadero. Un mundo que hace tambalear los valores estimables por una sociedad como la honestidad, la verdad, la libertad, la justicia. En un mundo en donde el poder se ejerce de manera sutil en diversos ámbitos y nos obliga a decidir.
2. **Incertidumbre.** Tener una capacidad de evaluar información, evaluar situaciones, valorar y decidir en contextos en que los resultados pueden ser no deseados o las decisiones pueden tener efectos no

deseados más allá de nuestras intenciones. En la complejidad del mundo está la capacidad de entender, analizar y decidir sobre lo que sutilmente nos empuja al consumo desmesurado, por ejemplo. Nuestra libertad de elegir puede ser nada más que una simple ilusión. Uno debe ser capaz de entender que cuando uno no toma buenas decisiones, otros las toman por uno. El diseño de supermercado es tal que nos lleva hacia donde quieren sus administradores de modo que terminemos comprando un 40 por ciento más de lo que queríamos. Los bancos nos dan unos préstamos que no queremos o terminamos votando por gente que promete maná, aunque no conozca los conceptos más elementales economía.

3. ***Fragilidad de las cosas.*** Nada garantiza el éxito. Ni siquiera los logros académicos son suficientes ante las exigencias del entorno laboral. El trabajo y las relaciones interpersonales nos obligan al afinamiento de nuestra capacidad de movernos en el mundo, de desaprender y aprender. Nada permanece por muchos años en el tiempo, ni siquiera meses. Hay que decidir con qué me quedo y con qué no me quedo. Hay que

eliminar artefactos y saberes. Pero no hay que entrar en detalles que van a ser inútiles después. A veces hay que saber cuál es el especialista en cada cosa. Hay que ser generalista a nivel de saber quién es quién y qué hay que saber. No debemos aprender inteligencia artificial porque esa es la tendencia. Simplemente hay que ver qué es lo que necesito saber de esa disciplina, pero no perderla de vista.

4. ***Retos globales.*** En qué mundo vivimos? Es importante entender la globalidad, la desigualdad, la injusticia, la discriminación, el cyberbulling, el acoso sexual, la interrelación de acontecimientos que se dan a nuestro alrededor. No podemos pasar indiferentes ante lo que nos sucede a nuestro alrededor, pero tampoco tener una opinión prejuiciosa de las cosas. Debemos estar mejor informados para poder argumentar. La ligereza, como dice Gilles Lipovsky, se apoderó de nuestra sociedad. La tecnología, las matemáticas no nos serán muy útiles sino tenemos un ancla conceptual frente a lo que pasa en el mundo. Nos preocupan los nuevos nacionalismos en el mundo que parece se avecinan con la llegada de Donald Trump a la presidencia

de los Estados Unidos? Puede que sea distante, pero es otro tipo de desafío global. Los niños lo ven todos los días en la televisión y deberían ser capaces de construir una explicación y una preocupación en torno a ellos.

5. Pero sobre todo, estamos en lo que ahora se llama la ***era de la posverdad***, que consiste en que dado que la tecnología personaliza las noticias, terminamos leyendo lo que queremos leer, lo que coincide con nuestro pensamiento. Este es un peligroso sesgo. Las empresas que sindicán contenidos por hacer las cosas más amables distorsionan la realidad. En el caso de las redes sociales, en twitter seguimos a las personas con las coincidimos, pocas veces con aquellos cuyas ideas detestamos. Es como acabar con la diversidad pues sólo leemos a los que piensan como nosotros, lo cual puede exacerbar ánimos y llevar a juicios errados. Es una fatalidad cultural.
6. ***Nuevas subjetividades*** asociadas a la aparición de las redes sociales y las nuevas aplicaciones ponen presión sobre la vida de las personas. Hasta hace un tiempo no tener celular era un problema frente a nuestro

desarrollo social y profesional. Ahora no tener whatsapp se convirtió en el nuevo problema. La presión social obliga. Mañana habrá otro reto. Saber tomar distancia de los artefactos tecnológicos y de las aplicaciones también se ha convertido en un trabajo que obliga a decidir en qué es lo que importa y qué es lo que no importa. El acoso cibernético está amplificando problemas que antes se tenían en las escuela, colegios y universidades. Ahora no sabemos cómo manejar estas situaciones. Los padres, maestros y directivos sólo atinamos a balbucear soluciones parciales. Todo es reciente, incluyendo la nueva aversión al gluten.

“En el terreno de la vida personal, la primera modernidad era pesada, moralista y rigorista, buscaba compromisos e imponía obligaciones. La última modernidad ha desencadenado una revolución liberadora que sin embargo presenta una doble cara. Por un lado, se caracteriza por la búsqueda y el cultivo de la libertad individual, la comodidad, la indiferencia, lo cool, la relajación interior. Pero por otro tiene contrapartidas peligrosas. Los individuos necesitan

*sentirse libres, pero también quieren establecer vínculos. El resultado de esta tensión es una angustia que no cesa. Tampoco cesan, antes bien crecen, la incultura de los estudiantes, las agresiones y faltas de respeto cotidianas, la desinformación de los medios de información, la inmoralidad de los representantes públicos, el número de suicidios, los neofascismos disfrazados de progresismos, la distancia económica entre pobres y ricos. Y estamos sólo en los comienzos”.*¹

¹ Lipovesky, Gilles, “De la Ligereza”, Anagrama, Barcelona, 2016

Las nuevas generaciones

Los adultos que nacieron de 1980 a 2000 se les llama generación millenials. Nacieron con yahoo, google y con el correo electrónico. Son sociables mediante redes sociales. A diferencia de sus padres (baby boomers, es decir nacidos hasta 1964) no tienen interés en un trabajo para toda la vida. Se sienten mal cuando no están conectados. Sus motivaciones, en los que trabajan con tecnología, es salvar el mundo de otra manera: resolviendo problemas con tecnología. No los acompañan los metarrelatos de la historia que alimentaron movimientos de liberación. No tienen un poster del Che Guevara. Poco saben de Fidel Castro. No son sus héroes. Tienen proyectos más acotados, más prácticos. Quieren trabajar en una empresa que tenga una gran misión. No les basta pensar en el dinero. Son individualistas, aunque les encantan los proyectos colaborativos.

Los niños que nacieron después de 2006 se les está denominando centennials. Sus padres son,

en la mayoría de los casos millenials, es decir sus padres nacieron con la tecnología. Esta es una segunda generación. Nacieron con la tableta, el smartphone y el whatsapp. Son los niños y niñas que estamos educando ahora.

Es un ejercicio arriesgado calificar a los centennials, pero en general, como sus padres, tienen tendencia al uso intensivo de aplicaciones (apps). Gracias a la movilidad pueden informarse mejor aún de temas que antes era materia reservada para los actuales baby boomers. Sus inquietudes son más globales e incluso más escépticos con la sabiduría del profesor (aunque no logren manifestar su malestar en el aula) gracias al internet. Tienen otra idea de la estética y quizás son más propensos al hedonismo y a pensar en situaciones personales, más que sociales. De hecho son más exigentes (no necesariamente consigo mismo siempre) sino con los proveedores de productos y servicios. Sus intereses raras veces coinciden con los de la escuela.

Son niños y niñas del siglo XX educados por docentes nacidos en el siglo XXI. ¿Cómo educarlos con metodologías que en lo fundamental no han cambiado mucho en un

siglo, con instituciones escolares que funcionan de manera conventual en donde importan más los ritos y protocolos que la innovación del acto educativo?

¿Qué necesitamos?

1. **Formar carácter y valores.** Lo cual significa autoestima y capacidad de resiliencia. Ser persistente en la búsqueda de objetivos y metas. Perseverancia. la perseverancia le gana al coeficiente intelectual, y a las pruebas de conocimiento en la predicción de quienes van a tener éxito. No abandonar la lucha. Pensar en el mediano y largo plazo. En cuanto a los valores, las habilidades emocionales van a jugar un papel muy importante en la nueva economía. ¿Quién me enseña hoy a ser honesto, íntegro y a tener compasión?
2. **Pensamiento crítico y capacidad de argumentar.** Es decir, hacer uso de la razón y de la inferencia estadística y a la vez aprender a distinguir opiniones y prejuicios de verdaderos argumentos científicos. Saber distinguir entre retos operativos y adaptativos. Los primeros tienen respuestas predeterminadas, las mismas que pueden

estar consignadas en un manual. Los segundos no tienen respuestas estándar y es necesario el diálogo.

3. ***Pensamiento científico.*** Junto con lo anterior está la capacidad de distinguir ciencia de pseudociencia. La primera tiene como fundamento el método científico, lo que implica plantear hipótesis que se someten a prueba mediante la experimentación. Los resultados son replicables por una comunidad. En la pseudociencia normalmente no existen sino afirmaciones que se deben creer como dogmas. En especial, se debe ser capaz de superar la literatura de autoayuda, los promotores de energía cuántica, la homeopatía. Debemos ser capaces de valorar si el gluten es malo o bueno para nosotros. No podemos vivir a punta de prejuicios o de opiniones de celebridades. Tampoco se puede ser racional pensando que los mexicanos que van a los Estados Unidos son violadores o ladrones como lo afirmó el presidente electo Trump.

4. ***Autoaprendizaje.*** En la vida se aprende y desaprende. Hay cosas que conservar y otras cosas que debemos eliminar. Es una

manera de hacerse responsable de sí mismo. Los que no se hacen cargo de sí mismo aprendiendo cosas nuevas que puedan mejorar su productividad personal tienen problemas para ubicarse en sociedad.

5. ***Responsabilidad con los demás y con la sociedad.*** Nuestra vida depende de los demás, de la actividad social, lo queramos o no. Ser emprendedor incluso cuando se tiene un empleo. Defender causas. Contribuir a la inteligencia colectiva, a la cohesión social. Ser agente de cambio.

6. ***Modelos internos.*** Los seres humanos para sobrevivir necesitamos crear modelos, es decir simplificaciones de la realidad que buscan lo relevante y dejan a un lado lo secundario, los detalles. Esa capacidad tenemos que afinarla. Lo que significa ser capaz de organizar situaciones, construir bloques, es decir ser capaz de descomponer en partes una escena compleja, así como reagruparlas o combinarlas para encontrar novedades. En ese contexto es clave la capacidad de anticipación y la habilidad para predecir lo que sucederá a su alrededor.

Una de las cosas principales de los curriculums es que no necesariamente el aprendizaje es lineal. Primero una cosa, luego otra. La dinámica de la tecnología al alcance de los niños hace que tengan manifestaciones de interés en áreas aparentemente reservadas para un ciclo superior. Los proyectos escolares podrían ser científicos realmente. Los niños pueden aprender a programar desde temprana edad y por lo tanto hacer proyectos interesantes en la medida de su curiosidad y vocación, haciendo de la escuela algo interesante para ellos. El verdadero propósito de la escuela por lo tanto debería ser canalizar la curiosidad y la energía, ahí es donde los profesores tienen que ser buenos, para alentar e inspirar.

Pensar en sistemas

La noción de sistema puede ser estudiada a temprana edad. Los niños hacen preguntas sobre el funcionamiento del mundo y normalmente la respuesta tiene que ver con sistemas. ¿Por qué los carros se mueven? Decirles que es gracias a la gasolina es una respuesta parcial e insuficiente. La pregunta podría dar paso al diseño de un experimento científico.

Un sistema es una colección de elementos que interactúan. El carro es un sistema mecánico. El bosque es un sistema complejo. Hacer la diferencia es todo un reto, porque se trata de la diferencia entre un sistema que es vivo (el segundo) y un sistema que no es vivo. Esto nos lleva a decidir qué es ser vivo y qué no es vivo. ¿Cuáles son las propiedades de un ser vivo? Esa pregunta puede convertirse en materia de todo un curso. Nos puede llevar a caminos fascinantes como la inteligencia artificial. Si el criterio es que un sistema vivo se mueve por sí mismo, entonces no habría una diferencia entre un carro autónomo (carro sin conductor), como los que está probando Google, Tesla y Uber y un perro.

¿Ambos son sistemas vivos? No. Estamos de acuerdo, entonces hay que buscar otros criterios.

Otro criterio puede ser que, si le quitamos partes a un carro, puede que ya no funcione. Si le quitamos partes a un ser vivo tampoco funciona. Puede ser que, en el caso del carro, las cosas sean más drásticas cuando se le quita una pieza, en el caso de los seres vivos puede que haya más tolerancia a la pérdida de órganos. Otro criterio, que puede ser más aceptable, es que podemos distinguir entre un sistema vivo y uno no vivo porque el primero se puede reproducir el segundo claramente no lo puede hacer.

Este tipo de discusiones sobre los sistemas pueden ser muy productivas. Pues, como muchas cosas, se trataría de encontrar propiedades, condiciones para que algo funcione o no. Esto siempre lo vamos a encontrar en la matemática, en la física y en la ingeniería. Hay condiciones suficientes y/o necesarias para vincular entidades, sistemas o simplemente causas y efectos. Luego de encontrar propiedades y validarlos habría que ver cómo evolucionan en el tiempo.

Los científicos construyen modelos, que pueden ser representaciones matemáticas (ecuaciones)

para simplificar los sistemas y entenderlos. El propósito de los modelos es establecer las propiedades esenciales del sistema. Este modelo puede someterse a prueba para ver si bajo ciertas condiciones reproduce la realidad, sirven para hacer preguntas de la evolución del sistema en el tiempo y se someten a predecir el comportamiento del sistema.

Por ejemplo, una colonia de hormigas es un sistema vivo. Se le llama también sistema adaptativo complejo porque está compuesta de muchas hormigas (agentes) que interactúan unas con otras y con su entorno en busca de comida y del mantenimiento del hormiguero². Deborah Gordon es la persona que más sabe de hormigas rojas en el planeta y ha arrojado luz sobre los procesos que se suceden en un hormiguero. En una colonia, las hormigas asumen varios papeles: forrajeo, mantenimiento del nido, patrullaje y ocultamiento. Las hormigas forrajeras viajan a lo largo de senderos en busca de comida, semillas y pequeños insectos. Cuando se trata de mantenimiento modifican cámaras y túneles del nido y limpian la arena del nido y crean montículos y senderos. Las

² Gordon, Deborah. *Ants at Work: How an Insect Society is Organized*. Simon and Schuster, New York, 1999

patrulleras vigilan a los agresores y responden a los daños de una invasión. Los trabajadores ocultos construyen y ordenan la pila de basura de la colonia.

La asignación de tareas es un proceso de ajuste. El número de hormigas dedicados a una tarea específica es el apropiado. Aumenta significativamente cuando se necesita en una tarea específica o unas horas del día. Lo sorprendente es que la asignación de tareas se realiza sin control central. La reina no decide qué hormiga hace qué. No se levanta en la mañana y da las instrucciones que deben realizar a lo largo del día. Una hormiga sólo puede percibir información local, es decir de sus vecinas inmediatas. Lo hacen mediante comunicación química o táctil. Para cada hormiga esta información parcial es suficiente para decidir cuál de las funciones debe desempeñar en el hormiguero.

El comportamiento colectivo es el resultado de la interacción local. Hay una dinámica global coherente que resulta de la interacción local de miles de hormigas sin que medie un controlador central. A este tipo de comportamiento se le llama comportamiento emergente. Siendo

reiterativos, esta conducta nace de reglas locales y de interacciones simples.

Este comportamiento global se puede modelar con un software llamado Netlogo³, un software libre desarrollado por la Universidad de Northwestern de los Estados Unidos. Basta con definir el número de hormigas y unas sencillas reglas de comportamiento y fuentes de alimentos. Es suficiente para experimentar distintos escenarios de comportamiento colectivo. Muchos sistemas vivos se pueden modelar de la misma manera. Se puede modelar comportamientos colectivos que pueden llevar a la cooperación o al pánico. Se llaman modelos basados en agentes. Estos son una fuente de entendimiento de lo que sucede con muchos individuos (incluso presas-depredadores), es decir seres autónomos que buscan sobrevivir, explorar y explotar el medio ambiente en su provecho.

Los atascos de tránsito, los comportamientos en un aeropuerto en donde hay tantos agentes interactuando, las redes sociales, los peatones en una avenida congestionada, los

³ Netlogo se puede descargar sin costo de <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/download.shtml>

comportamientos de una agrupación políticas, cada quien con sus intereses es el comportamiento de un sistema complejo. De alguna forma funcionan porque hay auto organización bajo ciertas reglas básicas sin regulación adicional. A veces en los atascos de tránsito un policía que desea imponer un comportamiento, termina agravando el atasco. En una vereda congestionada los peatones que caminan en direcciones opuestas tienden a formar carriles a lo largo de los cuales los caminantes se mueven en la misma dirección. Hay una cierta organización que se puede modelar.

La capacidad de modelar matemáticamente sistemas complejos se ha convertido en un requisito previo para la ciencia exitosa en cualquier campo. Escribir una simulación no es suficiente; los científicos de carrera deberían ser capaces de:

- Analizar los resultados, reconocer regularidades estadísticas, formular conjeturas y buscar posibles pruebas sobre por qué estas conjeturas son verdaderas
- Diseñar un modelo matemático de un sistema físico, biológico o social.

- Identificar oportunidades para resolver este modelo exactamente o aproximadamente.
- Codificar y ejecutar simulaciones del modelo.
- Analiza el tiempo de ejecución de tus simulaciones y el uso de memoria para mejorar su eficiencia.
- Resultados de las pruebas contra predicciones teóricas y conjuntos de datos del mundo real.
- Formular nuevas conjeturas basadas en sus resultados e intentar probarlas o refutarlas

Ciencia y pseudociencia

Las pseudociencias no admiten refutación. Son afirmaciones. Si tienen algo experimental, esto no se puede replicar por otros investigadores. No hay refutabilidad, una de las condiciones clave del quehacer científico.

Todas las afirmaciones de Deepak Chopra relacionadas con energías cuánticas no son más que especulaciones. No aporta pruebas experimentales. Son ocurrencias. La ciencia elabora todo un discurso en torno al cual funciona un millonario negocio para su fundador Ronald Hubbard. Bueno a Chopra no le va mal tampoco. Los new age, los promotores de ángeles, la mayoría de las veces funcionan bien para sus inventores porque les ha hecho millonarios, pero para un racionalista o para quien esté entrenado en el método científico no hay posibilidad de caer en la charlatanería⁴.

⁴ Kaminer, Wendy. Durmiendo con Extraterrestres: El auge del irracionalismo y los peligros de la devoción. Alba Editorial, Barcelona, 2001

En todo esto están a la orden la chocolaterapia, orinoterapia, quinoterapia, reflexologías, lectura del tarot, el horóscopo, las piedras calientes, la homeopatía, el Feng Shui, la parapsicología, la quiropráctica, incluso algunas áreas de la economía.

Cuanto mayor es la educación de una persona tanto más dispuesta está a creer en pseudociencias y ya no se trata de la pata de conejo sino de resolver sus problemas consultando seres acuciosos con turbante anudado a la cabeza. La paradoja es que la educación, tal y como está, en vez de hacer que la gente piense en forma científica hace que se vuelva más supersticiosa. Es muy común encontrar especialistas científicos que se hacen tratar por homeópatas. Ni siquiera el psicoanálisis se salva. Probablemente Freud estaba buscando fundamentar científicamente sus “hallazgos” como la conciencia. Pero no lo logró y muy pocos psicoanalistas están haciendo trabajo experimental en busca de los mecanismos biológicos del cerebro. Algo más serio. De hecho, es mejor un psicoanalista que antes que nada es psicólogo.

Los niños deben aprender ciencia, deben ir al laboratorio, a museos. Pero tiene que estar inmersos en experimentos científicos. Con las tecnologías de información pueden hacer bastante, pero necesitan trabajar en grupo. Deben aprender a ser escépticos. Así, pueden entender que la cultura ha generado la religión, pero que deben tener cuidado con afirmaciones y milagros cuando operan más allá de la religión. Los templos pueden operar como terapia para la gente. No hay como la paz de una iglesia o un salón de oración. Pero no hay que esperar milagros.

En el libro “En sus marcas, listos, Ciencias, Sarah Michaels, Andrew W. Shouse, and Heidi A. Schweingruber muestra lo que los niños deben aprender. Aquí lo resumimos⁵:

Comprender las explicaciones científicas

Los estudiantes deben conocer, utilizar e interpretar las explicaciones científicas del mundo natural. Deben entender las relaciones que existen entre los conceptos científicos centrales y

⁵ Michaels, Sarah, et. al. En sus Marcas, listos, ciencia!: De la investigación a la práctica en las clases de ciencias en la educación básica. Academia Chilena de Ciencias, Santiago de Chile, 2014

utilizarlas para construir y criticar argumentos científicos. Se enfoca más en los conceptos y en los vínculos que hay entre ellos, que en hechos particulares. También incluye la capacidad de aplicar este conocimiento. En vez de memorizar un niño que demuestra ser capaz de dar explicaciones científicas debería ser capaz de aplicar el concepto en otros escenarios. De ser capaz de reconocer cuándo se cuenta con la evidencia suficiente como para llegar a una conclusión y determinar qué tipos de datos adicionales se necesitan.

Generar evidencia científica

La evidencia está en el centro de la práctica científica. Ser competente en ciencias implica generar y evaluar la evidencia como parte de la construcción y perfeccionamiento de modelos y explicaciones sobre el mundo natural.

Reflexionar sobre el conocimiento científico

Con el tiempo, el conocimiento científico que se adquiere hoy servirá de base para el que se aprenderá mañana. Los buenos estudiantes de ciencias comprenden que el conocimiento científico puede corregirse a medida que surge nueva evidencia. También vuelven a revisar sus propias ideas y reflexionan sobre ellas a medida que cambian con el tiempo. Esta rama incluye ideas por lo general consideradas como parte de la

comprensión de la "naturaleza de las ciencias", tal como la historia de las ideas científicas. Sin embargo, se enfoca más en cómo se construye el conocimiento científico. Es decir, cómo la evidencia y los argumentos basados en esta se generan.

Participar de manera provechosa en las ciencias

Las ciencias constituyen una empresa social regida por un conjunto de valores fundamentales y normas de participación. Ser competente en las ciencias implica participar hábilmente en una comunidad científica en la sala de clases y tener un dominio de las maneras productivas de representar ideas, utilizar herramientas y conversar con colegas sobre temas científicos. Ambas formas de argumentación se diferencian en aspectos esenciales de la que se utiliza en la ciencia. En esta área del saber, los objetivos de la argumentación son difundir la comprensión que se tiene de una situación y persuadir a los colegas de la validez de una idea específica. En vez de tratar de ganar porque sí, como lo hace la gente en contextos no científicos, la argumentación científica se centra idealmente en compartir, procesar y aprender nuevas ideas.

Integración STEM

STEM no se refiere sólo al conocimiento de un tema, sino que también implica la construcción de

una comprensión de la “cultura de la ciencia” que corresponde a cada área. Entendemos a la “cultura de la ciencia” como la forma en que los científicos de un área “hacen” ciencia, incluyendo su flujo de trabajo, la granularidad de sus observaciones y su propensión a la colaboración interdisciplinaria.

La ciencia, la ingeniería y las tecnologías que influyen penetran todos los aspectos de la vida moderna. De hecho, algunos conocimientos de ciencias e ingeniería son necesarios para comprometerse con las principales cuestiones de política pública de hoy, así como para tomar decisiones informadas diarias, como seleccionar entre tratamientos médicos alternativos o determinar cómo invertir fondos públicos para opciones de suministro de agua.

Comprender la ciencia y las extraordinarias ideas que ha producido puede ser significativo y relevante a nivel personal, abriendo nuevos mundos para explorar y ofrecer oportunidades de por vida para enriquecer la vida de las personas. En estos contextos, el aprendizaje de la ciencia es importante para todos, incluso para aquellos que finalmente eligen carreras en campos distintos de la ciencia o la ingeniería.

Pensamiento matemático

Las mediciones

Concentremos en uno de los temas más importantes de la matemática y en general de la ciencia en esta primera parte. Lo que queremos demostrar es que, si los niños son capaces de ver el acto de medir, uno de los grandes temas de las ciencias, en el contexto de un trabajo científico, su aprendizaje será más provecho. Tomar una regla o un metro para medir cosas nunca puede ser mejor que cuando se les propone a los niños medir la estatura de sus compañeros, hacer comparaciones, plantear explicaciones.

Medir les enseña a los estudiantes la importancia de generar datos que pueden describirse de maneras reproducibles (para que puedan ser verificados) y que pueden interpretarse y manipularse. Medir también ayuda a los niños a encontrar patrones en los datos, patrones que pasarían desapercibidos si siempre dependieran del sentido común. Los ejercicios de mediciones darán frutos abundantes en los años de estudios posteriores, cuando los estudiantes sean capaces de razonar acerca de las mediciones y utilizar los resultados de maneras más sofisticadas.

En el libro “en sus marcas, listos, ciencia” trae más detalles del experimento de medición de la estatura de los compañeros de un curso. Uno de los escollos por revolver era si los niños se deben quitar los zapatos o no, pues para algunos de ellos, no era “justa” la medición pues los tacones distorsionan la medición. La profesora le dijo a sus alumnos que tenían que debían llegar a una decisión grupal: "¿Deberíamos medir nuestra altura con o sin zapatos? Sentémonos en nuestros lugares y hablemos de esto como científicos. Primero pensemos cada uno sobre esto por un minuto y luego hablaremos en grupo".

Sabían que, si solo les decían a sus alumnos que midieran la altura utilizando una unidad de medición, como centímetros o pulgadas, no llegarían a entender mucho acerca de los principios de medición. Incluso los niños que al parecer utilizan reglas y escalas de manera correcta con frecuencia no entienden ideas centrales, como el punto cero, la iteración y las unidades constantes, por nombrar algunos ejemplos. Por el contrario, lo que es importante al momento de obtener resultados en las ciencias es contar con una teoría sólida de medición que incluya varios tipos de unidades y mediciones.

Esto implica mucho más que solo comprender cómo medir las cosas.

Los niños fueron capaces de explicar sus razones con evidencia (la diferencia en altura de los zapatos) y desafiar la evidencia de otra persona con pruebas en contra. Fueron capaces de proponer un experimento sencillo para evaluar una afirmación en particular. Los alumnos razonaron en conjunto, de manera similar a cómo se haría en una comunidad de científicos. Los niños sacaron provecho de un razonamiento grupal más complejo, en comparación al razonamiento al que llegarían los niños de manera individual.

Utilizar las unidades de medida, adecuada, iterar las medidas, convención de las medidas, entender por qué eso ha sido así. Recolectar evidencia. Podría ser que se dejen con los zapatos, luego de ello les restamos el tamaño de los tacones. Ambos casos muestran la manera en que los profesores enseñan a partir de los conocimientos, los intereses y la experiencia de los estudiantes. Al igual que los científicos, los estudiantes trabajaron como una comunidad en un problema, y también llegaron a una amplia gama de observaciones e interpretaciones.

Los docentes y los padres cumplen una función central al "promover la curiosidad y persistencia de los niños al dirigir su atención, estructurar sus experiencias, respaldar sus intentos de aprendizaje y regular la complejidad y dificultad de niveles de información para ellos"

Los patrones

Las matemáticas se aprenden de manera efectiva por parte de los niños cuando estos pueden emocionarse con ellas. Curiosidad y belleza para que haya deseo de aprender. Si la matemática no tiene una estética, es un caso perdido para los japoneses. Por ello eligen cuidadosamente cada ejercicio, cada experimento. No es la cantidad de ejercicios, como en el álgebra de Baldor, sino la calidad de los razonamientos que se pueden encadenar a partir de una tarea. Incluso la calidad de las preguntas que pueden surgir de parte de los niños.

Resumamos un ejemplo que traen los japoneses Isoda y Katagiri que busca que los niños aprendan de manera significativa y emocionante⁶.

⁶ Isoda, Masami, Katagiri, Shigeo. Pensamiento Matemático: Cómo desarrollarlo en la sala de clase. CIAE, Santiago de Chile, 2016

Para ellos el profesor pone una tarea como la siguiente:

$$37 \times 3 = 111$$

$$37 \times 6 = 222$$

$$\underline{\quad} = \underline{\quad}$$

y le preguntamos al alumno qué quieres que siga en los espacios vacíos? Puede que decidan probar con $37 \times 9 = 333$

Aquí hay algo interesante. Aquí hay un patrón. Logran descubrir que, si multiplicamos por 3, al resultado final se le agrega 111. ¿Hasta dónde se puede ir?

Luego los niños descubren que las cosas funcionan bien hasta 37×27 pues $37 \times 27 = 999$

Es decir, descubren una de las cosas fundamentales de la matemática: los patrones. ¿Fin de la emoción? No. ¿Cuál puede ser la siguiente pregunta? ¿Qué pasa con 37×30 ?

$$37 \times 30 = 1110$$

$$37 \times 33 = 1221$$

$$37 \times 36 = 1332$$

$$37 \times 39 = 1443$$

$$37 \times 42 = ?$$

Otro patrón. Los números del centro (decena y centena) son iguales y son la suma de los números de los extremos (de las unidades y de los miles).

Tenemos dos patrones. ¿Se podrán integrar para hacer una generalización? Veamos esta variación:

$$37 \times 24 = 37 \times (3 \times 8) = (37 \times 3) \times 8 = 111 \times 8 = 666$$

$$37 \times 21 = 37 \times (3 \times 7) = (37 \times 3) \times 7 = 111 \times 7 = 777$$

$$37 \times 24 = 37 \times (3 \times 8) = (37 \times 3) \times 8 = 111 \times 8 = 888$$

$$37 \times 27 = 37 \times (3 \times 9) = (37 \times 3) \times 9 = 111 \times 9 = 999$$

$$37 \times 30 = 37 \times (3 \times 10) = (37 \times 3) \times 10 = 111 \times 10 = 1110$$

$$37 \times 33 = 37 \times (3 \times 11) = (37 \times 3) \times 11 = 111 \times 11 = 1221$$

Hay patrones que permiten disfrutar las matemáticas. Cuando llegan 999 el patrón se pierde, pero aparece otro patrón. Este tipo de trabajo exige curiosidad y paciencia. Puede racionalizar situaciones y establecer contradicciones.

Hay buenos trucos para motivar a los niños. Cuando es profesor de álgebra podría contarles a los niños que el objetivo es demostrar que usan el álgebra sin saberlo, que inicialmente está en nuestra vida cotidiana. ¿Por qué? Como lo

muestra el maestro Zuleta⁷, porque a partir de cosas conocidas encontramos cosas desconocidas. ¿Quiero ir al centro comercial Quicentro? Respuesta: está frente al estadio Atahualpa ¿es suficiente? Sí, sé dónde está el estadio, ya puedo ir al Quicentro.

La argumentación

¿Cómo argumentar en matemáticas? Un poco raro en nuestro medio, pero se trata de las prácticas e interpretaciones que debemos aprender desde niños. Es decir, hay que demostrar, lo cual puede incluir discusión, interacción con los demás. No se trataría de ver si el profesor asiente o decide como juez acerca de si un procedimiento y un resultado están bien argumentados o no. Se trataría de que los alumnos lo reconozcan y estén convencidos. Muchas veces uno puede llegar a los mismos resultados desde diversos caminos, algunos pueden ser novedosos, pero hay un esfuerzo investigativo y descubrir que un problema se puede resolver de diversas maneras es una de los grandes objetivos de la educación matemática.

⁷ Zuleta, Estanislao. Educación y Democracia: un Campo de Combate. Hombre Nuevo Editores, Bogotá, 2009

La argumentación en matemáticas no es muy diferente a la argumentación en general. Hay que construir premisas y criterios para luego sacar conclusiones. Pero sobre todo un criterio de aceptabilidad. Exponer, es decir explicar de manera ordenada con premisas, condiciones que conducen a una conclusión o resultado.

No se aprende matemáticas de manera mecánica. Hay que distinguir diversos tipos de razonamientos. Distinguir entre explicación, hipótesis, proposiciones, argumentos. Como lo mostramos arriba en el caso de las mediciones, los niños pueden trabajar como lo hace una comunidad científica. Aprenden las reglas de la argumentación científica.

En este tipo de debate, lo central es la idea, y todas las críticas y los comentarios deben estar dirigidos a ellas y no a los individuos que las expresan. El conocimiento científico requiere que se construyan teorías que integren la mayor cantidad posible de observaciones. Por lo tanto, aun cuando los científicos demuestren gran interés por defender una teoría en particular, frente a un argumento persuasivo que desmiente su postura, ellos saben que deben aceptarlo e incorporar un nuevo razonamiento. Aquí no funcionan los argumentos de autoridad.

La próxima revolución ¿la inteligencia artificial?

Es muy importante entender esto. Saber qué hacer, saber moverse en el mundo. No se puede ignorar. Los historiadores, los sociólogos, los psicólogos y economistas deben calibrar lo que está pasando y no pueden sustraerse a un análisis más profundo. No se puede andar con historias costumbristas o con algunas limitaciones de entendimiento. Hay que tener agallas para entender lo que está pasando y ver el largo plazo. Ver regularidades, ver patrones. Pero a la vez desde la ingeniería todos estos avances son una oportunidad para contribuir a modificar el paisaje de nuestras vidas. No hay duda de que la fuente de la innovación no sólo es el entusiasmo y las ganas de resolver problemas, sino también la fortaleza técnica, el conocimiento de frontera y la capacidad de entender el contexto.

En este artículo queremos mostrar las habilidades necesarias para enfrentar el hoy y el mañana desde un eje muy particular: la inteligencia artificial, la que probablemente

antes de 30 años moldeará nuestras vidas. Es decir, los niños de 6 años hoy, tendrán para ese entonces 36 años y seguramente estarán inmersos en algún ámbito de la inteligencia artificial. Estamos hablando de los niños hoy que mañana pueden estar en cualquier parte del mundo trabajando.

Robert J. Gordon en su libro “Rise and fall of American Growth” señala 5 revoluciones que han transformado la humanidad⁸. Todas ellas surgieron entre 1870 y 1940. Ellas son:

- La electricidad
- Los productos farmacéuticos, en especial los antibióticos
- Las telecomunicaciones
- El motor de explosión interna que posibilitaron el automóvil y la aviación
- Las tuberías del agua que llevan agua a las viviendas

La mayoría de los artefactos, máquinas, dispositivos, que conocemos hoy son desarrollo de estas revoluciones. Gordon afirma, contra el optimismo tecnológico, que la revolución de las

⁸ Gordon J. Robert. The Rise and Fall of American Growth. Princeton University Press, 2016

TIC, en especial el internet aún no ha logrado esa transformación, sin embargo, hay quienes apuntan a que la sexta revolución es la de la inteligencia artificial. Una condición, interpretando a Gordón, es que definitivamente transforme la vida de las personas, de modo que se convierta en lo indispensable, como necesidad básica, visto desde el lado del progreso.

Hace cien años, la electricidad era realmente complicada. Tuvieron que elegir entre la corriente alterna y continua, diferentes tensiones, diferentes niveles de fiabilidad, precios, etc. Y era difícil imaginar cómo usar la electricidad: ¿Debería concentrarse en construir luces eléctricas? ¿O reemplazar su turbina de gas con un motor eléctrico? Por lo tanto, muchas empresas contrataron a un vicepresidente de electricidad para ayudarles a organizar sus esfuerzos y asegurarse de que cada función dentro de la empresa estaba considerando la electricidad para sus propios fines o sus productos. A medida que la electricidad maduraba las cosas se fueron haciendo sencillas. Hoy en día ya no hay director de electricidad.

Hoy en día nos peleamos con el proveedor de internet, los sistemas no funcionan, las aplicaciones se cuelgan, las bases de datos no se

actualizan, los reportes no funcionan, el servidor de aplicaciones se muere, aún más básico: la hoja excel se perdió. Aún falta que las empresas trabajen sus estrategias de negocios en torno a la tecnología, pues aún se ve a un computador como extensión de la máquina de escribir y el ERP como una extensión de los libros de contabilidad Pocas empresas o ninguna, en Ecuador usan sus datos para mejorar o redefinir sus estrategias y pasar a otro nivel de competitividad. Igual todas aún necesitan un director de tecnología o un ingeniero que arregle problemas. Aún lo necesitamos. Estamos lejos de acabar con ese puesto. Seguramente en un futuro una gran empresa se encargará de todo, como lo hace la empresa eléctrica. En algún momento será y lo vivirá nuestros nietos. Pero este mundo va muy rápido. Para ese mundo tenemos que preparar a nuestros hijos.

Aún falta para que llegue la verdadera revolución de la inteligencia artificial, pero es evidente que no sólo tenemos que educar para ello, sino que además es necesario que aceleremos nuestros pasos con el uso del internet más allá de servirnos para el entretenimiento, las redes sociales y el correo. Estamos atrasados en varios años. Otros nos llevan una ventaja. Cuando las empresas tengan una estrategia en

torno al internet, ya habrá otros que nos lleven ventaja con una estrategia en torno a la inteligencia artificial⁹.

Hoy en día todavía es posible vivir sin celular, sin televisión, pero quizás no puede vivir sin agua potable. Sin embargo, el poder transformador de la tecnología puede estar a la vuelta de la esquina y la mira está en la inteligencia artificial:

1. Cuenta el diario El País de España, que la KGB, el servicio secreto ruso, durante varias décadas quiso espiar a todo el mundo y no lo logró. Facebook, Google y Apple pueden espiar a todos sin mover apenas un dedo. Las personas no se dan cuenta que mientras miran gatitos en su cuenta de Facebook, le está proporcionando información gratis a esta empresa. Google presta su servicio gratis, pero la empresa vive de otros que pagan por los datos, por las huellas que nosotros dejamos mientras navegamos.
2. Las empresas de tecnología tienen más información que nosotros mismos de

⁹ Ahora es machine learnig / deep learnig

nuestros intereses intelectuales, de nuestros gustos, de nuestras preferencias. Ellos tienen como meta ser capaces de predecir nuestros gustos aún antes que sepamos lo que nos gusta.

3. La misma empresa de telefonía celular sabe de nuestra actividad privada y la puede rastrear cada vez que hacemos una recarga, cada vez que hacemos una llamada. Son datos que van a parar a nuestro perfil. Datos que proporcionamos gratis y que pueden ser usados por terceros con intereses comerciales y aún intereses inconfesables, incluyendo los que puede tener un gobierno.
4. La empresa de telefonía puede tener un indicador adelantado de empleo y desempleo. Puede anticiparse al Instituto de Estadística. ¿Cómo? Si alguien es empleado, durante la semana es posible que llame de dos puntos fijos, su casa y su trabajo (las radiobases lo detectan). En el transcurso del día sus llamadas pueden ser en torno a su trabajo. Si ese patrón se modifica, podría ser que el individuo está de vacaciones. Si el cambio se prolonga, es posible que tengamos un desempleado. Se puede comparar con otras variables.

5. Hay poderosos algoritmos (robots) que nos siguen a todas partes. Deberíamos saber que incluso cuando suceden problemas en las redes sociales y le hacemos un reclamo a Facebook o a Twitter, por algún tema de racismo, acoso o discriminación recibimos la amable contestación de un robot. Cuando un gobierno solicita el bloqueo de una cuenta a Facebook, la solicitud se la realiza a un robot.
6. Hemos creado máquinas con objetivos específicos que comienzan a asimilar información a partir de datos crudos, de la misma forma en que un niño humano aprende acerca del mundo que lo rodea.
7. “Desde el punto de vista de la inteligencia artificial, estamos ante el amanecer de nuestro futuro posbiológico”, dice Rodney Brooks, profesor emérito del Laboratorio de Computación e Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y presidente de la empresa iRobot.
8. El experto se refiere al futuro en el que las máquinas, los sistemas que consideramos como ‘no vivos’, se comportarán como

entidades biológicas y conscientes, tal como profetizó el matemático inglés Alan Turing, padre de la computación moderna.

9. Tras décadas de tropiezos y avances, por fin empezamos a entender los retos de este campo, donde convergen la computación, la ingeniería mecánica, la psicología, la anatomía, la biomimética (tecnología inspirada en la naturaleza) y la neurología. En especial esta última.
10. La inteligencia artificial ya tiene capacidades que quizás no esperábamos lograr tan pronto. No pasará mucho tiempo antes que las máquinas comiencen a pensar por sí mismas, en forma creativa. Y entonces todo será diferente.
11. De hecho, durante los últimos cinco años se han hecho más progresos en inteligencia artificial que en los anteriores 50. Tantos, que los gurús de la tecnología empiezan a preguntarse cuál será la jerarquía entre humanos y humanoides en el futuro. Y algunos de ellos, como Bill Gates y Elon Musk, incluso han manifestado su preocupación por que nuestras creaciones lleguen a convertirse en una amenaza.

12. Mientras tanto, el área más caliente de la inteligencia artificial sigue siendo el llamado aprendizaje profundo (deep learning). No es nada nuevo, pues hay investigadores metiéndole cabeza a este tema desde los años 70. Pero ahora, con el desarrollo de las unidades de procesamiento gráfico (GPU, por su sigla en inglés), que optimizan el rendimiento de los computadores, el aprendizaje profundo está renaciendo. Especialmente desde hace un par de años, cuando Google compró el grupo de investigaciones DeepMind.

13. El aprendizaje profundo, también llamado aprendizaje de las máquinas o creación de redes neuronales artificiales, consiste en desarrollar algoritmos capaces de descifrar un lenguaje natural. La idea básica es tomar un modelo computacional y alimentarlo con información. Por ejemplo, meterle todo lo que existe en Wikipedia, o las noticias de CNN de los últimos meses. Luego se le hacen exámenes de selección múltiple o de completar la información (“en la siguiente frase, diga a qué palabra corresponde la X”, por ejemplo), como los que presentan los estudiantes. Es en ese proceso de ser evaluado donde el sistema ‘aprende’ a partir

de su experiencia, como un niño cuando empieza a comunicarse.

14. Mustafa Suleyman, cofundador de DeepMind, cuenta que uno de estos sistemas fue puesto a prueba usando un videojuego de Atari, de los años 70, que consistía en una raqueta y una bola (el famoso ‘telebolito’). Al sistema no se le programó ninguna instrucción sobre cómo jugar. “Solamente se le dan pixeles crudos, y él debe pasar por la experiencia frustrante de que lo ‘maten’ varias veces, sin tener ninguna guía o elemento de comparación – explica Suleyman–. Eventualmente, el sistema le pega a una bola por accidente y aprende que esa acción le trae una recompensa”. Es algo muy similar a lo que hace un ratón de laboratorio cuando se da cuenta de que halar una palanca le representa acceder a comida.
15. El año pasado, DeepMind publicó los resultados de su última investigación en la revista ‘Nature’, según los cuales un algoritmo, después de 500 juegos, ganó la partida. “Este nuevo agente artificial superó el desempeño de los algoritmos previos y logró un nivel comparable al de

un jugador humano profesional, capaz de sobresalir en una diversa gama de tareas difíciles”, concluyeron los científicos.

16. Otra cara de la moneda es la plataforma de computación cognitiva Watson, de IBM. Los programadores le enseñaron a leer literatura médica y ahora la supercomputadora es capaz de evaluar millones de investigaciones sobre cualquier enfermedad e identificar en pocos días tratamientos que les tomarían meses a los mejores médicos.
17. Para Patrick Winston, de MIT, lo que hace que la inteligencia humana se destaque sobre la artificial y la animal es nuestra habilidad de contar y entender historias. Por eso, lleva años trabajando en el programa Génesis, que intenta copiar esa cualidad. Al darse un corto recuento sobre un conflicto entre dos países, el programa intenta concluir por qué sucedieron las cosas y su significado. Génesis es capaz de detectar conceptos como la venganza y evaluar el carácter de un personaje. “Lo que buscamos es crear una inteligencia artificial que, por ejemplo, entre a un restaurante donde la gente esté conversando y comiendo, y

pueda describir, con palabras, lo que está sucediendo en detalle. Y que pueda sentarse a la mesa sin volcar las sillas o romper las copas. Eso es difícil”, admite Winston.

18. De ahí el término de ‘robótica suave’ para agrupar a los robots capaces de interactuar con los humanos, comenta el experto David Hanson, de Hanson Robotics, en Hong Kong. Robots sociales como Sophie, muy populares en Japón y Corea, tienen la misión de inspirar a la gente a relacionarse con ellos y ayudarles a aprender.
19. Pero una cosa es crear máquinas inteligentes, sociables, capaces de entender nuestro tono de voz y reaccionar a ello – como el famoso robot Kismet, del MIT– y otra muy diferente crear máquinas conscientes.
20. Es decir, una cosa es la inteligencia artificial ‘débil’ y otra, la ‘fuerte’. La inteligencia artificial débil supone una máquina capaz de simular el comportamiento de la cognición humana, pero incapaz de experimentar ese estado mental. Por el contrario, la inteligencia artificial fuerte

implica desarrollar máquinas capaces de tener estados mentales cognitivos.

21. Sus promotores quieren hacer máquinas conscientes de sí mismas, con emociones y una conciencia verdadera: una superinteligencia artificial. “Cuando lleguemos a esa singularidad, el paisaje va a ser tan inimaginable que hoy es difícil decir cosas al respecto que tengan sentido”, asegura Rodney Brooks.
22. Entonces, plantea el presidente de iRobot, estará sobre la mesa el tema ético: “¿Estaría bien construir deliberadamente máquinas subhumanas? ¿Esclavizarlas? Ya Turing pensaba en eso. Hoy pensamos que está bien porque no sentimos empatía por las máquinas, pero eso puede cambiar”.
23. Algunos insistirán en que el problema no es la esclavización de nuestras máquinas conscientes sino la posibilidad de que ellas acaben con nosotros, pero la mayoría de especialistas en robótica creen que no será así. Más bien, adelantan, nos fundiremos con ellas. Vamos a injertar la conciencia humana en máquinas extraordinariamente durables y eficientes. En otras palabras, el

‘homo sapiens’ se desvanecerá como especie biológica, reemplazándose a sí misma por el ‘robo sapiens’?.

24. Al contrario de lo que señalaban muchos estudios y encuestas de opinión, el sistema de inteligencia artificial MogIA predijo el estrecho triunfo del republicano Donald Trump en las elecciones presidenciales de Estados Unidos, como lo hizo con Barack Obama en los comicios anteriores.
25. El algoritmo, creado hace 12 años por la empresa india Genic.ai, ya había pronosticado que el magnate inmobiliario y la ex secretaria de Estado Hillary Clinton serían los nominados de sus respectivos partidos.
26. MogIA, otro algoritmo aprende a medida que explora su ambiente, al igual que el niño de la historia. Y según su creador, Sanjiv Rai, ha venido mejorándose a sí mismo en cada elección.
27. Los cálculos se hacen a partir del volumen de citas del nombre de un candidato que la gente hace en las redes sociales. Para generar la predicción de esta última

contienda, MogIA analizó más de 20 millones de datos sobre Trump y Clinton recopilados en Facebook, Google, YouTube y Twitter, con el fin de generar una idea del sentimiento del público.

28. Al final, el candidato que logra el mayor grado de involucramiento con las audiencias gana la elección. Pero más interesante aún es que tecnologías disruptivas como esta tienen el potencial de influenciar las interacciones en redes sociales sin que nos demos cuenta. Por ejemplo, tanto la campaña demócrata como la republicana usaron ‘chatbots’, o sistemas robóticos digitales, para crear y subir a las redes más de un millón de tuits en lapsos cortos, creando la ilusión de que ciertas opiniones eran virales.
29. La inteligencia artificial comienza a cambiar la arquitectura de las campañas electorales, al menos las de Estados Unidos, en parte porque cada vez más gente hace pública su opinión en las redes. Las encuestas telefónicas o personales tienen sus días contados.

30. Y aunque la calidad de las predicciones depende de escoger las plataformas apropiadas, este medio es el campo de cultivo perfecto para alimentar la insaciable curiosidad de un sistema que aprende automáticamente y por sí mismo.
31. Hay cuatro áreas de investigación interdisciplinaria para entender cómo se crea inteligencia: Su integración con la visión, el lenguaje y la motricidad, el funcionamiento neurobiológico y los circuitos eléctricos, el funcionamiento de la inteligencia en los niños, es decir cómo desarrollan su acoplamiento en el mundo y la inteligencia colectiva.

Finalmente, los niños de hoy seguro se encargarán de responder las siguientes preguntas que nos ofrece la vida del futuro:

Carros sin chofer

- ¿Quién paga los daños en caso de accidente?
- ¿Debe prohibirse que los niños y los ancianos se suban a ellos?
- ¿Deben tales vehículos obedecer reglas como los límites de velocidad?
- Prótesis inteligentes

- ¿Nos darán las mejoras robóticas una ventaja injusta sobre los demás?
- ¿Deben hacerse disponible las prótesis inteligentes a las personas sin problemas en el cuerpo?

Robots sociables

- ¿Podrían las fallas o el ‘hackeo’ en los robots inteligentes causar daños físicos a los usuarios?
- ¿Redefinirán los robots inteligentes los papeles de los maestros y de quienes brindan cuidados a los ancianos?

Dispositivos implantados

- ¿Los dispositivos implantados en el cuerpo acabarán con nuestra privacidad?
- ¿Quién será técnicamente el dueño del dispositivo y su data?

Asistentes médicos

- ¿Quién da consentimiento para compartir historiales médicos con los sistemas inteligentes?
- ¿Lograrán los sistemas inteligentes democratizar el acceso a la mejor medicina de diagnóstico?

Ciencia: Es un asunto de familia

Las matemáticas y las ciencias no tienen que ser una pesadilla para nuestros hijos. Los padres de familia debemos fomentar la investigación, el pensamiento abstracto y la resolución de problemas. El siguiente artículo es tomado de la guía para padres de familia del sitio www.techbridgegirls.org.

Los niños empiezan siendo curiosos y anhelan que su mundo tenga sentido. Hacen observaciones y consultan con usted buscando respuestas. Las siguientes reflexiones e ideas tienen como fin ayudar a apoyar el sentido de asombro de sus hijos y alentar su familia para que exploren juntos la ciencia.

Usted no necesita ser un experto en ciencia para dar a sus hijos la suficiente confianza para tener éxito en la ciencia. Darse el tiempo para apoyar los intereses de sus hijos y facilitar una variedad de oportunidades para explorar la ciencia, puede encaminar a sus hijos en el sendero para

encontrar una pasión para toda la vida en biología marina, biotecnología, o ingeniería química.

Nunca es demasiado temprano para empezar a ayudar a los niños a pensar y planear su futuro. Está bien si ellos no saben qué quieren ser o si cambian de parecer a la mitad del camino. Lo importante es empezar a conversar ahora mismo sobre su futuro y exponerlos a una amplia gama de carreras.

Los padres hacen la diferencia

Incluso si no tiene estudios de ciencia o ingeniería, usted puede jugar un papel importante en el aprendizaje de sus niños. Aborde el mundo con curiosidad y ayudará a despertar en ellos el interés por la ciencia.

La investigación ha demostrado que la inteligencia puede desarrollarse con esfuerzo.

Como padres, ustedes pueden enseñar a sus hijos que el cerebro es como un músculo que se fortalece y funciona mejor si se ejercita. Al enfrentar desafíos, los niños con este tipo de mentalidad tienen mayores posibilidades de ser persistentes y exitosos en matemáticas y ciencia.

Asegúrese de resaltar la importancia de aprender de los errores.

Estos son algunos consejos y recursos para estimular diariamente el aprendizaje y la diversión en familia con la ciencia y la ingeniería:

1. ***Aliente a su hijo a que comparta sus descubrimientos.*** Pida a su hijo que comparta una idea o lección que haya aprendido en la escuela.
2. ***La ciencia está en todas partes y en los medios.*** Las películas, los especiales de televisión, las revistas, los diarios, los libros, y los programas de computadora a menudo presentan temas relacionados con la ciencia. Hable con su hijo sobre la ciencia que encuentra. ¿Qué le interesó? ¿Qué aprendió?
3. ***Aproveche las oportunidades de aprendizaje*** en las actividades diarias. Tómese cinco minutos más para estudiar cómo funcionan los engranes de una bicicleta e involucre a su hijo en proyectos de reparación que requieran hacer mediciones y usar matemáticas.

4. ***Intente establecer una tradición*** a la hora de la cena de preguntar a cada miembro de la familia para que comparta alguna pregunta que se haya hecho durante el día, o algo que lo maravilló.

5. ***Lleve un diario de ciencia de la familia*** o un bloc de notas de los experimentos y demás actividades, incluyendo imágenes.

6. ***Apague la televisión*** y pase un día jugando juegos de mesa y rompecabezas. Procure juegos que desarrollen habilidades espaciales y de solución de problemas, como los rompecabezas, las damas, el ajedrez y los tangramas. Imprima o cree un rompecabezas para su hijo.

7. ***¡Recolecte especímenes y datos científicos como un verdadero científico!*** Los proyectos de “Ciencia ciudadana” se basan en el trabajo de campo de gente como usted y su hijo.

8. ***Obsequie el regalo más importante de todos: su tiempo.*** Tome el tiempo para hablar con su hijo acerca de sus intereses y sueños para el futuro

Educación STEM prescolar

Cuando se desglosa la sigla en sus componentes, vemos que los programas de preescolar practican actividades STEM todos los días probablemente sin darse cuenta. Las actividades de ciencia incluyen explorar agua y arena, comparar y contrastar materiales naturales como rocas y tierra, hacer rodar pelotas por la sala, y mirar con una lupa para contar cuántas patas tiene un insecto que fue capturado mientras se jugaba afuera. Las actividades de tecnología incluyen computadoras, pero también identifican máquinas simples como engranajes y ruedas y poleas. La ingeniería en edad preescolar tiene lugar en el área de bloques. Allí los niños planifican y diseñan estructuras todos los días con pocas instrucciones de su profesor. Las actividades de matemática incluyen contar e igualar formas y hacer diseños. Medir también es fácil, especialmente con bloques unitarios donde dos de un tamaño equivalen a uno del siguiente tamaño para arriba.

Ciencia

La ciencia es una manera de pensar. La ciencia consiste en observar y experimentar, hacer predicciones, compartir descubrimientos, hacer preguntas y preguntarse cómo funcionan las cosas. Los experimentos ayudan a los niños a desarrollar habilidades básicas como observar lo que ocurre, usando palabras para describir lo que notan, y repetir la acción para comparar resultados. Hacer preguntas y dar respuestas son habilidades que se utilizan todos los días en el salón de clases.

Tecnología

La tecnología es una manera de hacer las cosas. La tecnología consiste en usar herramientas, ser inventivo, identificar problemas y hacer que las cosas funcionen. Cuando se oye la palabra tecnología, se podría pensar en computadoras y teléfonos inteligentes, pero en el programa preescolar, la tecnología se refiere a usar herramientas y desarrollar habilidades motoras finas y gruesas. Las herramientas pueden ayudar a los niños a desarrollar la coordinación entre la vista y las manos, además de reforzar los músculos de sus manos y dedos para escribir a mano con teclado, y dibujar. Estas actividades ayudarán a los niños a mejorar su discriminación visual y habilidades motoras sensoriales. Los

niños descubren por sí solos sin importar el tiempo, hay quienes demoran más y quienes demoran menos.

Ingeniería

La ingeniería es una manera de hacer las cosas. La ingeniería consiste en resolver problemas, usar una variedad de materiales, diseñar y crear, además de construir cosas que funcionan. Jugar con bloques y otros materiales de construcción desarrolla las habilidades matemáticas y científicas, ayuda a los niños a aprender sobre la gravedad, el equilibrio, las formas y la resolución de problemas. Las actividades de ingeniería alientan el desarrollo cerebral cuando los niños resuelven problemas, usan una variedad de materiales, diseñan y crean, además de construir cosas que funcionan.

Se pueden sentar las bases para que los niños y niñas entiendan el funcionamiento de la cultura científica y de innovación. Es perfectamente posible que niños y niñas a los 16 y 17 años tengan proyectos científicos, ambiciosos y por lo menos tengan una cultura a tono con la revolución tecnológica. Los niños ya no serían sólo consumidores de aparatos tecnológicos.

Las matemáticas

La medición es uno de los temas fundamentales de las matemáticas y puede ser perfectamente trabajada con los niños desde el jardín. Las matemáticas consisten desde temprana edad en construir secuencias (1, 2, 3, 4...), patrones (1, 2, 1, 2, 1, 2...), y explorar formas (triángulo, cuadrado, círculo), volúmenes (contiene más o menos) y tamaños (mayor o menor que). Clasificar y contar son excelentes maneras de desarrollar la lógica y aprender habilidades básicas de matemáticas. A través del juego con bloques, colores y formas, los niños empiezan a aprender conceptos como clasificación y ordenamiento. Estas habilidades de pensamiento matemático forman conexiones cerebrales sólidas para la organización, predicción y resolución de problemas.

La investigación muestra que los estudiantes jóvenes pueden entender conceptos relativamente avanzados y disfrutar de experiencias de aprendizaje que exploran esos temas. En formas que aún no se han comprendido completamente, el desarrollo temprano de las habilidades STEM parece apoyar el aprendizaje más adelante en la vida, en las ciencias y en otras áreas tales como desarrollo de habilidades de lectura y lenguaje.

STEM en la práctica

Los principios básicos para la educación STEM son del siguiente orden:

1. Los niños tienen la capacidad de aprender ciencia. Los niños nacen investigadores. De manera creativa niños de 12 años podrían diseñar un cohete, un avión controlado a distancia o un brazo robot.
2. Es necesario despertar el deseo, la curiosidad que lleven a la emoción de experimentar y descubrir.
3. Es mejor la educación científica con los intereses y experiencias de los estudiantes. Puede ir desde el desarrollo de su propio videojuego hasta llegar a trabajar en un proyecto que puede curar diferentes enfermedades.
4. Hacer relevante. La relevancia de aprender conocimientos y habilidades específicos es mucho más clara para los estudiantes -y mucho más motivadora- si entienden cómo

un tema dado encaja en "el panorama general" o un contexto significativo.

5. Es importante la equidad: los niños y niñas puede y deben aprender por igual. Con frecuencia los maestros sin quererlo le prestan más atención a los niños cuando se trata de materias científicas.
6. La ciencia y la ingeniería se consolida con la práctica. Hay unas cuantas ideas centrales que están presentes en diversos sistemas. Función, estructura, patrón, simetría. El concepto de patrón está en todas partes. El concepto de simetría puede ser explotado de manera muy amplia y productiva.

Un niño debe comprender que la ingeniería está dirigida a plantear problemas de la vida real y resolverlos. Incluso con cosas fascinantes que encuentra en su cotidianidad y su fantasía. Quizás desafiarlos a que busquen respuestas a sus preguntas invitándolos a indagar en internet con ayuda del profesor.

¿Qué busca un docente STEM?

1. Enseñar a los niños a usar el método científico, en el sentido de plantearse una pregunta, plantear una hipótesis y tratar de demostrarla o de refutarla a partir del análisis de los datos en una fase experimental. Los docentes preguntan con un “¿qué?” y no con “¿por qué?”. ¿qué encontraste?, ¿qué pasó?
2. Desarrollar habilidades de pensamiento de orden inferior y superior al mismo tiempo. Los estudiantes necesitan comprender las relaciones entre las variables dadas y cómo aplicar esta comprensión a los diferentes contextos.
3. Fomentar la transferencia del aprendizaje. Los estudiantes necesitan desarrollar la habilidad de aplicar habilidades, conceptos, conocimientos, actitudes y / o estrategias que desarrollen en un contexto, situación o aplicación a otro, reflexivamente (traslados por carretera) o después de un pensamiento deliberado y un análisis (transferencia por carretera).

4. Enseñar a los estudiantes a aprender a aprender (metacognición). Dado que hay un límite en cuanto a lo que los estudiantes aprenden a través de la educación formal, también deben aprender a aprender por sí mismos.
5. Tratar los malentendidos directamente. La gente tiene muchos malentendidos sobre cómo funciona el mundo que persisten hasta que tienen la oportunidad de desarrollar explicaciones alternativas.
6. Promover el trabajo en equipo como un proceso y resultado. La capacidad de trabajar en colaboración es una habilidad importante del siglo XXI, sin mencionar una condición importante para el aprendizaje óptimo de otras habilidades clave.
7. Aprovechar la tecnología para apoyar el aprendizaje. El uso de la tecnología es otra habilidad crítica del siglo XXI, esencial para ayudar a desarrollar muchas de las otras habilidades mencionadas aquí.
8. Fomentar la creatividad de los estudiantes. El desarrollo creativo requiere de la

estructura y la intencionalidad -la habilidad de la mente para formar representaciones- de docentes y estudiantes, y se puede aprender a través de cada una de las disciplinas, no sólo a través de las artes.

9. El progreso del modelo anticuado de "transmisión" al modelo del "siglo XXI" implicará sistemas educativos enteros. A medida que cambian los propósitos educativos, los marcos curriculares, los métodos de instrucción y las evaluaciones también deben. Los cambios exigen una mayor capacidad docente y de administrador y afectan a muchas facetas del capital humano, incluyendo la formación de profesores, el desarrollo profesional, la movilidad profesional y la posición cultural de la profesión docente.

Sin embargo, es necesario desarrollar un sistema de enseñanza eficaz antes de que el aprendizaje de STEM pueda integrarse plenamente en la educación de la primera infancia, que se relaciona con la enseñanza de los alumnos hasta la edad de 8 años.

Como con casi cualquier nueva iniciativa, un desafío importante es conceptual: entender las

maneras en que los niños aprenden STEM. ¿Cómo absorben los conceptos de STEM? ¿La comprensión de STEM ocurre de una manera similar a la comprensión lectora? ¿Cómo afectan sus diferencias sociales y económicas este tipo de aprendizaje?

¿Cómo preparar profesores en educación STEM? ¿Podría usarse una herramienta de programación como el lenguaje de programación Scratch que emplea gráficos para escribir código para enseñar conceptos matemáticos? No basta con equipar escuelas, las familias, los museos y las bibliotecas. La educación STEM plantea cuestiones técnicas y sociales que requieren investigación considerable.