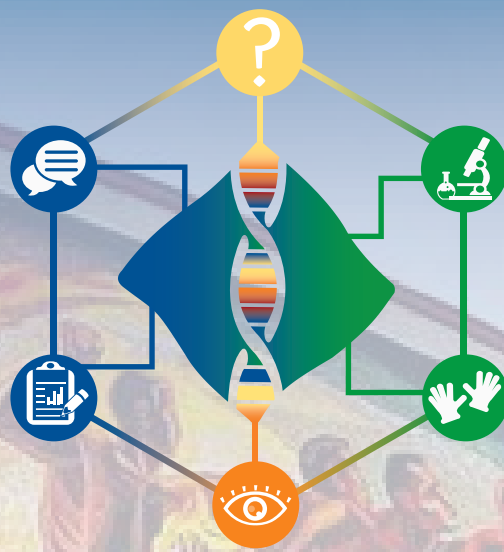




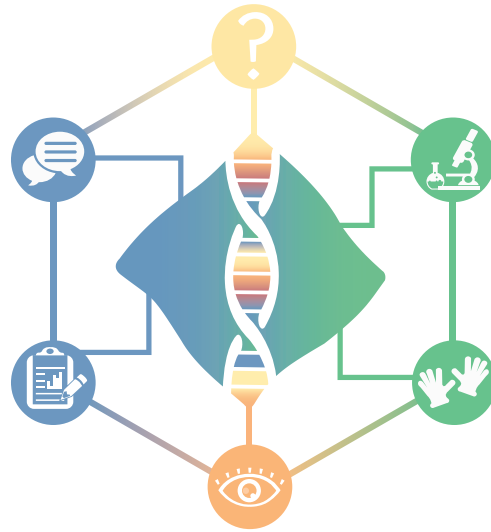
8ª Conferencia Internacional

La Enseñanza Eficaz de la Ciencia:
Clave para la Transformación de la Sociedad

MEMORIA

5 y 6 de noviembre de 2015

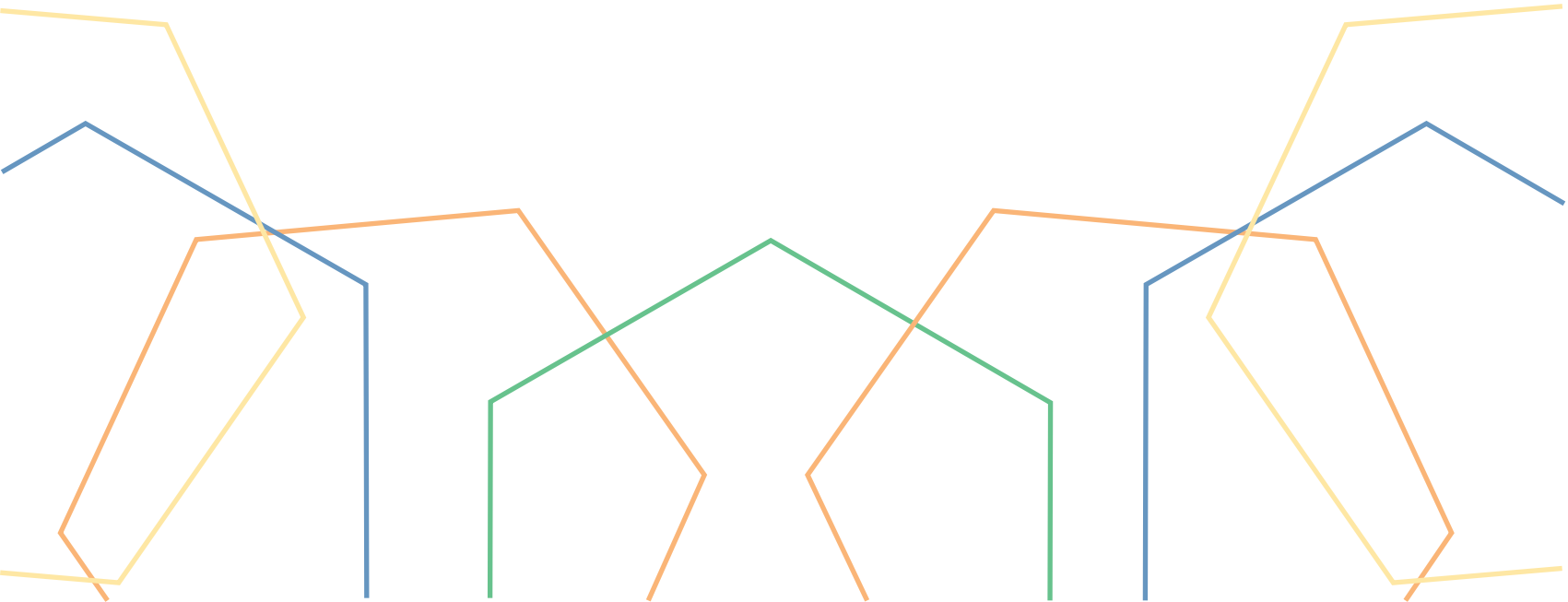
Auditorio Alfonso Caso
Ciudad Universitaria, UNAM



8ª Conferencia Internacional

La Enseñanza Eficaz de la Ciencia:
Clave para la Transformación de la Sociedad

MEMORIA



Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A.C.
INNOVEC

San Francisco 1626 int. 205,
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez. 03100.
Ciudad de México.
www.innovec.org.mx

Hecho e impreso en México

Fotografía de portada: Luis Rosales León



ÍNDICE

5 INTRODUCCIÓN

7 CEREMONIA INAUGURAL

Jaime Lomelín Guillén. Presidente del Consejo Directivo, INNOVEC. México.

Mario Molina. Vicepresidente del Consejo Directivo, INNOVEC. México.

Eduardo Bárzana García. Secretario General, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.

Marcela Santillán Nieto. Directora General de Desarrollo Curricular, Secretaría de Educación Pública (SEP). México.

14 CEREMONIA DE ENTREGA DE RECONOCIMIENTOS

19 PANEL INAUGURAL. EDUCACIÓN, SUSTENTABILIDAD Y POBREZA

Panelistas:

Mario Molina. Vicepresidente del Consejo Directivo, INNOVEC. México.

Omar Garfias Reyes. Secretario Técnico, Programa Cruzada Nacional contra el Hambre, Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). México.

Sylvia Schmelkes Del Valle. Consejera presidenta, Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). México.

Pierre Léna. Fundación *La main à la pâte*. Francia.

Moderador:

Guillermo Fernández de la Garza. Presidente y director ejecutivo, Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. México.

31 PANEL I. LA EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA: CAMBIANDO LOS PARADIGMAS PARA LA EDUCACIÓN EN EL SIGLO XXI

Conferencista:

Wynne Harlen. Universidad de Bristol. Reino Unido.

Panelistas:

Yves Quéré. Fundación *La main à la pâte*. Francia.

Katherine Blanchard. Centro Smithsonian para la Educación en Ciencias. Estados Unidos.

Moderadora:

Sylvia Schmelkes. Consejera presidenta, Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). México.

47 PANEL II. LA NUEVA VISIÓN DE LA CIENCIA Y SUS IMPLICACIONES PARA EL CURRÍCULUM

Conferencista:

Pierre Léna. Fundación *La main à la pâte*. Francia.

Panelistas:

Rodolfo Dirzo. Universidad Stanford. Estados Unidos.

Mauricio Duque. Programa *Pequeños Científicos*, Universidad de los Andes. Colombia.

Karen Worth. Departamento de Educación Especial y Primaria, Wheelock College. Estados Unidos.



Moderadora:

Marcela Santillán Nieto. Directora General de Desarrollo Curricular, Secretaría de Educación Pública (SEP). México.

77 **PANEL III. EL PROFESOR COMO UN ELEMENTO CENTRAL DEL CAMBIO: CARACTERÍSTICAS, ESTRATEGIAS Y RECURSOS PARA UNA ENSEÑANZA EFICAZ DE LA CIENCIA**

Conferencista:

Hubert Dyasi. Especialista en la formación de profesores de ciencia. Estados Unidos.

Panelistas:

Rosendo Pelayo Valdés. Subsecretario de Educación de Veracruz. México.

Prasad Ram. GOORU Learning. Estados Unidos.

Shelley Peers. Programa *Primary Connections*. Australia.

Moderadora:

Marinela Servitje. Presidenta del Instituto de Fomento e Investigación Educativa, A.C. (IFIE). México

95 **PANEL IV. LA CONTRIBUCIÓN DE LAS NEUROCIENCIAS PARA UN APRENDIZAJE EFECTIVO**

Conferencista:

Wenming-Zheng. Universidad del Sureste, Nanjing, China.

Panelistas:

Pablo Rudomín. El Colegio Nacional. México.

Lucas Malaisi. Fundación para la Educación Emocional. Argentina.

Moderadora:

Cimenna Chao Rebolledo. Universidad Iberoamericana. México.

109 **PANEL V. LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL PARA MEJORAR LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA**

Conferencista:

Sharifah Maimunah. Red Global de Academias de Ciencias (IAP).

Panelistas:

Juan Asenjo. Programa de Educación en Ciencias. Red interamericana de Academias de Ciencias (IANAS).

Anders Hedberg. Consultora Hedberg. Estados Unidos.

Guillermo Fernández de la Garza. Presidente y director ejecutivo, Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. México.

Moderador:

Guillermo Hernández Duque. Dirección General de Vinculación Estratégica de la ANUIES.



INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se pretende que la educación básica que reciben los estudiantes les ayude a desarrollar los conocimientos, las habilidades y las actitudes necesarias que les permitan desarrollar al máximo su potencial y desempeñarse de manera efectiva en la sociedad para proteger su salud, participar responsablemente en la solución de los problemas de su comunidad y construir su bienestar a través de una manera sustentable de vida.

La Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (ECBI) es un enfoque pedagógico fundamental para lograr ese propósito, ya que proporciona una metodología que parte de la curiosidad natural de las niñas y los niños, así como de un aprendizaje activo que les facilite el aprender a aprender, construir colectivamente y utilizar lo aprendido en contextos reales.

Para incorporar un uso generalizado de estas metodologías en la enseñanza básica hay algunos desafíos importantes: apoyar eficazmente a los maestros en la construcción de estrategias pedagógicas para utilizar la indagación y las investigaciones experimentales en los diferentes niveles y contextos; así como armonizar estas metodologías con el uso de tecnologías de la información.

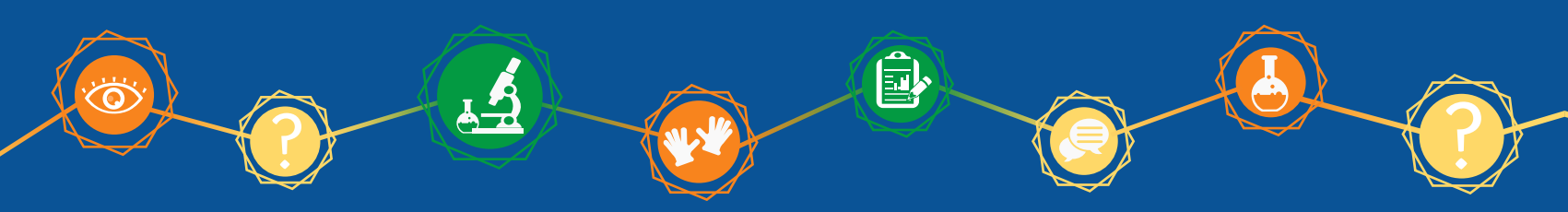
Por otro lado, debido a la gran cantidad de información disponible y a la progresiva y constante incorporación de nuevos conocimientos, tenemos también el reto de seleccionar aquellos conceptos, ideas y principios fundamentales que, por su relevancia, deben ser trabajados de una manera más profunda con los estudiantes. La comprensión de estas ideas básicas genera las condiciones para continuar la construcción de conocimientos más complejos a lo largo de la vida.

También enfrentamos el reto de incorporar las aportaciones de la neurociencia y la educación emocional a la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, reflexionar sobre su papel en el aprendizaje y su importancia para fortalecer un modelo pedagógico indagatorio que sea coherente con las necesidades de nuestros sistemas educativos del siglo XXI.

A partir de 2009, a iniciativa del Programa de Educación en Ciencias de la Red Global de Academias de Ciencias (IAP), se emprendió la tarea de revisar y discutir los principios fundamentales a incluir en la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, así como las ideas científicas centrales que los niños deberían comprender desde la educación básica.

Como resultado de este trabajo se publicó el documento titulado “Principios y Grandes Ideas de la Educación en Ciencias”, el cual fue traducido al español, chino y francés y ha sido un punto de referencia fundamental en las discusiones sobre el tipo de educación científica que los sistemas educativos deberían proporcionar a las niñas, los niños y jóvenes de todo el mundo.

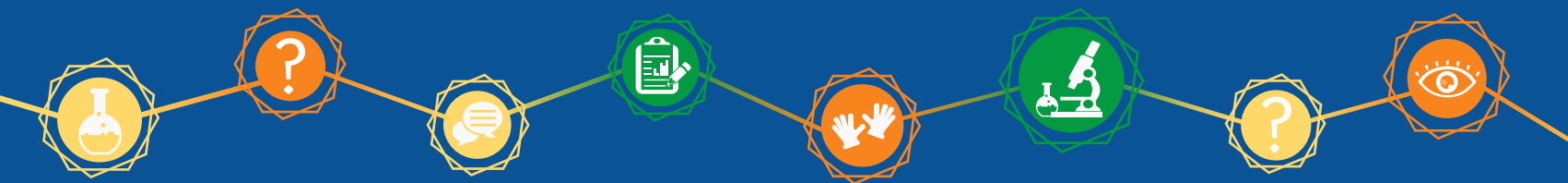
A partir del debate y actualización de las ideas centrales expuestas en la edición original, se elaboró la segunda versión del documento titulado **“Trabajando con las**



Grandes Ideas de la Educación en Ciencias” que incluye una serie de recomendaciones que es deseable analizar y poner en práctica en nuestros contextos locales. Dicha publicación se encuentra a disposición del público en general para su consulta en los sitios web del IAP (versión en inglés y español) y de INNOVEC(versión en español).

La Octava Conferencia Internacional “La enseñanza eficaz de la ciencia: clave para la transformación de la sociedad”, es una oportunidad para que la sociedad, profesores, investigadores y académicos conozcan y discutan estos planteamientos que abren la puerta para revisar lo que está ocurriendo a nivel mundial, aportando sus conocimientos y experiencias para que en conjunto se contribuya a mejorar la educación de acuerdo con los nuevos paradigmas educativos.

La Conferencia Internacional tiene como uno de sus objetivos enriquecer el debate desde una perspectiva local y servir como una plataforma para derivar acciones y líneas de trabajo a considerar incorporando la visión y recomendaciones globales en beneficio de un mayor número de estudiantes y profesores.



CEREMONIA INAUGURAL

Ing. Jaime Lomelín Guillén
Presidente del Consejo Directivo de INNOVEC



Distinguidos miembros del presídium, maestros y maestras, amigos de INNOVEC, bienvenidos a esta conferencia internacional. A nombre del Consejo Directivo de INNOVEC, me da mucho gusto darles la bienvenida a la ceremonia inaugural de la Octava Conferencia Internacional sobre Enseñanza Indagatoria de la Ciencia en la Educación Básica que en esta ocasión hemos titulado “La Enseñanza Eficaz de la Ciencia: Clave para la Transformación de la Sociedad”.

Nos encontramos en el corazón mismo de nuestra Universidad Nacional Autónoma de México, benemérita institución que tanto bienestar y progreso le ha proporcionado a nuestro país. Este auditorio junto con sus bellos murales, forman parte del Patrimonio Mundial declarado por la UNESCO y lleva el nombre de Alfonso Caso quien fuera un destacado arqueólogo mexicano, agradecemos a la Universidad las facilidades otorgadas para alojar la conferencia en este importante espacio.

Agradezco de manera especial a la Secretaría de Educación Pública y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su respaldo y apoyo para la realización de la conferencia y doy la bienvenida a las diferentes organizaciones públicas y privadas que de manera regular apoyan los proyectos e iniciativas educativas de INNOVEC y cuyos representantes también nos acompañan. Quiero dar una cálida bienvenida a nuestros moderadores, ponentes, panelistas internacionales y nacionales que gustosamente aceptaron el acompañarnos; muchos de nueva cuenta para seguir edificando el debate y el conocimiento sobre la importancia de una educación científica de calidad para los niños y jóvenes de México y del mundo.

De manera especial quisiera agradecer la presencia del grupo de expertos bajo el liderazgo de la Dra. Wynne Harlen quien desarrolló el documento “Principios y grandes ideas de la educación en ciencias”, el cual ha sido también apoyado por la Red Global de Academias de Ciencias, la nueva edición del referido trabajo sirve de marco para las discusiones centrales de este evento.

Hago un paréntesis aquí para destacar la gran relevancia de los temas que nos ocuparán durante estos dos días de reflexión. En esencia se trata de analizar y argumentar sobre la importancia de proveer una enseñanza eficaz de la ciencia desde la escuela y también sobre la urgente necesidad de que este enfoque forme parte fundamental del currículo de la educación básica.



INNOVEC con el decidido apoyo de la Secretaría de Educación Pública se ha comprometido a impulsar en México la enseñanza vivencial e indagatoria de la ciencia en la educación básica como un mecanismo efectivo para garantizar procesos pedagógicos que desde el aula fomenten en los niños la curiosidad, la formulación de preguntas, la investigación y la búsqueda de evidencias para configurarse ideas acerca de cómo funciona el mundo. Con el apoyo de los gobiernos estatales de México actualmente se tienen más de 400,000 niños trabajando en el Programa SEVIC que está basado en dicha metodología.

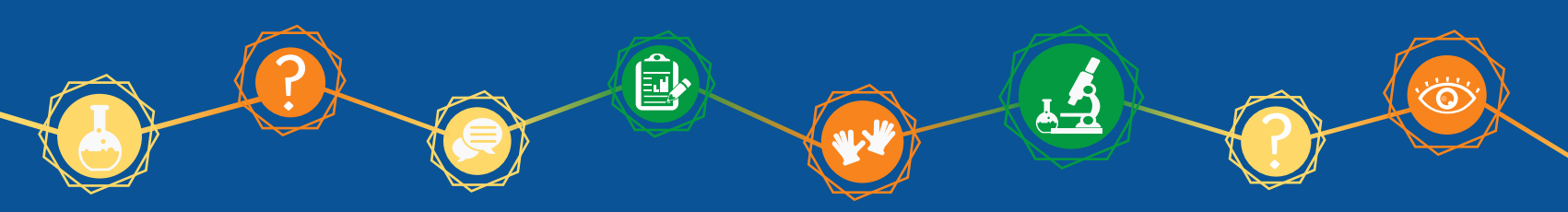
En INNOVEC tenemos la firme convicción de que la ciencia es una herramienta poderosa para promover el progreso individual y colectivo. Nuestro propósito es generar las condiciones para que los niños al igual que los científicos exploren por sí mismos hechos y fenómenos relevantes para su vida y sus intereses, haciendo que su aprendizaje sea significativo y no basado en la memoria. Los maestros y maestras son una parte fundamental en la alianza para poner en práctica esta forma de enseñar y aprender, son ellos los que proporcionan el entorno de aprendizaje motivante, los que facilitan a los niños y niñas los materiales, las prácticas y las oportunidades para reflexionar y seguir investigando.

Comprendemos que enseñar en el siglo XXI es una tarea que requiere estar actualizado continuamente en los procesos educativos, en un entorno donde la información es abundante y está prácticamente a la mano. Lo crucial para el aprendizaje es fomentar el pensamiento crítico, el análisis, la reflexión derivada de la práctica, la tolerancia y el respeto a las formas diferentes de pensar, el trabajo colaborativo y la habilidad para adaptarse y seguir aprendiendo a lo largo de la vida. En resumen se trata de contar con las personas educadas, sensibles y emprendedoras que el nuevo contexto global nos lo demanda.

En México se está consolidando una mejora de fondo en la educación y ello implica que deben buscarse los sistemas y métodos de enseñanza más efectivos para que la educación tenga un mayor impacto en el bienestar de nuestra población, nos sumamos sin duda a esta importante misión. Es por ello que en esta conferencia estamos destacando las mejores experiencias del mundo y del tema, y estamos dando un merecido homenaje a dos educadores líderes en la educación de la ciencia, uno mexicano y otro estadounidense; el Dr. Hubert Dyasi de los Estados Unidos de Norteamérica y el Mtro. Valdemar Molina Grajeda del Estado de México. Sus historias de vida y su profesionalismo son fuente de inspiración y conocimiento para quienes intentamos que una educación en ciencias de calidad se convierta en el más importante legado para las sociedades del siglo XXI.

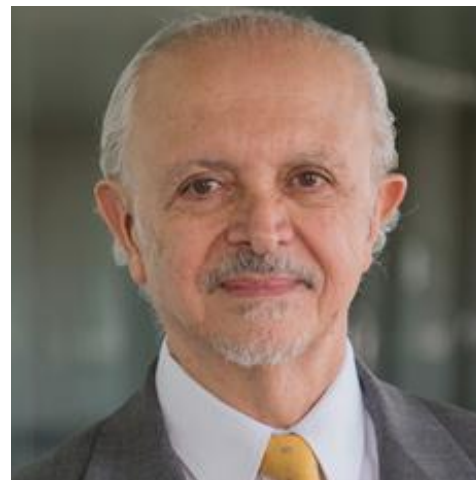
No me resta mas que desearles una productiva jornada de trabajo y una feliz estancia en nuestra ciudad y en nuestro país. Muchas gracias.*

** Transcripción de discurso inaugural*



CEREMONIA INAUGURAL

Dr. Mario Molina
Vicepresidente del Consejo Directivo de INNOVEC

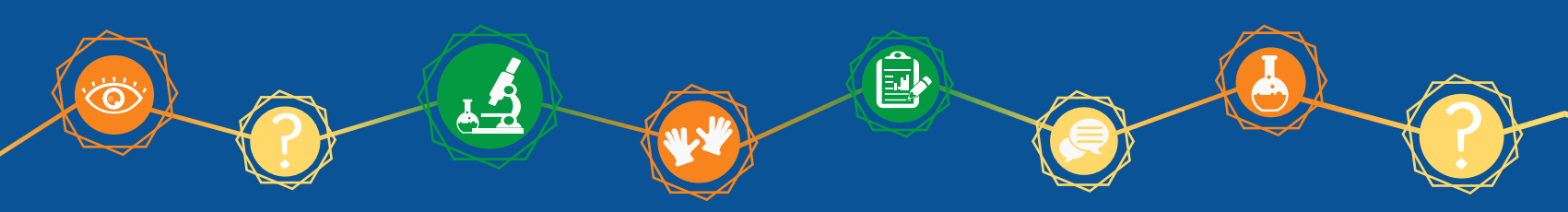


Quiero también darles la bienvenida a esta Octava Conferencia Internacional sobre Enseñanza Indagatoria de la Ciencia en la Educación Básica.

Me da mucho gusto poder participar en este evento y poder presumir que en México estamos muy orgullosos de ser parte de esta comunidad internacional. Estamos promoviendo y usando estas nuevas pedagogías que son tan importantes para la enseñanza de la ciencia a nivel básico y que tienen repercusiones enormes. El que los niños aprendan no sólo memorizando sino haciendo ciencia y trabajando en equipo es un cambio enorme, tiene consecuencias muy importantes y como saben todos ustedes este proyecto no sólo es un experimento, existe una gran cantidad de niños beneficiados con estas nuevas pedagogías en México, casi 400,000.

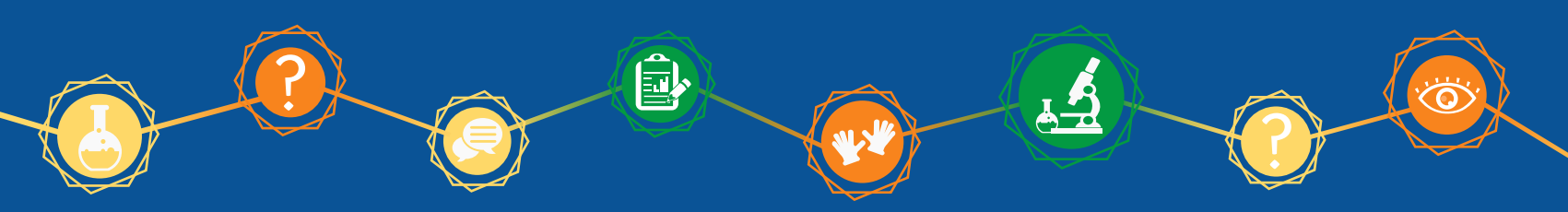
En Australia tengo entendido el 70% de la enseñanza a nivel de educación primaria usa esta metodología, no sólo es importantísimo que los niños aprendan mejor la ciencia, por supuesto de esta manera a muchos más niños les gusta la ciencia y esto mejora las perspectivas para un desarrollo económico muy saludable de la sociedad. Pero además lo importante es enseñar a los niños a pensar, enseñar el método científico, que saquen conclusiones basadas en la evidencia y no sólo en memorizar o en simplemente aceptar lo que los maestros les dicen, sino realmente entender y hacerlo por ellos mismos, esto tiene además consecuencias muy importantes fuera de la ciencia.

Un ejemplo que me gusta exponer es como a través de esta actividad que tienen los niños, por ejemplo, con hortalizas o viendo cómo crecen los insectos, es una manera de desarrollar su responsabilidad por el medio ambiente y es una forma mucho más eficiente que eventualmente darles alguna clase de ética, esa participación activa es muy importante. Pero además otra consecuencia muy importante de estos nuevos métodos de enseñanza, es que tiene repercusiones para el aprendizaje en muchas otras disciplinas porque esa es realmente la manera de aprovechar la curiosidad innata que tienen los niños, esa curiosidad por entender cómo funciona la naturaleza alrededor de ellos y cómo pensar.



En fin, espero que tengamos aquí un evento importante, que podamos discutir todas estas medidas y que podamos tener mayor influencia para que esto se adopte por la sociedad; como saben ustedes hay una resistencia enorme al cambio y la educación es uno de esos temas en los que tenemos siglos de hacerlo de la misma manera y no es nada fácil cambiar. Es muy evidente que esto se puede superar y se puede mejorar muchísimo ese sistema tan antiguo, yo también me siento responsable, es tarea nuestra el poder ayudar a la sociedad a adoptar estas nuevas maneras mucho más eficientes de trabajar con los niños. Muchas gracias.*

** Transcripción de discurso inaugural*



CEREMONIA INAUGURAL

Dr. Eduardo Bárzana García

Secretario General de la Universidad Nacional Autónoma de México
En representación del Dr. José Narro Robles, Rector de la Universidad Nacional



Muy buenos días tengan todas y todos ustedes, a nombre del Dr. José Narro Rector de esta Universidad, les extendemos la más cordial bienvenida a este emblemático auditorio Alfonso Caso de la Ciudad Universitaria. El rector me ha pedido expresarles su pesar por no poder acompañarlos en esta ceremonia ya que se encuentra en la víspera del término de su gestión rectoral de 8 años y como comprenderán se encuentra con diversas y muy demandantes ocupaciones.

Saludo con enorme gusto y aprecio a las distinguidas personalidades que presiden esta ceremonia. Quiero antes que nada expresarles que para esta Universidad Nacional es motivo de orgullo el poder colaborar en un evento trascendente que incide de manera puntual en uno de los grandes retos de nuestro país como lo es la educación; y lo es porque está alineado con el mandato principal que la sociedad mexicana nos ha asignado a través de nuestra ley orgánica, es decir, la docencia.

El mismo título de esta Octava Conferencia Internacional de INNOVEC refiere a la ciencia y su avance, lo que representa la segunda responsabilidad de esta casa de estudios, así que de manera natural atendemos a la enseñanza no sólo en el entorno de la educación superior sino que el proceso educativo lo asumimos en su significado más amplio. El concepto es simple, si los cimientos primarios son endeble resulta imposible construir el resto de la estructura educativa con la solidez, resistencia y durabilidad que el país requiere.

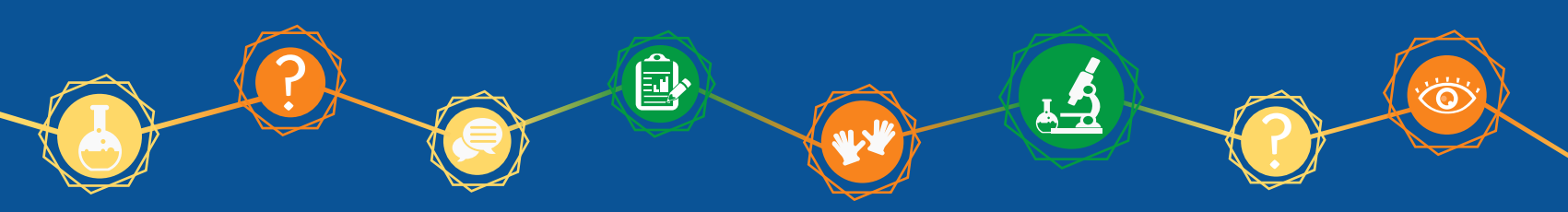
Como el Dr. Mario Molina ha señalado de manera reiterada con la fuerza moral que le da su premio Nobel y en su carácter de vicepresidente del consejo de INNOVEC, el desarrollo de la ciencia va ligada íntimamente al avance en la educación. Con un planteamiento muy sencillo y preciso que ya describió, los niños aprenden ciencia haciendo ciencia y esto debe beneficiar la calidad de la educación superior, y así como ha emprendido una campaña incansable pregonando el credo de los graves riesgos por el cambio climático, los riesgos por una educación deficiente y tradicionalista también requiere una gran cruzada de la sociedad, empresa que debe sostenerse con una clara directriz y un horizonte de muchos años para brindar los resultados que merece nuestro México y muchos otros países. De ahí que los resultados y conclusiones del encuentro que hoy inicia, brindarán aportes importantes a la reflexión y conciliación de los trabajos que realizan los diversos grupos consolidados y especializados con los que cuenta la UNAM en temas de investigación educativa. Los enfoques pedagógicos innovadores que de aquí deriven y sus modelos educativos



basados en la indagación, su diseño y operación serán sin duda temas altamente relevantes, por ello el contribuir a la disminución del rezago educativo que lastra a nuestro país y mejorar el nivel de ingreso a nuestros sistemas medio y superior son temas de enorme interés para la UNAM y todas las universidades del país.

Vaya pues una gran felicitación a INNOVEC por su notable y destacada labor por la educación y los mejores deseos por que los objetivos planteados en esta Octava Conferencia Internacional sean alcanzados con creces.
Muchas gracias.*

** Transcripción de discurso inaugural*



CEREMONIA INAUGURAL

Mtra. Marcela Santillán Nieto
Directora General de Desarrollo Curricular, SEP.
En representación del Mtro. Aurelio Nuño Mayer,
Secretario de Educación Pública.



Buenos días, a nombre del Lic. Aurelio Nuño quien lamenta no haber podido acompañarlos y les desea el mayor de los éxitos en este evento, les comento que la llegada de este evento y en este momento resulta de especial importancia en términos de lo que han planteado los doctores que me precedieron en esta iniciativa de buscar desarrollar en el niño una serie de capacidades y cualidades que nos lleve a superar un estancamiento que particularmente México ha tenido en esta materia.

Es muy importante para México que logremos como lo han hecho otros países, desarrollar desde la primera infancia una serie de conocimientos y habilidades, ahora llamadas competencias, que nos acerquen a la posibilidad de desarrollar ciencia. Resulta central para un país tener un conjunto de individuos con estas competencias y es garantía de la posibilidad de una sociedad más justa y equitativa, porque mucho depende de la capacidad de desarrollo económico que el país tenga y hoy en día creo que no tenemos otra manera de pensar esta posibilidad si no es con una juventud bien preparada que logre en esta primera sentar las bases para que tengamos un grupo importante de jóvenes en sintonía con lo que hoy nos demanda esta sociedad en términos de desarrollo tecnológico para mejorar la condición de equidad y de justicia social que está demandando de manera tan importante este país.

Como lo dije al inicio a nombre del Lic. Aurelio Nuño, hoy 5 de noviembre de 2015 siendo las 9:38 hrs. declaro inaugurada la Octava Conferencia Internacional sobre Enseñanza Indagatoria de la Ciencia en la Educación Básica, esperamos que sea como en tantas ocasiones todo un éxito, que nos ayude a todos en esta fase tan importante que se ha planteado el presidente de darle a la educación un papel muy relevante y retomando las palabras del propio secretario que permita llevar la reforma a la escuela y que logremos lo que se plantea esta reforma educativa, lograr una educación de calidad para todos y cada uno de los mexicanos. Muchísimas gracias.*

* Transcripción de discurso inaugural



Reconocimiento al Profr. Hubert Dyasi

El profesor Dyasi obtuvo su doctorado en Educación en Ciencias por la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign en Estados Unidos, ha impartido cursos en dicha disciplina a nivel de pre y post grado y es reconocido nacional e internacionalmente como profesor de educación en ciencias, su trayectoria profesional se ha especializado en el desarrollo profesional de los profesores.

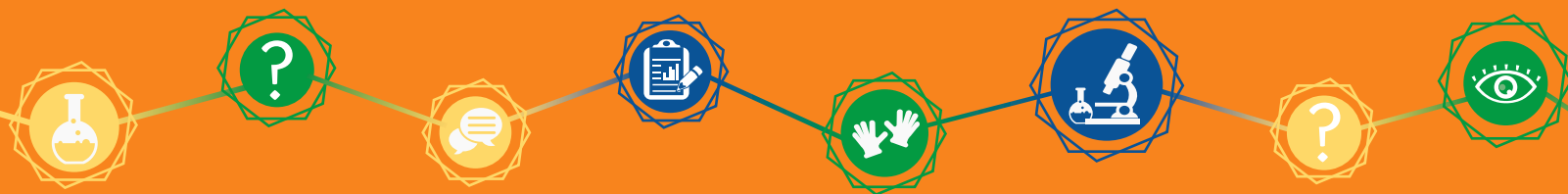
De 1966 a 1970 como académico del Njala University College de la Universidad de Sierra Leona en África Occidental, fungió como director ejecutivo del Programa Africano para la Enseñanza de las Ciencias en la Educación Primaria; de 1970 a 1983 del Programa de Educación en Ciencias para África, cubriendo casi toda el África Sub-Sahariana; a partir de 1984 dirigió el City College Workshop Center perteneciente a la Universidad de la Ciudad de Nueva York, el cual convirtió en

una organización muy respetada nacional e internacionalmente por su contribución al desarrollo de la educación en ciencias y la educación en general. La creación del City College tuvo un origen muy modesto, fue Hubert quien se encargó de transformar un salón de clases y unas oficinas en un espacio digno para la formación de profesores y el intercambio de ideas, el taller era en realidad un lugar fascinante, lleno de plantas e instrumentos científicos, objetos extraños de muy diversa índole e investigaciones en marcha; desde ahí Hubert convencía a los líderes educativos de las bondades de la experimentación de primera mano para los niños y jóvenes. Su influencia desde este importante centro tuvo una repercusión nacional, en el City College cada verano durante más de 20 años Hubert acompañado de su inseparable esposa Becky realizó talleres de 3 a 4 semanas de duración con el propósito de convencer a los directores escolares y autoridades educativas acerca

de las bondades de la indagación científica en la educación, de suave carácter y sonrisa franca Hubert ha sabido cultivar una red de amigos en el mundo que comparten junto con él la pasión por la enseñanza y por la ciencia; su frase, la esperanza es contagiosa resume muy bien su entusiasmo y optimismo ante la vida.

Ha trabajado con el Departamento de Educación del Estado de Nueva York y con decenas de escuelas y distritos escolares en los Estados Unidos, donde ha formado y capacitado a los profesores en el uso de la metodología indagatoria, el arte de elaborar preguntas científicas para los alumnos y el cómo diseñar procesos efectivos para que los alumnos puedan coleccionar datos, interpretar resultados y en general construir evidencias para sustentar sus afirmaciones.

Para Hubert, cuando las escuelas adoptan un enfoque indagatorio para la educación científica, se alinean con los impulsos naturales



CEREMONIA DE ENTREGA DE RECONOCIMIENTOS

Maestro de ceremonias: Juan Carlos Andrade Guevara

“A continuación tendremos el programa para la entrega de reconocimientos a profesores que se han distinguido por su contribución a la enseñanza de la ciencia en la educación básica.

Es ya una tradición que en el marco de estas conferencias internacionales que organiza nuestra institución, se haga este reconocimiento a los destacados educadores y desde luego a profesores y docentes que con su liderazgo y su ejemplo impulsan una enseñanza de las ciencias de calidad para nuestros estudiantes.

En esta ocasión, reconoceremos a dos distinguidos personajes: el primero es el Dr. Hubert Dyasi de la Universidad de Nueva York y el segundo personaje es el Profr. Valdemar Molina Grajeda de los Sistemas Educativos Integrados al Estado de México”.

que tienen los niños para aprender. El aprendizaje de la ciencia se convierte así en una extensión del enfoque característicamente humano para la adquisición de conocimientos, es también una afirmación de una capacidad personal para aprender, un ingrediente esencial para que cada niño se desarrolle intelectual y culturalmente de una forma sana. El enfoque de la indagación puede entonces inmunizarlos y evitar que se vean engañados por acontecimientos físicos o pronunciamientos públicos en su mundo, esta es una actitud de vital importancia que los estudiantes deben desarrollar y asumir cuando se enfrentan a decisiones difíciles.

En Latinoamérica el Dr. Dyasi ha colaborado cercanamente con el Programa ECBI de Chile y con INNOVEC en México y ha sido parte fundamental del grupo de trabajo al que convocó la Dra. Wynne Harlen para elaborar el documento “Principios y Grandes Ideas de la

Educación en Ciencias”. Entre sus logros académicos se encuentran el haber sido visitante académico distinguido del All Souls College de la Universidad de Oxford, del Instituto de Tecnología de California, miembro del National Institute for Science Education, miembro del Comité de Educación del Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos. En el 2005 recibió por parte del Museo Exploratorium de San Francisco el premio como educador distinguido y en 2008 la distinción por parte de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencia de los Estados Unidos en reconocimiento a su trayectoria al servicio como investigador destacado.

Su trabajo académico incluye importantes contribuciones a los libros *Designing professional development for teachers of science and mathematics*, Los estándares nacionales para la educación en ciencias publicados por el Consejo Nacional de Investigación en 1996 y

el libro *Indagación* y los estándares nacionales para los educadores de ciencias; una guía para la enseñanza y el aprendizaje publicados en el año 2000. Ha formado parte de numerosos comités y consejos asesores para la educación en ciencias, como es el caso del Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos y la misma Asociación Nacional de Profesores de Ciencia y también del Centro Nacional de Recursos Científicos de Estados Unidos, hoy en día Centro Smithsonian para la Educación en Ciencias.





Es por ello que en este marco de la Octava Conferencia Internacional, “La enseñanza eficaz de la ciencia: Clave para la transformación de la sociedad”; la Secretaría de Educación Pública e Innovación en la Enseñanza de la Ciencia brindamos este reconocimiento al Dr. Hubert Dyasi por su destacada trayectoria y sus valiosas contribuciones a la enseñanza de la ciencia por medio de la indagación, aportes que son de gran trascendencia para los niños y jóvenes del mundo.

Reconocimiento al Profr. Valdemar Molina Grajeda

El Profr. Valdemar Molina Grajeda nació en el poblado indígena de Urén en el Estado de Michoacán, a los 12 años ingresó a la Escuela Primaria Rural “Ricardo Flores Magón”, ubicada en Antunes, Municipio de Parícutaro en esa misma entidad. Después de concluir su educación secundaria en Paracho, ingresó a la Escuela Normal Rural “Miguel Ángel de Quevedo” donde se graduó como profesor de educación primaria. A principios de los años setentas cursó la Maestría en Pedagogía en la Escuela Normal Superior de México, ha tomado diversos diplomados y cursos en administración pública en el Instituto Tecnológico de Monterrey y en la Universidad Iberoamericana. Su carrera profesional la inicia como profesor de educación primaria, después ha sido director y fundador de varias escuelas, jefe de sector, catedrático en el área de pedagogía en la Escuela Nacional de Maestros y en las Escuelas Normales del Estado de México. En el ámbito público fue Director de Educación y Cultura en el Honorable Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos; a partir de 1992 desempeña la función de Director de Educación Elemental en los Servicios Educativos Integrados al Estado de México (SEIEM), en



donde tiene la responsabilidad de la administración de la educación inicial escolarizada y no escolarizada, la educación preescolar, especial, indígena y primaria, así como la educación básica para adultos.

En el año 2000 y a raíz de la invitación de la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia para participar en uno de los institutos de liderazgo para la reforma de la educación en ciencias organizado por el entonces Centro de Recursos Científicos de Estados Unidos acude a Irvine, California donde conoce y se involucra de primera mano con la metodología indagatoria y sus beneficios.

Recuerdo que en uno de los recorridos a los que asistimos después de analizar la metodología y los recursos materiales para la educación en ciencias que estaban disponibles en ese importante distrito escolar, en una de las regiones más prósperas del estado de California, Valdemar en tono reflexivo dijo:

“No me queda duda de que esto es lo que necesitan nuestros maestros y nuestros niños para aprender mejor, y aunque de momento parezca un sueño, voy a trabajar duro para

hacer realidad este programa en México”.

A partir de entonces con esfuerzos persistentes ha organizado conferencias, talleres y actividades para los docentes en el ánimo de contagiarlos de su convicción sobre la importancia que la metodología indagatoria tiene para el eficaz aprendizaje de los niños. Ha buscado aliados y ha puesto en práctica las estrategias aprendidas en ese importante taller; para lograrlo Valdemar ha organizado incontables reuniones con los supervisores, jefes de sector y directores para involucrarlos activamente y enterarles a cabalidad de la importancia de la metodología y desde luego las implicaciones que ello tiene y tendrá para la vida educativa del Estado de México. Siempre que le es posible, es el personalmente quien encabeza las jornadas de capacitación docente y es también un convencido del derecho que tienen todos los niños a recibir una educación en ciencias de calidad. Muy recientemente apoyó con las gestiones necesarias para abrir espacio al Programa SEVIC en los Centros de Atención Múltiple (CAM) que atienden a los niños y jóvenes que viven con alguna discapacidad.



La experiencia ha sido sumamente motivante y enriquecedora, dado que las autoridades de esta modalidad educativa decidieron aplicar el programa sin modificar los contenidos y actividades, lo que ha resultado en una innovación de gran impacto para esta modalidad educativa.

Valdemar reconoce que la crisis de valores que enfrentamos se debe en buena medida a que hemos dejado de lado la ética y civismo, no sólo en los contenidos del curriculum sino también en la práctica educativa y el actuar cotidiano. Para ello ha organizado foros de discusión para incorporar la filosofía en la educación básica, útil herramienta para fortalecer junto con la ciencia, el logro y el raciocinio desde la más temprana edad.

Ante la urgente necesidad de retomar los buenos liderazgos en la educación, el Profr. Valdemar representa al maestro que combina a la perfección sus habilidades de



dirección con su convicción por la docencia, una docencia basada fundamentalmente por el amor a lo inherentemente humano, a lo creativo, a lo artístico y a lo científico.

Por sus valiosas aportaciones para brindar una educación en ciencias de calidad en el Estado de México,

por su liderazgo, amor por la educación y compromiso; INNOVEC y la Secretaría de Educación Pública reconocemos la trayectoria, el esfuerzo y la dedicación del Profr. Valdemar Molina Grajeda.*

** Transcripción de ceremonia para la entrega de reconocimientos*



PANEL INAUGURAL

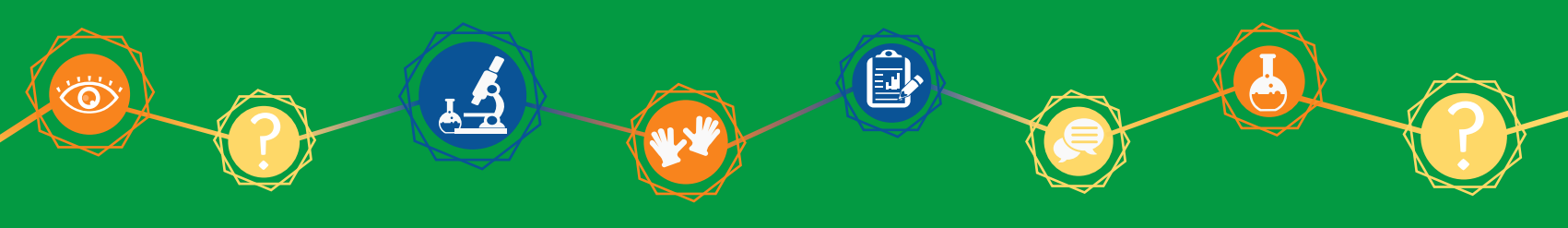
EDUCACIÓN, SUSTENTABILIDAD Y POBREZA

Panelistas:

Mario Molina
Sylvia Schmelkes
Omar Garfías
Pierre Léna

Moderador:

Guillermo Fernández de la Garza



MARIO MOLINA

Vicepresidente del Consejo Directivo de INNOVEC

“una de las ventajas de estos nuevos métodos de enseñanza, es que tanto docentes como estudiantes aprenden ciencia”

A manera de comunicarles mi interés y lo que estamos haciendo en este tema en particular, describiré brevemente un proyecto que tenemos en nuestro Centro de Estudios, el Centro Mario Molina, acerca de comunidades marginadas.

La idea es asegurar que en estas comunidades existan beneficios como la electricidad, en muchos sitios tanto del mundo como aquí en México hay muchas comunidades que no tienen electricidad y los niños ni siquiera pueden hacer tareas o leer en las noches. Lo que tratamos de hacer es resolver el problema de una manera integral, no solamente que la comunidad tenga electricidad consideramos también el aprendizaje una parte muy importante para la calidad de vida que deben tener estas sociedades. Una parte del proyecto es asegurarnos que las escuelas estén bien construidas, que tengan el acceso necesario para que los niños puedan ir a la escuela. Aquí hay dos aspectos que quiero mencionar. Existe una oportunidad enorme que en esas escuelas se aprovechen estas nuevas maneras de enseñar, empezando por la ciencia. No tenemos que esperar varias generaciones para que poco a poco los maestros mejoren, tenemos ya estas pedagogías extraordinarias y la manera de llevarlas a estas

comunidades; llevando maestros que estén entrenados en estas nuevas técnicas. Esto precisamente es el tema de esta conferencia. Por supuesto que se necesitan también recursos pero es muy importante poder entrenar a los maestros locales, para ello se puede empezar llevando maestros externos a la comunidad a un costo muy moderado con un beneficio enorme para la sociedad.

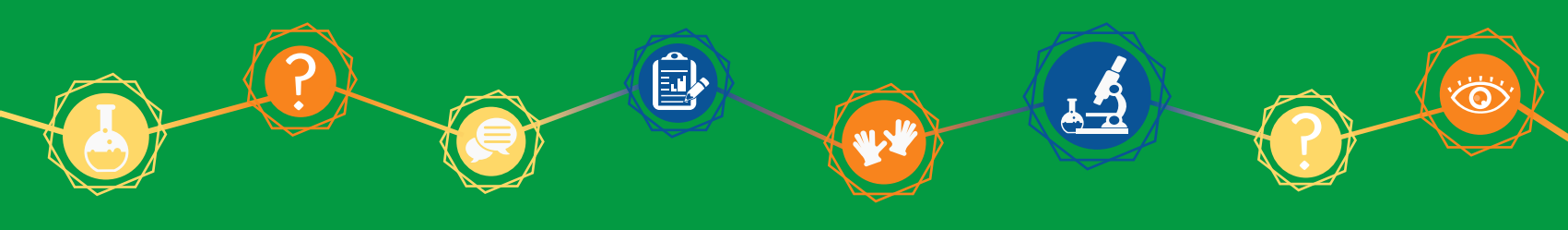
El segundo punto que quiero mencionar, es acerca del reto que implica trabajar con estas comunidades. No sólo se trata de regalarles paneles solares, si no se hace bien únicamente los reciben y los venden, esto pasa por ejemplo en África que se trata de llevarles tecnología y no funciona. En México también tenemos esos problemas y es indispensable tomar en cuenta el aspecto social, trabajar con la comunidad viendo quién realmente la maneja y trabajar con las familias para que toda la comunidad apoye con estos beneficios que se les brinda. Lo que no funciona es sólo subsidiarlos, regalarles comida o hacer cosas de ese tipo, es muy importante trabajar con ellos y entender cómo funcionan esas comunidades.

El reto es que no todas las comunidades son iguales y por eso

hemos empezado con unas cuantas, todas distintas, pero en diferentes partes del país. Tenemos que aprender realmente cómo funcionan, decidir con quién trabajar y tratar de involucrar a las familias y a los que están liderando la comunidad, sin embargo veo un potencial enorme y tenemos algunas experiencias de lo beneficioso que puede ser llevarles esta enseñanza activa.

Como saben tenemos un problema general con los maestros que enseñan ciencia, no todos están bien capacitados y algunos incluso presentan deficiencias en la comprensión de los conceptos científicos, entonces una de las ventajas de estos nuevos métodos sobre todo en estas comunidades, y en otras del país, además de que los niños aprenden ciencia de una manera extraordinaria, también se les enseña a los maestros mismos.*

** Transcripción de su participación*



SYLVIA SCHMELKES

Consejera presidenta del INEE

Yo voy a hablar del problema de la pobreza, la cual es una consecuencia de la desigualdad en el país. De alguna manera no está asegurado el piso mínimo para que los esfuerzos que hagamos en la enseñanza de cualquier cosa, incluyendo la enseñanza de la ciencia, tengan una distribución equitativa y lleguen realmente a beneficiar a toda la población; porque tenemos dificultades estructurales que nos lo están impidiendo.

Les presentaré cuál es el panorama de esta desigualdad educativa en el país y el tipo de cosas que debemos ir haciendo para disminuirla. Comenzaría señalando que para mí, la desigualdad educativa es el principal problema que tiene la educación en nuestro país. Justamente porque existe desigualdad educativa es muy difícil distribuir calidad. Cuando tenemos proyectos como este proyecto de Enseñanza Indagatoria de la Ciencia, y tenemos un problema de desigualdad educativa, es muy difícil asegurar que esta iniciativa que lleva calidad de la educación, realmente llegue a las personas que tienen menos condiciones previas para poder aprender. Ese es un punto que nos debe de preocupar y es cierto para todas las esferas del conocimiento.

Se trata de que todos adquieran los aprendizajes que necesitan para vivir una vida digna. La Ciencia es un aprendizaje indispensable para vivir una vida digna ante los problemas que tenemos, como los que se acaban de mencionar de cambio climático.

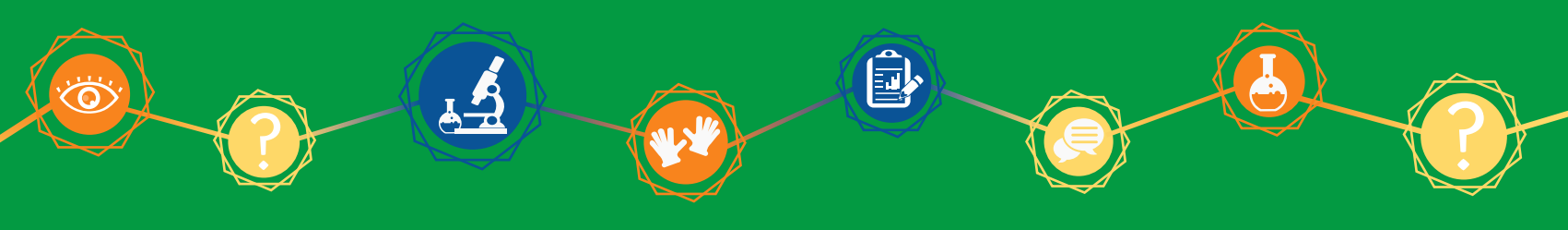
El aprendizaje de Ciencias es fundamental para poder enfrentar esa demanda social que esta presente. El propósito de la educación es ese, que todos tengan aprendizajes que se requieren para poder vivir una vida digna como cada quien define y como cada quien la necesite en su propio contexto. Con esto es con lo que se va a cumplir el derecho a una educación de calidad, que ya está consagrado como

algo que garantiza el Estado en el artículo 3ro Constitucional a partir de la Reforma Educativa.

Ahora el Estado debe garantizar una educación de calidad, y por calidad debemos entender que se logre el máximo nivel de aprendizaje para poder enfrentar los requerimientos de una vida digna. Como ustedes saben, México es un país sumamente desigual. Ocupa el lugar 24 de todos los países del mundo en concentración del ingreso (índice GINI que mide que tan concentrado está el ingreso en un país) y ocupamos el penúltimo lugar en los países de la OCDE.

El problema que tenemos es que





vivimos en un contexto desigual y la educación tendría que ser uno de los mecanismos que aseguran una equidad mayor de una sociedad determinada. Sin embargo lo que vemos en nuestro país es que los indicadores educativos de acceso a la escuela: deserción, reprobación, eficiencia terminal, absorción a otros niveles educativos y del propio aprendizaje están co-relacionados con: a) nacer en una zona urbana o en una zona rural, b) pertenecer a una familia indígena, c) pertenecer a una zona de alta o baja marginación, d) nivel de escolaridad de los padres y e) el decil de ingreso de la familia a la que se pertenece. Cuando existe una co-relación tan fuerte entre las condiciones de origen y los logros educativos a nivel, tanto de escolaridad como de aprendizaje, lo que tenemos es una constatación de que la educación no está sirviendo como mecanismo igualador por excelencia en una sociedad desigual como la nuestra.

Estamos convencidos de que el mecanismo debe ser igualador, esto es lo que la sociedad espera de la educación. Los padres de familia mandan a sus hijos a la escuela y hacen todos los sacrificios necesarios para que sigan estudiando, porque están convencidos de que la educación va a permitir que los hijos tengan un nivel de vida superior al que ellos como padres de familia, han podido experimentar. Es una expectativa de la sociedad.

Está constatado que sí hay experiencias mundiales en que, efectivamente la educación sirve como mecanismo igualador. Entonces el problema en nuestro país es que no está sirviendo. En los hechos, lo que pasa en nuestro país es que la sociedad está reproduciendo esta desigualdad social y económica (al contexto que ya me refería).

El Acceso a la Escuela

La educación Preescolar es la que empareja el terreno de juego. En el caso de México este inicio no está obteniendo esta capacidad de emparejar el terreno de juego para todos, es decir, no les está dando a todos las mismas capacidades para enfrentar la educación Primaria y posterior en las mismas condiciones. Tenemos que:

- El 60% de los niños de 3 años no asiste a Preescolar.
- El 12% de los niños de 4 años no asiste a Preescolar.

Esto está asociado principalmente al contexto de vida de estos niños que deberían estar asistiendo a Preescolar.

- A los 5 años, el 88% de los niños que no hablan lengua indígena asisten a la escuela, contra el 79% de los hablantes y el 68% de los monolingües; no asisten al 3er. grado de Preescolar y que es obligatorio desde 1993.

También hay una asociación con los niños que trabajan, quienes tienen muchas dificultades para estar inscritos en la escuela. Esto explica porque el:

- 39% de los jóvenes entre 15 y 17 años no están inscritos en la escuela, siendo que la educación media superior es una educación que México define como obligatoria para el Estado, aunque aún no obligatoria para la población; lo cual está previsto para 2022, tiempo en que se pretende universalizar la oferta educativa para poder decir que la educación media superior es obligatoria para toda la población. No podemos hacer un nivel educativo obligatorio para la población si la oferta educativa no está asegurada. Lo que ahora está asegurado es que cuando alguien demanda educación

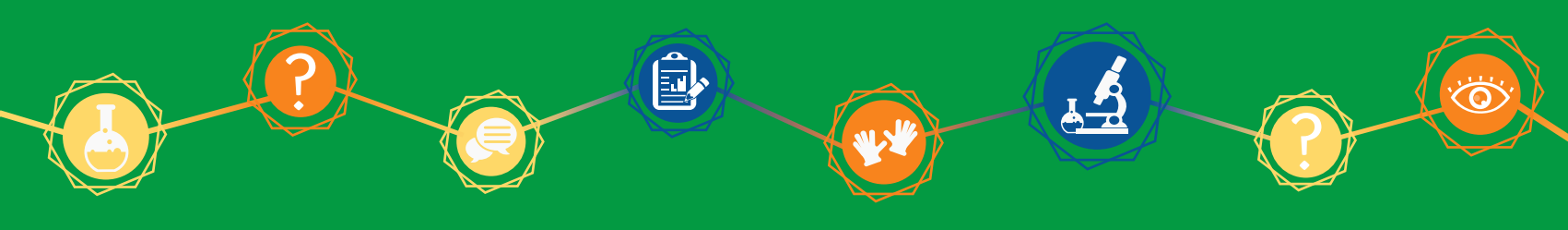
media superior el Estado tiene que poderla garantizar.

El acceso a la escuela está co-relacionado con las condiciones de vida; 2 de cada 3 niños que no asisten a la escuela primaria son indígenas. Vemos que el hecho de ser indígena está condicionando el acceso. En México trabajan 3 millones de jóvenes entre 12 y 17 años de edad y el 53% de estos no asisten a la escuela. Esto está vinculado con la pobreza, que orilla a los jóvenes a trabajar y el principal enemigo de la escolaridad es el trabajo infantil.

No basta con asegurar el acceso a la escuela, también es necesario que los niños asistan regularmente a la escuela y que permanezcan en ella el tiempo necesario para terminar los diferentes niveles escolares. Una de las cosas que ya logramos en México es una asistencia prácticamente universal a la Educación Primaria. Decimos “prácticamente universal” porque es un porcentaje del 97% los que asisten; el resto aun trabajan, sobre todo niños jornaleros agrícolas migrantes que no asisten a la escuela.

No obstante de los estudiantes que tienen 12 años o más, el acceso, la asistencia y la permanencia en la escuela es desigual. Por ejemplo:

- En las zonas rurales asisten a la escuela el 91% de los niños entre 12 y 14 años, y en zonas urbanas lo hace el 95%.
- En zonas rurales asiste a la escuela el 58% de los que tienen entre 15 y 17 años en comparación con el 76% que viven en zonas urbanas.
- El 62% de los indígenas de 15 a 17 años asiste a la escuela contra el 72% de los no indígenas.
- El 85% de los niños entre 12 y 14 años en pobreza alimentaria asiste a la escuela. Esto es cierto



del 95% de quienes no están en esta condición.

Vemos entonces como la pobreza está afectando la asistencia y la permanencia en la escuela.

- Respecto al ingreso, el 55% de los jóvenes de 15 a 17 años ubicados en el quintil de menores ingresos, asiste a la escuela, contra el 83% de los que pertenecen al quintil más alto.
- El 96% de los jóvenes entre 15 y 17 años cuyos jefes de familia tienen educación superior asisten a la escuela, contra el 52% de aquellos cuyos padres no tienen instrucción.

La trayectoria en la escuela

La trayectoria en la escuela también importa, que tan eficaz es esta trayectoria de manera que los alumnos que entran a educación primaria puedan cursarla en seis años, los que entran a educación secundaria puedan cursarla en tres y que no se estancuen en el proceso.

Alumnos de 12 a 14 años con rezago grave (dos años de edad más a la que corresponde al grado que cursan) tiene que ver con el tamaño de la localidad en la que viven los niños

- 19% en localidades de 100 habitantes
- 9% en localidades de 500 y 2,499 habitantes
- 2.5% en localidad de 15,000 habitantes

El grado de ruralidad de la comunidad tiene que ver con esta trayectoria escolar.

Por supuesto se quiere que los niños vayan y asistan a la escuela para aprender, pero se tiene también información de la desigualdad en el aprendizaje. Desgraciadamente no les puedo presentar los resultados ahora de PLANEA (última prueba de medición de nueva generación,

diferente a la prueba ENLACE y a la EXCALE que se aplicaban antes) debido a que se presentan el día de mañana. Sin embargo les compartiré los datos de la prueba EXCALE que se ha aplicado en años anteriores y que los resultados no son muy distintos.

Aprendizaje 3ro. Preescolar 2011

Esta prueba se aplica de manera oral de persona a persona, no es una prueba escrita que responden los niños sino que responden a estímulos que les ofrece un aplicador. Existen diferencias en los distintos tipos de escuela.

Por debajo del básico:

	Lenguaje y comunicación	Matemáticas
Comunitaria	20%	22%
Rural público	10%	14%
Urbano público	6%	9%
Privado	1%	1%

Esto demuestra que las diferencias en preescolar son todavía muy fuertes. Estas diferencias se van acentuando conforme los niños van pasando por los niveles educativos.

A continuación se observa la gráfica correspondiente a 3ro de Primaria en donde las diferencias son abismales; por ejemplo en el caso de nivel indígena en donde el 48% están por debajo de este nivel básico que implica manejar bien las cuatro operaciones de la lengua en comparación con el urbano público que es del 17%.

Aprendizaje 3ro. Primaria 2010

Por debajo del básico:

	Español	Matemáticas
Índigena	48%	66%
Comunitario	26%	38%
Rural público	27%	41%
Urbano público	17%	28%
Privado	3%	8%

En el caso de 6to. de primaria tenemos una situación similar, como se puede observar en la gráfica:

Aprendizaje 6to. De Primaria 2009

Por debajo del básico:

	Español	Matemáticas
Índigena	44%	34%
Comunitario	35%	31%
Rural público	20%	16%
Urbano público	10%	10%
Privado	2%	2%

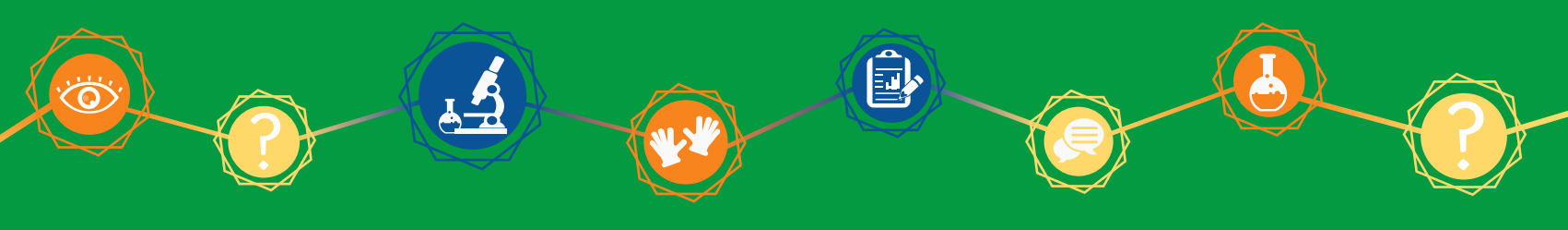
Estas diferencias continúan inclusive para el nivel Secundaria, sabiendo que hay una especie de selección natural de quienes continúan hasta secundaria y terminan dicho nivel. Las diferencias continúan respecto del tipo de escuelas.

Aprendizaje 3ro. Secundaria 2012

Por debajo del básico:

	Español	Matemáticas
Telesecundaria	33%	40%
Técnica	23%	36%
General	22%	33%
Privada	7%	13%

A continuación tenemos los datos del aprendizaje en el caso de la educación media superior, que en este año se hizo una adaptación de la prueba ENLACE, para que se pudiera comenzar a hablar de una prueba de nueva generación y en este caso lleva el nombre de PLANEA. En la gráfica tenemos los resultados por nivel con el grado de marginación de la zona donde viven los alumnos.



Aprendizaje PLANEA EMS

(Educación Media Superior), 2015
Podrán ver que en el nivel uno que aparece del lado izquierdo de la gráfica, que indica los que están por debajo del básico, cuando el grado de marginación es muy alto el 65.6% de los alumnos no tienen el nivel de dominio en este caso del español. Y en el caso contrario, los que viven con un muy bajo nivel de marginación, es decir, con buenas condiciones, solamente el 38.9% están por debajo del nivel básico.

Vemos entonces como esta desigualdad está recorriendo todos los niveles del sistema educativo; no se disminuye con mayor escolaridad y no empezamos con una nivelación del terreno. El problema es que los alumnos provenientes de familias más pobres, de familias indígenas, que viven en zonas rurales, que proceden de familias con menos escolaridad y que viven en zonas de mayor marginación, tienen menos oportunidades de aprender. Esto es lo que nos muestran los datos, que están aprendiendo menos. Lo que significa que en este trayecto educativo las oportunidades para aprender aquello necesario para vivir una vida digna no las están teniendo, debido a que es el nivel básico el que marca la diferencia de lo mínimo necesario para poder enfrentar estas demandas de la sociedad.

Quienes están por debajo de este nivel no tienen eso. Están pasando por la escuela pero no están obteniendo de ella aquello que necesitan para vivir una vida digna. El piso no está dado para poder llevar calidad a cada área en donde queremos estar.

Veamos ¿por qué sucede esto?

Causas

Primero tenemos que aceptar que el fenómeno es multifactorial, es decir, que tiene muchísimas causas y que desde luego las causas más fuertes

GRADO DE MARGINACIÓN	NIVEL DE DOMINIO				NÚMERO DE ALUMNOS EVALUADOS
	I	II	III	IV	
MUY ALTO	65,6	15,1	12,3	7,0	4.338
ALTO	53,9	20,2	19,1	6,9	158.160
MEDIO	47,6	21,0	21,9	9,6	120.145
BAJO	42,5	21,3	24,5	11,7	253.342
MUY BAJO	38,9	20,5	25,7	15,0	480.390
NACIONAL	43,3	20,7	23,8	12,2	1.016.375

y más importantes están fuera del ámbito de manipulación política por parte del Sistema Educativo. Las causas más potentes tienen que ver con las características contextuales: pobreza, necesidad de trabajar, desnutrición, importancia que la familia le otorga a la escolaridad, expectativas de escolaridad que tienen los propios padres respecto de sus hijos. La investigación educativa nos dice que estas variables influyen fuertemente en cuál va a ser el derrotero escolar y el aprendizaje de los alumnos.

Me parece necesario aceptar también que hay causas propias del Sistema Educativo y son justamente las que se pueden modificar a través de políticas educativas orientadas hacia ello. Éstas tienen que ver con la manera en cómo se distribuyen los recursos de todo tipo; desde los recursos financieros hasta los recursos humanos, materiales y de equipamiento. Cómo estamos propiciando a través de los mecanismos de distribución de recursos, que efectivamente exista mayor equidad en la educación.

Existen algunos ejemplos de cómo los recursos no se están distribuyendo adecuadamente, algunos indicadores de escuelas que cuentan con al menos 1 computadora (Censo de educación básica

realizado por el INEGI hace un par de años).

PRIMARIA:

- General 48.2%
- Indígena 15.8%
- Comunitaria 1.7%

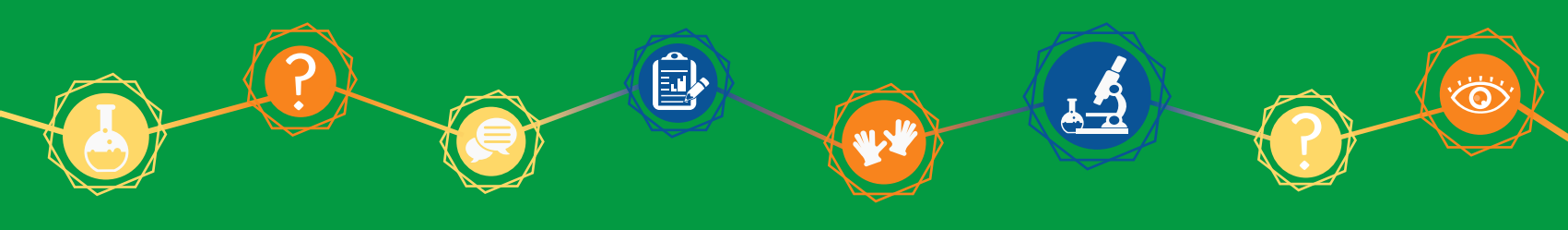
También existe una diferencia regional en México. El caso de dos estados extremos en la distribución es el siguiente:

- D.F. 82.4%
- Chiapas 46.0%

Respecto a otro dato y con el reciente anuncio del programa nuevo llamado *Escuelas al CIEN* que operará con bonos de infraestructura basado en lo que pueda derivarse de aquello destinado en años futuros, va a permitir una inyección muy fuerte de recursos a mejorar la infraestructura, el equipamiento y las condiciones de servicios de las escuelas en general. Si están bien distribuidos estos recursos, tendremos un elemento de mayor equidad.

Sin embargo en la situación actual, antes de que opere este nuevo programa educativo, vemos las diferencias referentes a los servicios básicos.

	Agua	Red pública	Energía	Drenaje
General	98.9	79.6	98.0	63.4
Indígena	90.5	52.5	85.3	85.3
Comunitaria	83.6	33.1	52.9	52.9



Esto nos demuestra que están inequitativamente distribuidos los recursos básicos. Por lo que respecta al personal; a continuación se encuentra una tabla que compara las escuelas rurales y urbanas, acerca de quiénes tienen al personal completo. Es decir, personal docente, personal directivo que se dedique solamente a la dirección de la escuela y personal docente especial que puede atender niños con necesidades educativas especiales.

Personal

		Directivo, docente y docente especial	Directivo y docente	Docente
Preescolar general	Rural	4.6	3.9	91.5
	Urbano	52.0	15.1	33.0
Preescolar indígena	Rural	--	5.0	95.0
	Urbano		36.5	63.5
Primaria general	Rural	16.1	8.4	73.1
	Urbano	73.2	14.8	12.0
Primaria indígena	Rural	--	16.2	83.8
	Urbano		68.5	79.9

Esta es una comparación de quien tiene personal completo, se puede ver que la distribución es totalmente desigual entre zonas urbanas y rurales. La diferencia es muy grande entre una y otra en cuanto al recurso humano, el cual es fundamental en las escuelas.

Análisis del gasto público

Un análisis reciente que ha hecho el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), arroja que más del 80% del gasto programable en educación (es decir el que se va a programas educativos) sigue un comportamiento inercial. Año con año va creciendo lo correspondiente a la inflación, entonces se reduce o se mantiene la asignación presupuestaria. Se mantiene constante la población atendida y se mantienen las brechas entre la población que se atiende y la que se debería estar atendiendo.

Por otro lado, la fórmula de distribución del FONE (Fondo de Aportaciones para la Nómina Educativa y el Gasto Operativo) supone que el gasto por alumno de Educación Básica es el mismo en todo el país, quiere decir que cuesta lo mismo la educación de todos los niños en todo el país. No puede asumirse que el costo de educar a un niño de la misma condición sea el mismo en los diferentes tipos de escuela; cuesta más educar un niño en situación de pobreza, ya que no tiene todos los recursos básicos dados. Entonces existe un

problema en la manera de concebir la distribución del gasto.

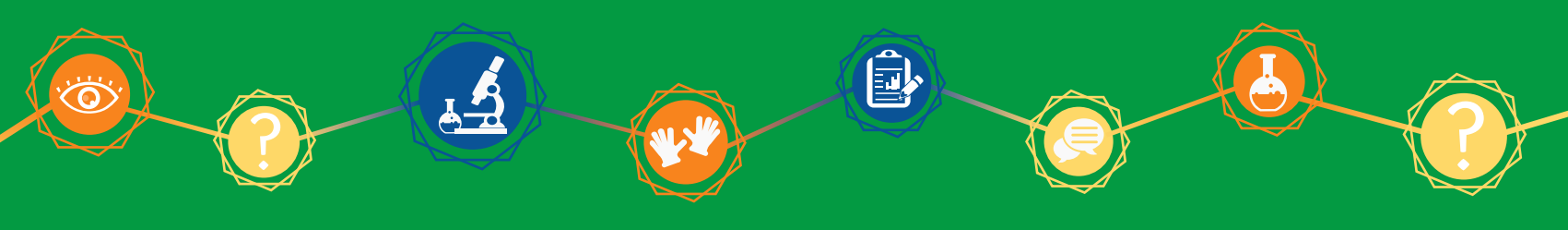
Se ha analizado también que no se focaliza a la población objetivo en niveles muy altos de marginación. Finalmente sí se beneficia a poblaciones vulnerables pero no realmente a los más vulnerables porque son lugares difíciles de acceder. Se termina financiando más a los más beneficiados y menos a los menos beneficiados, que son los que requieren más atención. Tenemos entonces el problema de no tener un piso de costo igualitario. Tendríamos que asegurar que todos los niños del país reciban el mismo nivel de inversión en educación y en el caso de México ni siquiera eso está garantizado. Además de eso tendría que haber una compensación, es decir, tendría que haber más recursos para aquellos que más

lo necesitan para lograr obtener el aprendizaje necesario para vivir una vida digna, lo que implica tener todos los recursos integralmente disponibles para hacerlo.

Todo ello implica equidad, darle mas a los que menos tienen. Entonces primeramente debemos asegurar igualdad, pero después mediante mecanismos asegurar equidad porque se debe ofrecer más a los que más lo necesitan. Este es un paso que todavía tenemos que dar como país.

Para concluir les diría que todos los Sistemas Educativos cuando se dejan a su inercia, tienden a reproducir la desigualdad existente en el entorno. Para evitar que esta inercia se presente es necesario que la política educativa se proponga explícitamente la equidad en el acceso, en la asistencia, en la trayectoria y de manera fundamental en el aprendizaje, que de como resultado una distribución equitativa de los recursos.*

* Transcripción de su participación



OMAR GARFIAS

Secretario Técnico, Programa Cruzada Nacional contra el Hambre, SEDESOL

La Cruzada Nacional contra el Hambre tiene el propósito de que los mexicanos que viven en situación de pobreza extrema, es decir, que tienen ingresos por debajo de la línea de bienestar mínimo (\$1,200) y que además tienen 3 carencias en alguno de los 6 derechos que garantiza la Constitución, salgan de esa situación. Pero además no de una manera asistencial, que el esquema no sea regalarles alimentos, sino que puedan salir habilitados en sus derechos y por su propio esfuerzo.

Es un esfuerzo de innovación importante en la forma de administración pública y en los Programas de Desarrollo Social; primero en reconocer un problema que teníamos y que no estaba en la Agenda Pública, por ejemplo en México no se hablaba de hambre, hubo muchas voces de Gobiernos y de fuerzas políticas que decían: “En México no hay hambre, lo que se quiere hacer es demagogia y por eso se está planteando”. Pero hay 7 millones de mexicanos, según la estadística de INEGI-CONVAL, que están en situación de pobreza extrema con carencia alimentaria.

Estamos entonces en la situación de un sistema de exclusión, estos 7 millones de mexicanos que tenemos excluidos del desarrollo y el progreso no es un tema casual, es un tema sobre cómo el país ha distribuido sus recursos y como de alguna manera ha premiado o castigado a algunos sectores. Entonces hay 7 millones de mexicanos que quedan fuera. La

inercia es realmente terrible, porque tenemos que cambiar la forma en la que distribuimos los recursos públicos y el acceso a los derechos que nos garantiza el país.

Como pueden ver en la siguiente gráfica, la barra de la izquierda son las personas que no tienen ninguno de sus derechos ejercidos en el país, mientras que la barra extrema de la derecha son las personas que no tienen ninguna carencia en sus derechos. El porcentaje rojo, son las personas que tienen ingresos por debajo de la línea de bienestar mínimo, es decir, ingresos por debajo de \$1,243 al mes. Es muy claro que quienes tienen garantizados sus derechos de vivienda, de servicios básicos, de salud, de seguridad social y de educación, tienen posibilidad de tener ingresos mejores.

Las personas en el extremo izquierdo que tienen ningún derecho ejercido, su porcentaje de ingreso por debajo de la línea de bienestar es muy alto, entonces hay una correspondencia entre tener los derechos sociales y la posibilidad de generar ingresos, por eso la Cruzada está planteada en esos términos importantes.

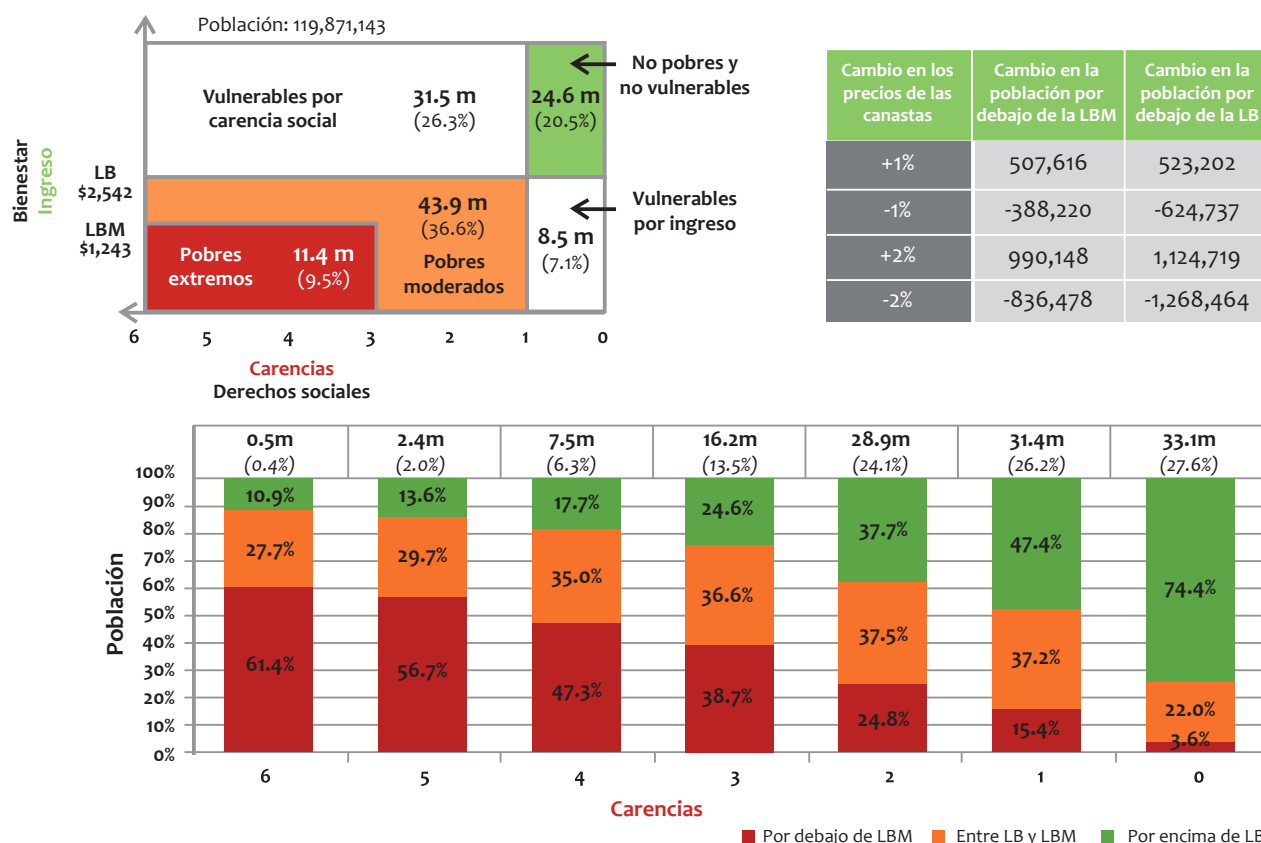
En este tema que se plantea, el vértice principal que se ha pedido a las dependencias, ya que la Cruzada es un esquema de coordinación de las dependencias, primero fue el lograr identificar para poder focalizar bien los recursos en estas personas, lo que nos entregó al inicio la administración del INEGI fue un

cálculo estadístico de la existencia de 7 millones de personas, sin embargo no teníamos los nombres y no sabíamos quiénes eran.

En el tema de los recursos públicos, un lastre importante es cómo estos recursos ya están cooptados por distintos sectores, cuando se habla entonces de destinar recursos a las personas que están en pobreza extrema, significa necesariamente quitarle a otras personas que, o bien tienen esos recursos, tienen otros programas que no deberían ser tan importantes, o bien no han pagado sus impuestos y entonces no se aumenta la posibilidad de ampliar los recursos. Un ejercicio que hicimos fue realizar un censo y visitar casa por casa los lugares más extremos, pudimos visitar 30 mil localidades que nunca antes habían sido visitadas y hoy tenemos un padrón identificado de 6 millones 600 mil personas de estos 7 millones.

Hoy el ejercicio con las dependencias es tener que focalizar los recursos en esta población, en estos niños y adultos, porque es necesario concentrar los incentivos y apoyos en las zonas de mayor pobreza en el tema de educación. Donde además se presenten los índices más altos de reprobación, deserción e inasistencia. Un ejemplo interesante es el Programa PROSPERA, que es el de transferencias económicas a las familias, excluía de las becas a los niños de las comunidades más marginadas por el hecho de habitar comunidades donde el Gobierno

1. Diagnóstico: Población por indicador de pobreza



mexicano no había podido poner una clínica; entonces la condición de PROSPERA para darles la beca que consiste en asistir a la clínica y a la escuela, no la podían cumplir, no por una deficiencia de ellos sino del Estado Mexicano.

En este caso hemos hecho 2 cosas importantes, primero pedirle a la Secretaría de Salud como parte de la Cruzada contra el hambre, que llegue a esas comunidades que estamos planteando para que sea posible que los niños cumplan su condicionalidad. Y segundo, en caso que la Secretaría de Salud no pueda hacerlo por circunstancias que nos señalen, quitar la condicionalidad y otorgar las becas educativas. Este proceso de la reforma de las reglas de operación está vigente y para el 2016 la coordinación de PROSPERA tendrá que avanzar para darles la beca a esos niños porque es una exclusión terrible.

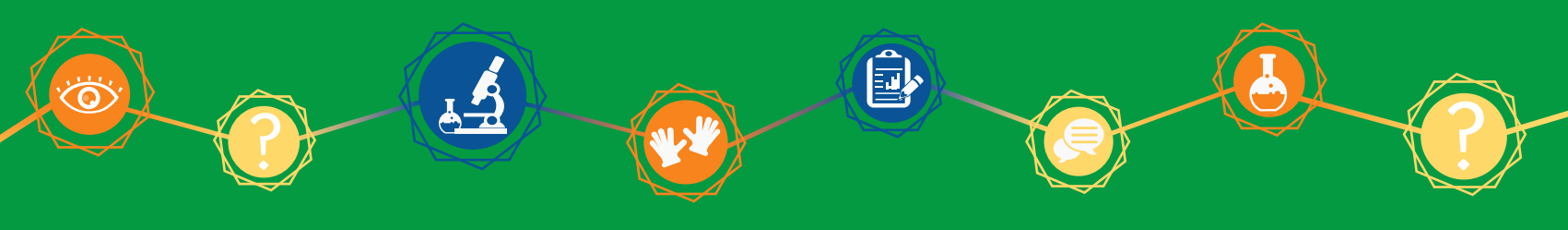
La tabla siguiente muestra nuestro porcentaje del número de personas en pobreza extrema con carencia alimentaria que tenemos identificados con nombres, que están en situación de rezago educativo. Como se aprecia en la gráfica son casi 2 millones. En una parte fundamental se encuentra el caso de los adultos mayores, en todo el país, no solo en pobreza extrema, hay 5 millones y medio de adultos mayores de 65 años en

situación de rezago educativo, en concreto, no tienen su certificado de Primaria. El nivel de avance al año es de 12 mil, esto es un cuarto de punto porcentual, si avanzáramos a este ritmo encontraríamos que en 400 años podríamos abatir ese rezago.

Como parte de la Cruzada lo que se ha planteado es modificar el modelo actual, insisto, la Cruzada es un esquema de coordinación interinstitucional, entonces nos

POBLACIÓN EN SITUACIÓN DE POBREZA EXTREMA CON REZAGO EDUCATIVO (PEA)	
Grupo poblacional	Número de personas
Niños (0-11 años)	252,126
Jóvenes (12-29 años)	561,386
Adultos (30-64 años)	897,251
Adultos mayores (65 años)	223,282
Total	1,934,045

Fuente: Dirección General de Geoestadística y Padrones de Beneficiarios. Dirección General Adjunta de Estadística. SIFODE ACTUALIZADO 09 SEPTIEMBRE 2015



hemos sentado en grupos de trabajo para abordar este tema. Sí nos importan los 221 mil pero necesariamente la solución tendrá que ser aplicada al resto de los 5 millones 300 mil adultos mayores.

Hay dos líneas importantes: uno es la accesibilidad; la posibilidad del INEA (*Instituto Nacional para la Educación de los Adultos*) de llegar a estos 5.5 millones de habitantes es menor, necesariamente los programas de pensiones de adultos mayores de SEDESOL, donde existen 5 millones de personas que reciben el apoyo, deberán asumir la responsabilidad para que los adultos mayores con quienes tienen contacto, inicien un proceso de certificación de la Primaria; de la misma manera deberán hacerlo también el INAPAM

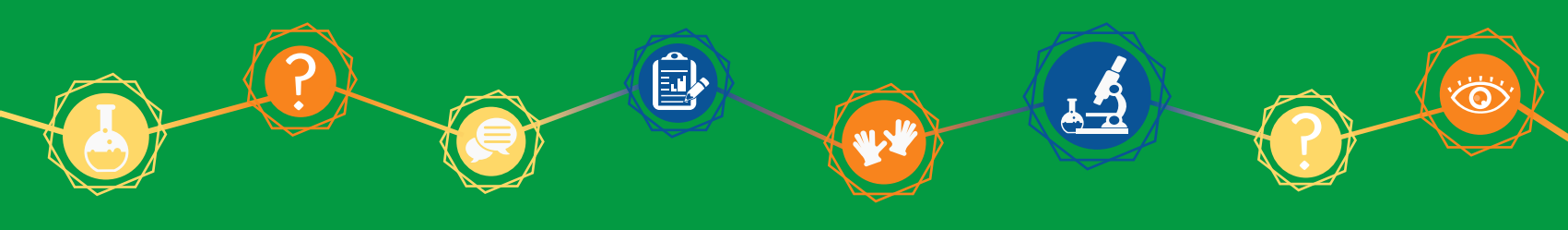
(*Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores*), el ISSSTE (*Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado*), el IMSS (*Instituto Mexicano del Seguro Social*).

Todas las Dependencias debemos asumir como responsabilidad abatir este rezago y no solamente un esquema en donde un instituto con recursos limitados lo toma. Hoy ya hemos visto como DICONSA en las tiendas, LICONSA en las lecherías y PROSPERA con los adultos que recibe, nos integraremos a un esquema de operación para practicar exámenes, poner lugares, vincular personas e incorporar personas al trabajo.

La segunda línea importante es el modelo mismo, es decir, qué

enseñamos a estos adultos mayores que les sea útil y atractivo, porque un primer mensaje es que solamente 12 mil adultos al año terminan el proceso, por lo que dicho en términos de lógica educativa, no estamos proponiéndoles contenidos que les sean útiles, importantes y significativos, y por lo cual se alejan o no se incorporan a este proceso. El INEA está trabajando para incorporar un nuevo modelo donde apunte información útil, para que a los adultos mayores les sea interesante este trabajo.

En conjunto, el Gobierno mexicano para este sector necesita focalizar los recursos en la población que lo requiere, no en una lógica clientelar que lo lleve a tener muchas ovaciones porque al



final no estamos seguros que esa población que nos aplauda, que vaya a los eventos o que concurra a otro tipo de manifestaciones, sea necesariamente a la que tenemos que llegar. Un gran avance hoy, es la identificación que tenemos y que le estamos dando seguimiento persona a persona, pero necesitamos continuar modificando todas las reglas de operación de los programas para dar incentivos especializados en avanzar.

Les comento un ejemplo más: SEDESOL cuenta con un programa de estancias infantiles donde los niños hasta los 4 años se les recibe en casas de las mismas colonias y SEDESOL les brinda un apoyo a las personas encargadas por cada niño que atienden. Lo curioso que encontramos en esas reglas de operación es que los niños entre 3 y 4 años no reciben educación preescolar en esas estancias. Entonces SEDESOL apoyaba para que un niño no reciba esa educación, y al final se estaría pagando para que el niño continúe en una situación de rezago educativo. Estas modificaciones a la inercia presupuestal, a la inercia de programas, son en los que la Cruzada ha puesto énfasis en cambiar para focalizar la inversión en estos sectores.

Termino señalando los retos que deben ser mutuos, los retos del Gobierno los tenemos identificados en temas de modificación de las reglas de operación, de programas, mejor focalización y coordinación interinstitucional. Hay temas en estas comunidades que no solamente son rurales, un 60%

de los 70 millones habitan en las zonas urbanas, y necesariamente tienen que ver con un trabajo de innovación y educación. Uno de los temas en el campo productivo para tener mejores ingresos es que se mejore la actividad a la que se está dedicando, que se realice otra actividad o combinar una más a la actividad que se esté desarrollando.

En todas estas zonas urbanas y rurales de pobreza, es necesario un trabajo permanente de reflexión, análisis y desarrollo productivo con sustentabilidad. Este es un tema que atraviesa lo cultural y la formación de innovación en esos lugares. Otro tema es también el de la salud, que es fundamental en estas zonas y tiene que ver con la información con la que se cuenta y con las soluciones que se den a los problemas específicos de esta zona; soluciones que van vinculadas al combate de la contaminación, al tratamiento de los desechos, al desperdicio y este es un renglón importante entre sociedad

e instituciones de educación que se debe ir resolviendo.

Finalmente en el tema de los servicios básicos, las soluciones a la dotación de agua, de electrificación y al saneamiento, es un tema que habrá que encontrar junto con los pobladores las soluciones específicas a las circunstancias de hábitat donde se han instalado, donde han llegado o a donde los ha orillado la sociedad y que no necesariamente son las mejores condiciones para resolver estos temas.

Concluyo diciéndoles que el trabajo de reforma del Estado, sobre cómo ha venido aplicando sus estrategias de desarrollo social, es necesario se focalice, coordine interinstitucionalmente y sobre todo se asuman los problemas que se tiene para reformar la manera en que se ha trabajado hasta ahora.*



* Transcripción de su participación



PANEL I

LA EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA:
CAMBIANDO LOS PARADIGMAS PARA LA
EDUCACIÓN EN EL SIGLO XXI

Conferencista:

Wynne Harlen

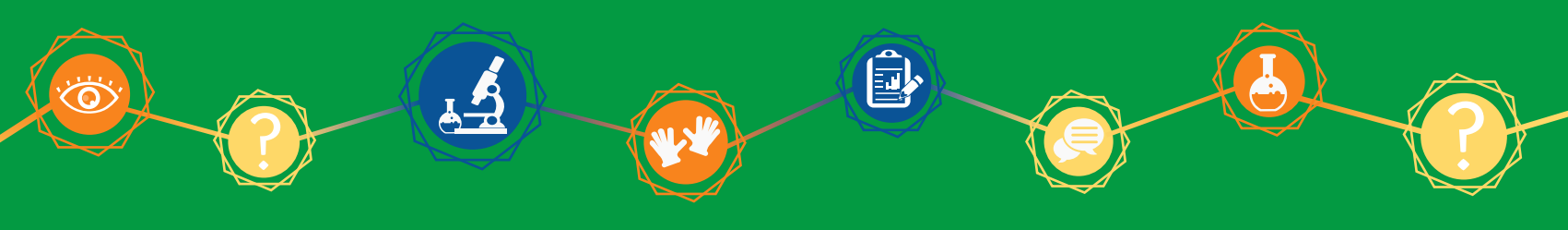
Panelistas:

Yves Quéré

Katherine Blanchard

Moderadora:

Sylvia Schmelkes



Conferencista:

WYNNE HARLEN
Universidad de Bristol

ENFRENTAR LOS RETOS DE IMPLEMENTAR LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN (ECBI)

Después de casi dos décadas de esfuerzo por diseminar la práctica de aprender ciencia a través de la indagación, estamos muy al tanto de los retos que involucra. Nuestra determinación al enfrentar dichos retos se basa en la convicción de que la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (ECBI) tiene el potencial de dirigir a la comprensión, las competencias y las actitudes científicas necesarias para todos en sociedades cada vez más tecnologizadas. Tener una comprensión básica de las ideas científicas centrales y de cómo se genera el conocimiento científico, nos beneficia a todos como individuos y como miembros de una sociedad.

La convicción de que ECBI es la mejor manera de ayudar a que se genere esta comprensión, está sustentada tanto por argumentos basados en la investigación acerca de cómo aprende la gente y cómo fomentar tal aprendizaje, así como

por un acervo creciente de evidencia empírica. Conforme entendemos mejor el proceso del aprendizaje, incluyendo los cambios que tienen lugar en el cerebro cuando tiene lugar dicho proceso, y desarrollamos maneras más adecuadas de evaluar la comprensión y las habilidades, se fortalece la causa del aprendizaje a través de la indagación. Para apoyar esta afirmación observaremos brevemente la indagación, tanto en teoría como en la práctica.

Un modelo para desarrollar la comprensión a través de la indagación

La indagación conlleva una visión constructivista del aprendizaje, donde los estudiantes adquieren comprensión a partir de sus propias acciones, ideas y razonamiento. El proceso comienza cuando los estudiantes tratan de entender experiencias nuevas o de responder preguntas acerca de cómo funcionan las cosas. Lo primero que hacemos todos en tales

circunstancias, es partir de ideas que ya tenemos y formar una hipótesis que una de nuestras ideas previas pueda explicar o responder, como se muestra en la Figura 1.

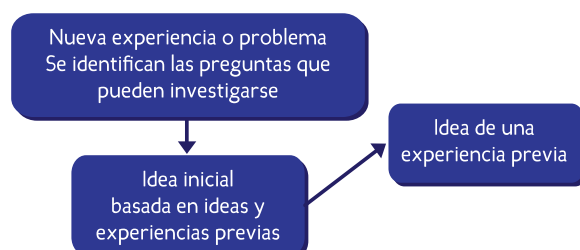


Figura 1: Vincular una idea previa para explicar una experiencia nueva

Al trabajar de manera científica, los estudiantes pueden observar qué tan útiles la idea previa que seleccionaron, haciendo una predicción a partir de la hipótesis. Para saber si la predicción es acertada, se recolectan datos nuevos acerca del fenómeno o problema, que después se analizan y utilizan como evidencia que puede compararse con la predicción. Esta

es la secuencia “predicción --> planear y realizar una investigación --> interpretar datos” que aparece en la Figura 2. Es conveniente hacer y poner a prueba más de una predicción, de manera que la secuencia puede repetirse varias veces.

La Figura 3 completa el proceso de construcción de la comprensión de una forma científica a través de la recopilación de evidencia para poner a prueba explicaciones posibles y las ideas que hay detrás de tales explicaciones. A partir de los resultados de poner a prueba varias predicciones, puede formularse una conclusión tentativa acerca de la idea inicial. Si la explicación es satisfactoria, no sólo se confirma la idea previa sino que se vuelve más poderosa (“más grande”), porque puede aplicarse a otros fenómenos. Aún si no “funciona” y es necesario plantear una idea alternativa (una de las ideas alternativas que aparecen en la Figura 3), la experiencia ayuda a afinar la idea. Saber qué no funciona es tan importante como saber qué sí funciona (Harlen, 2015).

Repetir el ciclo de procesos que aparece en la Figura 3 conforme surgen preguntas nuevas al aumentar la experiencia de los estudiantes, las ideas emergentes se amplían gradualmente de manera que aplican a objetos o situaciones distintos. De esta manera, a través de la indagación los estudiantes aprenden algo sobre un tema determinado, pero también desarrollan una comprensión de fenómenos similares relacionando experiencias previas y nuevas, y esto último es más importante.

La indagación en la práctica

Cuando los estudiantes se involucran en la indagación, trabajan con preguntas o problemas que han identificado como importantes para ellos, pero que aún no pueden explicar. Según la naturaleza de la pregunta, al tratar de responderla o de entender un fenómeno, los estudiantes estarán involucrados en algunas o todas las prácticas determinadas por las flechas en la Figura 3, es decir:

- Hacer predicciones a partir de las ideas previas

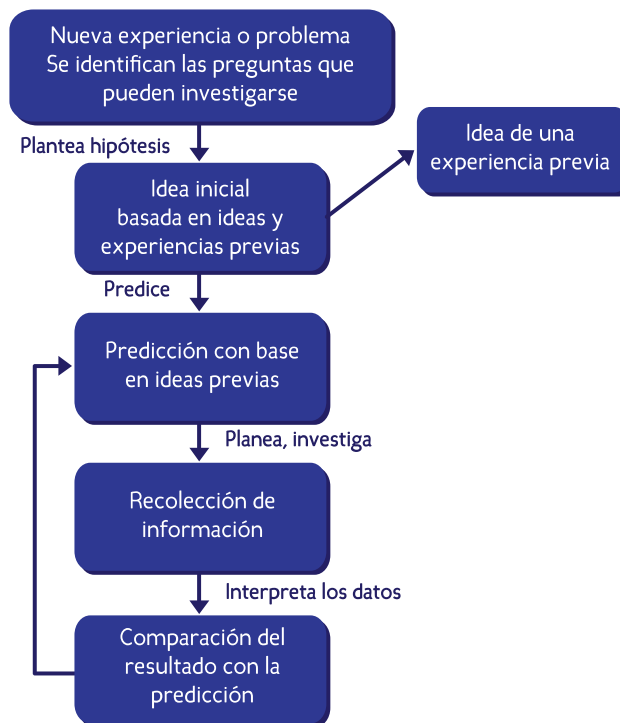


Figura 2: Poner a prueba la predicción

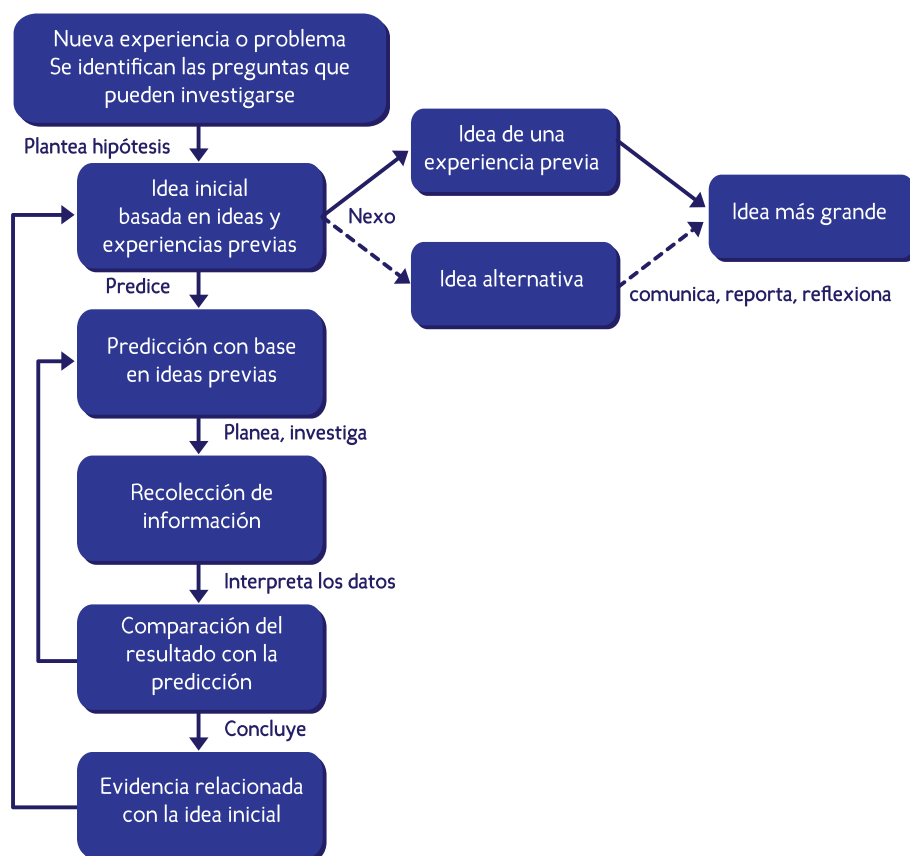
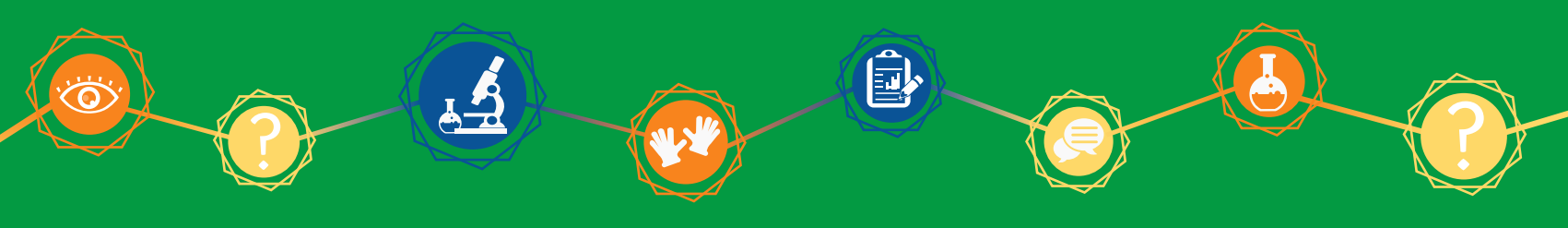


Figura 3: Un modelo del proceso de indagación (Figura 2 de Trabajando con las grandes ideas de la Educación en Ciencias, 2015)



- Participar en la planeación y realización de una investigación para poner a prueba sus predicciones
- Recopilar datos de las fuentes adecuadas, incluyendo la medición y el uso de fuentes de información de segunda mano
- Interpretar sus resultados comparándolos con sus predicciones
- Llegar a conclusiones acerca de la pregunta o problema iniciales
- Proponer explicaciones para sus resultados
- Trabajar en colaboración con otros, compartiendo y discutiendo las ideas de otros

Trabajar de esta manera proporciona beneficios a los estudiantes, que no podrían adquirir de otra forma. Tales como:

- Alegría y satisfacción al descubrir por sí mismos algo que querían saber
- Constatar ellos mismos lo que funciona, en vez de que otros se los digan
- Satisfacer y al mismo tiempo estimular una curiosidad por el mundo que los rodea
- Desarrollar progresivamente ideas más poderosas acerca del mundo
- Desarrollar las habilidades necesarias en la indagación científica participando en ella
- Entender que aprender ciencia involucra discutir y trabajar con otros, aprender de otros directamente o a través de material escrito
- Comprender la ciencia como un producto del trabajo y razonamiento humano

Para que los estudiantes obtengan esos beneficios, existen requerimientos para el profesor. No sólo debe proporcionar materiales, equipamiento y otros

recursos, organizar el espacio y el tiempo para que los estudiantes puedan realizar investigaciones y alentar a los estudiantes para que colaboren, discutan y se comuniquen; hay aspectos específicos de la práctica docente que resultan necesarios para fomentar el aprendizaje a través de la indagación. Algunos de ellos son:

- Hacer preguntas adecuadas para que los estudiantes expresen sus ideas previas
- Alentar a los estudiantes para que hagan preguntas
- Ayudar a que formulen claramente sus ideas
- Pedir que hagan predicciones
- Asegurarse de que los estudiantes participen en la planeación de investigaciones, con el apoyo correspondiente
- Proporcionar una estructura adecuada para que los estudiantes puedan registrar y revisar sus descubrimientos
- Hacer que los estudiantes comparen sus descubrimientos con lo predicho o esperado, así como con los descubrimientos de otros
- Impulsar a los estudiantes para que saquen conclusiones y traten de explicar sus descubrimientos
- Dar tiempo para que reflexionen en lo que han encontrado y lo que han hecho

Además, como veremos al discutir la evaluación formativa, los profesores ayudan a los estudiantes a comprender los objetivos de su trabajo, brindan retroalimentación que los encaminen hacia dichas metas y les permiten participar en la autoevaluación.

El reto del cambio

En cuanto empezamos a describir la indagación y lo que significa para la experiencia de los estudiantes y la práctica de los docentes,

resulta evidente que toma tiempo y requiere habilidades pedagógicas significativamente diferentes a las utilizadas en una clase de ciencias tradicional. Es necesario hacer cambios considerables.

Modificar los patrones de las prácticas y las experiencias de los estudiantes debe considerar la interacción entre los tres aspectos principales de la experiencia estudiantil: pedagogía, currículo y evaluación (Figura 4). Tales interacciones, indicadas por las flechas, indican un fenómeno bien conocido: lo que enseñamos está influido por cómo enseñamos, qué y cómo evaluamos influye tanto en qué y cómo enseñamos. Estas interacciones son importantes, pues no tiene sentido tratar de aplicar la enseñanza basada en la indagación si existe un sistema de evaluación sumativa dominante (sea mediante exámenes o por juicios del profesor) o un currículo sobresaturado de contenido. Tampoco podemos esperar que los estudiantes desarrollen responsabilidad por su propio aprendizaje continuo si la enseñanza no da tiempo para la reflexión ni lugar para la creatividad y perciben el contenido del currículo alejado de sus intereses y experiencia.

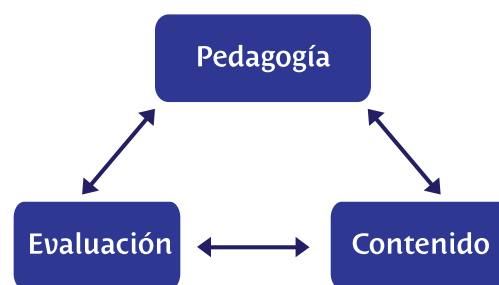
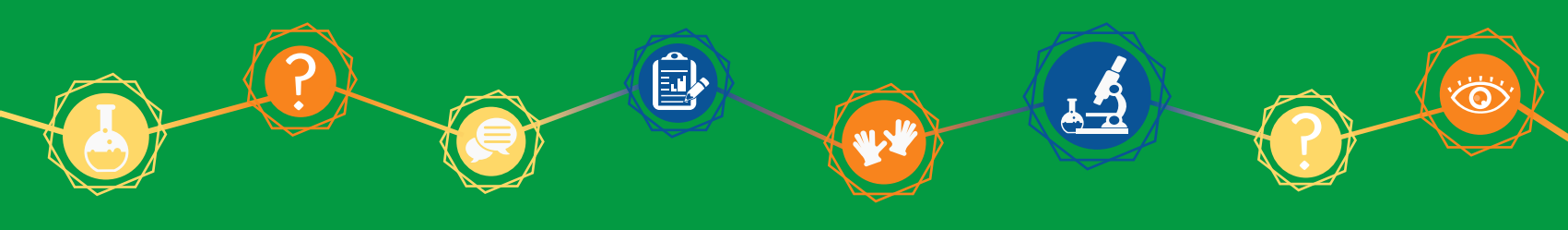


Figura 4



Por supuesto que hay muchos otros factores que influyen en la experiencia escolar de los estudiantes (desde el conocimiento del profesor acerca de un tema determinado hasta el tamaño del grupo), pero lo más que podemos hacer es reconocer dicha influencia mientras nos enfocamos en el impacto del currículo y la evaluación de la pedagogía basada en la indagación.

En muchos países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo, encontramos obstáculos para implementar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación debido al currículo y a los procedimientos para evaluar a los estudiantes:

- Un currículo sobresaturado y demasiado específico, expresado como una serie de teorías y hechos los cuales no son percibidos por los estudiantes o profesores como relevantes para los intereses y experiencias de los estudiantes
- Evaluación basada en exámenes frecuentes, los cuales se enfocan al conocimiento de hechos específicos, lo que provoca la enseñanza de hechos sin relación entre sí y obstaculiza el aprendizaje basado en la indagación.

Como resultado, los estudiantes perciben la ciencia como una serie de hechos aislados que deben ser aprendidos para aprobar los exámenes. Los cambios necesarios en estos dos aspectos se consideran en las siguientes secciones.

Contenido del currículo

Como ya hicimos notar, la indagación proporciona la oportunidad para aprender con comprensión, pero

requiere tiempo. Por eso es esencial dedicar tiempo valioso al aprendizaje de las ideas científicas más importantes. Estas ideas son las necesarias que todos debemos manejar en un mundo de cambios constantes, por ejemplo, el uso de la tecnología digital en la vida cotidiana, el mundo laboral, la globalización y para entender asuntos como el cambio climático, la salud, la nutrición y el crecimiento demográfico (ver Harlen, 2015, *Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias*, Sección 1).

Parte de la solución al problema de un currículo sobresaturado, es concebir las metas de la educación en ciencias no en términos del conocimiento de una serie de datos y teorías, sino como una progresión hacia ideas clave, descritas como “grandes” ideas porque explican una serie de fenómenos relacionados. Ésta fue la conclusión del grupo internacional de científicos, ingenieros y educadores en ciencias que consideraron este problema con cuidado (Harlen, 2010, 2015). Para decidir cuáles serían esas ideas, el grupo adoptó un criterio según el cual las grandes ideas deben:

- Tener el poder de explicar una gran cantidad de objetos, sucesos y fenómenos que formen parte de la vida de los estudiantes, tanto durante el período escolar como después de haberlo terminado.
- Proporcionar una base para entender temas (como el uso adecuado de la energía) que involucren la toma de decisiones que pueden afectar el medio ambiente, así como la salud y el bienestar de los estudiantes y de otras personas.
- Generar alegría y satisfacción al permitir responder o encontrar

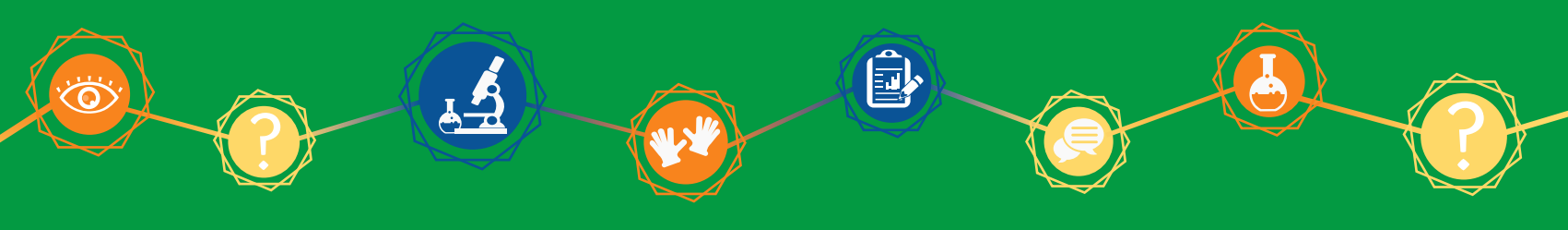
respuestas a varias preguntas que las personas se hacen sobre sí mismas y sobre el mundo natural.

- Ser significativas desde el punto de vista cultural (por ejemplo, al afectar el punto de vista sobre la condición humana) al reflejar los logros relevantes en la historia de la ciencia, la motivación para estudiar ciencias naturales y el impacto de la actividad humana en el medio ambiente.

Hay muchas ideas que satisfacen dichos criterios, y el grupo no afirma que su selección de diez ideas de la ciencia y cuatro ideas acerca de la ciencia sea absoluta. Como sucede con cualquier selección, depende del juicio informado y la experiencia del grupo que la hace. Sin embargo, se consideró importante que la cantidad de ideas seleccionadas fuera pequeña, y que se expresaran como una progresión de ideas cambiantes a lo largo de la experiencia escolar de los estudiantes. A continuación present los títulos breves de las ideas que fueron seleccionadas que cumplen con los criterios mencionados arriba y son consistentes con los principios establecidos en la Sección 2 de *Trabajando con las Grandes ideas de la Educación en Ciencias*:

Ideas de la ciencia:

1. Toda la materia en el Universo está compuesta por partículas muy pequeñas.
2. Los objetos pueden afectar a otros objetos a distancia.
3. El cambio de movimiento de un objeto requiere que una fuerza neta actúe sobre él.
4. La cantidad total de energía en el Universo siempre es la misma pero durante un suceso puede transferirse de un depósito de energía a otro.



5. La composición de la Tierra y de la atmósfera y los fenómenos que ocurren en ellas le dan forma a la superficie terrestre y determinan el clima del planeta.

6. Nuestro Sistema Solar constituye una pequeña parte de una entre miles de millones de galaxias en el Universo

7. Los organismos están constituidos por células y tienen una vida finita.

8. Los organismos necesitan un suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos.

9. La información genética se transmite de una generación de organismos a otra.

10. La diversidad de organismos, tanto vivos como extintos, proviene de la evolución.

Ideas **acerca de** la ciencia:

11. La ciencia busca encontrar la causa o las causas de los fenómenos en el mundo natural.

12. Las explicaciones, teorías y modelos científicos son aquellos que mejor dan cuenta de las evidencias disponibles en un momento dado.

13. El conocimiento producido por la ciencia se utiliza en ingeniería y tecnologías para crear productos que sirven a propósitos humanos.

14. Las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicaciones éticas, sociales, económicas y políticas.

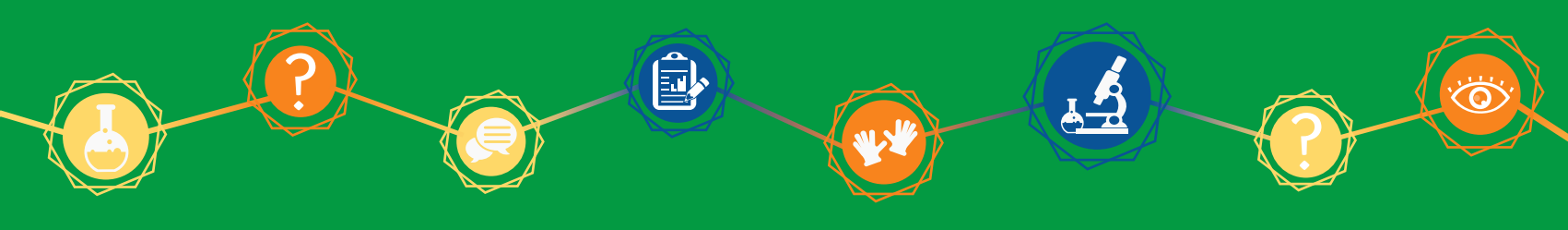
Por supuesto que estos enunciados son sólo los títulos de ideas complejas que no pueden enseñarse de manera directa. Son la culminación de un proceso gradual y progresivo que continúa a través de la educación formal y más allá. Para describir este proceso sin imponer una jerarquía de conceptos rígida, se proporciona una narrativa (una descripción en prosa) de las ideas pequeñas que componen esa gran idea. La narrativa proporciona algunas ideas adicionales que se generan en la progresión de las ideas iniciales hasta aquellas más amplias y abstractas que permiten comprender objetos, fenómenos y relaciones en el mundo natural (ideas 1-10), así como comprender las ideas acerca de la ciencia (ideas 11-14).

Debajo de cada título, siempre que sea posible, la narrativa comienza con las ideas pequeñas

y contextualizadas que los estudiantes de educación básica serán capaces de aprender a través de actividades y apoyo apropiados. Después siguen ideas que pueden ser desarrolladas por estudiantes en los primeros grados de secundaria, conforme aumenta su capacidad de pensamiento abstracto esto les permite establecer relaciones entre sucesos o fenómenos. A medida que la exploración del mundo natural se va ampliando en los últimos grados de la educación secundaria, una identificación más precisa de patrones y vínculos permite a los estudiantes entender las relaciones y los modelos que se pueden usar para entender una gran variedad de experiencias nuevas y previas..

La Figura 5 es un ejemplo de una narrativa, en este caso de la gran idea 8. La barra a lo largo del lado izquierdo, indica el rango general de las ideas apropiadas para las diferentes etapas escolares (descritas en términos de edad, porque entre países varían mucho las maneras en que se describen las etapas de la educación), aunque deliberadamente hemos traslapado los rangos, ya que no intentamos identificar límites inamovibles en lo que resulta apropiado para distintas edades.

Es importante permitir la diversidad en las rutas del desarrollo cognitivo individual de los estudiantes, así como la diferencia entre las ideas. Para algunas ideas, puede identificarse claramente un conjunto de pasos; para otras, la manera en que las ideas menores se acoplan se parece más a un rompecabezas que a una escalera. Lo importante es la dirección general del progreso hacia explicaciones útiles, construidas sobre la base de una comprensión sólida. Las ideas desarrolladas en cada etapa deben considerarse parte de este desarrollo continuo,



avanzando cada vez más hacia la gran idea, como sugiere el modelo de desarrollo de la comprensión expuesto en las figuras 1, 2 y 3.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La Figura 4 muestra la influencia de la evaluación, no sólo en lo que se enseña sino también en la manera como se enseña. Son bien conocidos los obstáculos que se presentan para implementar el aprendizaje basado en la indagación cuando la evaluación consiste principalmente en exámenes que requieren memorizar muchos datos concretos. Por lo tanto, en lugar de reiterar el impacto negativo de ese tipo de evaluación, consideremos la manera en que la evaluación puede apoyar la enseñanza y el aprendizaje a través de la indagación, así como el desarrollo de la comprensión de las grandes ideas.

La evaluación tiene dos propósitos principales:

- Proporcionar retroalimentación que ayude a los profesores a regular su enseñanza, y a los estudiantes a dirigir sus esfuerzos con mayor eficacia (evaluación formativa).
- Dar seguimiento al progreso de los estudiantes hacia las diversas metas de la educación en ciencias (evaluación sumativa).

Se trata de dos propósitos distintos pero de igual importancia para los que se utiliza la evaluación no son dos clases diferentes de evaluación. El uso que se hace de los datos acerca del aprendizaje es lo que hace que la información de la evaluación sea formativa o sumativa, no el tipo de datos ni cuándo o cómo se recopilan.

En la evaluación formativa, la información recolectada acerca de las ideas y habilidades de los estudiantes se utiliza para decidir la manera de ayudarles a alcanzar las metas de una lección o una serie de lecciones sobre un tema. La Figura 6 representa esto como

8 Los organismos necesitan un suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos

Los alimentos proporcionan a los organismos los materiales y la energía necesarios para realizar las funciones básicas de la vida y crecer. Las plantas verdes y algunas bacterias pueden utilizar la energía del Sol para generar moléculas alimenticias complejas. Los animales obtienen energía fragmentando las moléculas alimenticias complejas y dependen de las plantas verdes como fuente de energía. En cualquier ecosistema existe competencia entre las especies por los recursos energéticos y materiales que necesitan para vivir y reproducirse.

5-7
7-11
Todos los seres vivos necesitan alimento como fuente de energía además del aire, agua y ciertas condiciones de temperatura. Las plantas que contienen clorofila pueden usar la luz del sol para elaborar los alimentos que necesitan y almacenar lo que no usen inmediatamente. Los animales necesitan alimentos que puedan degradar y que obtienen directamente consumiendo plantas (herbívoros) o consumiendo otros animales (carnívoros) que a su vez han ingerido plantas u otros animales. A final de cuentas, los animales dependen de las plantas para sobrevivir. Las relaciones entre los organismos se pueden representar como cadenas alimentarias y redes tróficas.

Además de consumirlas como alimento, algunos animales dependen de las plantas para otras cosas. Por ejemplo, para refugio y, en el caso de los humanos, vestido y combustible. Las plantas a su vez, dependen de los animales de diversas maneras. Por ejemplo, muchas plantas que florecen dependen de los insectos para polinizarse y de otros animales para dispersar sus semillas.

11-14
Los organismos interdependientes que viven juntos en un ambiente con condiciones particulares forman un ecosistema. En un ecosistema estable se encuentran los productores de alimento (las plantas), los consumidores (los animales) y los descomponedores (las bacterias y hongos que se alimentan de los productos de desecho y de los organismos muertos). Los descomponedores producen materiales que ayudan a las plantas a crecer, de manera que se reutilizan las moléculas de los organismos constantemente. Al mismo tiempo, los recursos energéticos pasan a través del ecosistema. Cuando los organismos usan los alimentos para sus procesos de vida se disipa algo de energía en forma de calor, pero la reemplaza la radiación solar en el ecosistema que sirve para producir alimento vegetal.

En todo ecosistema existe competencia entre las especies por los recursos energéticos y los materiales necesarios para vivir. La persistencia de un ecosistema dependerá de que estos recursos energéticos y materiales estén continuamente disponibles. Las especies vegetales cuentan con adaptaciones para obtener el agua, luz, minerales y el espacio que necesitan para crecer y reproducirse en lugares caracterizados por sus condiciones climáticas, geológicas e hidrológicas. Si estas condiciones varían, las poblaciones vegetales pueden cambiar dando como resultado a su vez un cambio en las poblaciones animales.

14-17
La actividad humana que controla el crecimiento de ciertas plantas y animales cambia al ecosistema. La silvicultura que favorece el desarrollo de ciertos árboles sobre otros, elimina el alimento vegetal de ciertos animales reduciendo la diversidad de especies dependientes de estas plantas y de otros organismos en la cadena alimentaria. La agricultura moderna está diseñada para reducir la biodiversidad al crear condiciones apropiadas para ciertos animales y plantas con objeto de alimentar a la población humana. El uso extendido de pesticidas para preservar una clase de cultivo tiene efectos amplios sobre los insectos polinizadores de los que dependen muchas otras plantas. La actividad humana de esta clase crea un ecosistema simple y no natural que limita la biodiversidad dando lugar a la pérdida de paisajes y vida silvestre de valor cultural.

Figura 5: Narrativa para la gran idea 8

un proceso cíclico continuo, que involucra recopilar e interpretar evidencia para decidir los siguientes pasos más apropiados. Esto permite que los profesores brinden retroalimentación a los estudiantes acerca de cómo dar los siguientes pasos y proporciona información a los docentes que les permite ajustar el ritmo y los retos que ofrecen para que no sean demasiado avanzados ni demasiado sencillos para los estudiantes.

La evaluación formativa y el aprendizaje basado en la indagación se basan ambos en la misma visión del aprendizaje, que

enfatisa el papel de los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento. La evaluación formativa apoya el desarrollo de las ideas y habilidades involucradas en el aprendizaje a través de la indagación, y la investigación muestra que tiene un impacto positivo en el aprovechamiento de los estudiantes. Por ejemplo, en su reseña de la investigación referente a la evaluación en el aula, Black y William (1998) encontraron que implementar la evaluación formativa puede aumentar el nivel de aprovechamiento de los estudiantes más que otros factores. Además, aunque todos los estudiantes se ven

beneficiados, esto se acentúa en los que tienen mayor dificultad para aprender, de manera que se reduce la diferencia entre los estudiantes del grupo.

En contraste, la evaluación sumativa no está pensada para tener un impacto directo en el aprendizaje de manera inmediata. Sin embargo, puede ayudar de una manera indirecta, por ejemplo, proporciona un recuento de lo que se ha aprendido, que puede ser útil para los padres de familia y para los profesores de esos estudiantes en grados subsiguientes.

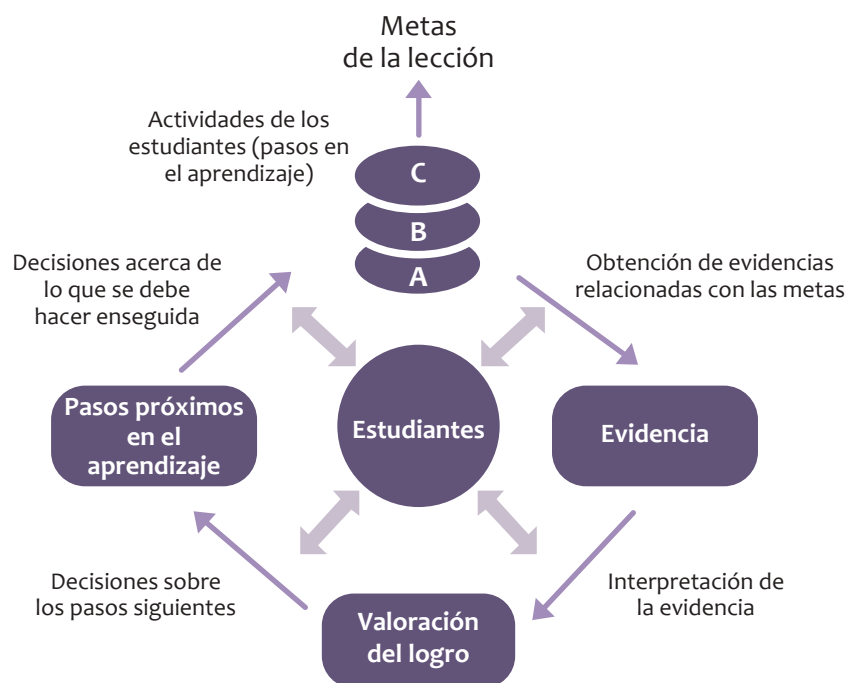


Figura 6: La evaluación formativa como un proceso cíclico

La evaluación sumativa difiere de la formativa en otros aspectos importantes. Proporciona un reporte del aprendizaje en momentos determinados, como al final de un curso o de una etapa de aprendizaje. Por lo tanto, se relaciona con el aprendizaje durante un periodo de tiempo extenso, como un año o un semestre; la evidencia del aprendizaje durante ese tiempo se juzga respecto a metas a largo plazo, no respecto a las metas de una lección particular o de un grupo de lecciones, como en el caso de la evaluación formativa. Entonces los resultados de la evaluación sumativa son usados de varias maneras, mientras que la evaluación formativa tiene un solo uso principal: ayudar al aprendizaje.

Hay varias maneras de recopilar evidencia del aprendizaje mediante la evaluación sumativa: mediante la realización de pruebas o exámenes; sintetizando observaciones y registros hechos durante el periodo de aprendizaje que se está reportando; creando un portafolio

de trabajos; incorporando tareas especiales en actividades regulares; realizando trabajos con apoyo de una computadora, o una combinación de lo anterior. En muchos casos se elige aplicar exámenes, argumentando que dan la misma oportunidad a todos los estudiantes para mostrar lo que pueden hacer. Sin embargo, pedir la misma tarea o hacer la misma pregunta no significa darle la misma oportunidad a todos los estudiantes. Además, es muy difícil hacer exámenes que midan las habilidades de indagación y la comprensión conceptual. Para una discusión a este respecto, se remite al lector a la publicación del IAP, *La evaluación y la educación científica basada en la indagación* (Assessment and Inquiry-Based Science Education, Harlen, 2013). En ese trabajo se estudian alternativas al uso de exámenes, en particular, el potencial de utilizar evidencia recolectada en la evaluación formativa para el propósito de la evaluación sumativa.

Utilizar evidencia formativa o evaluación sumativa

La evaluación sumativa válida de las habilidades de indagación y de la comprensión conceptual, requiere evidencia que es recolectada cuando los estudiantes se involucran en el proceso de indagación. Entonces las actividades científicas en el aula basadas en la indagación, proporcionan esta oportunidad de evaluar y, de hecho, los profesores se encuentran recolectando evidencia relevante respecto al aprendizaje para la evaluación formativa. La flecha que se añade a la Figura 6 para formar la Figura 7, sugiere que esto puede acumularse a través del tiempo y utilizarse para la evaluación sumativa. La evidencia acumulada, que puede guardarse en un portafolio de “mejores trabajos” o en un archivo de computadora, puede compararse con las metas a largo plazo que se hayan planteado previamente.

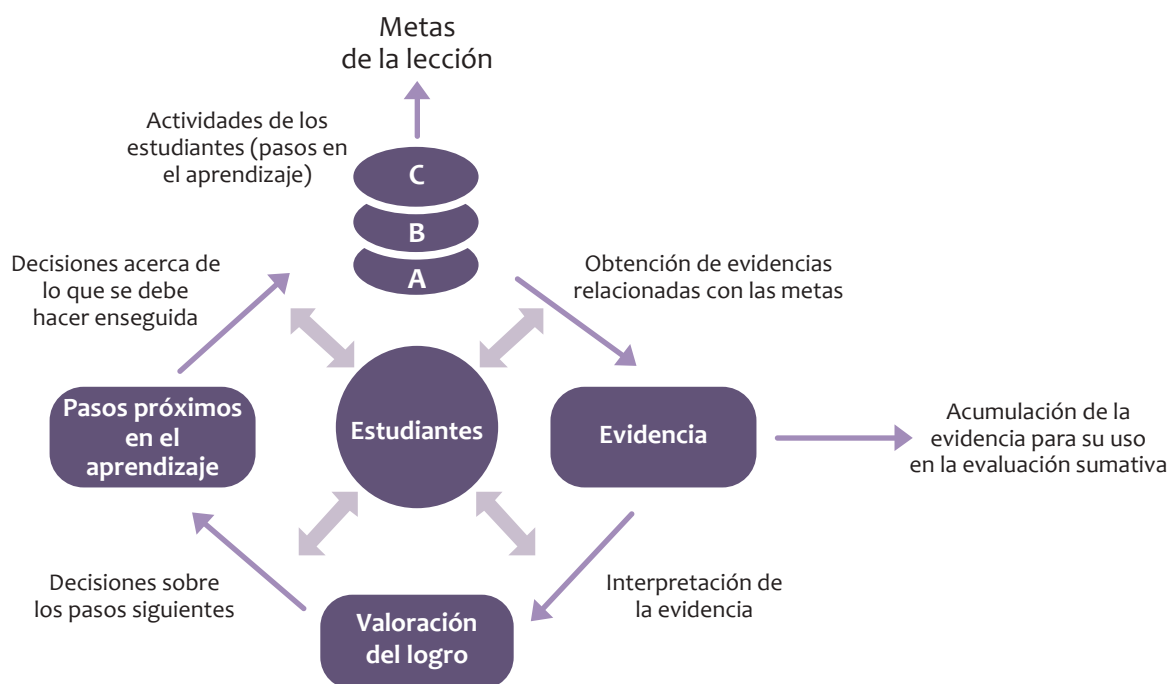
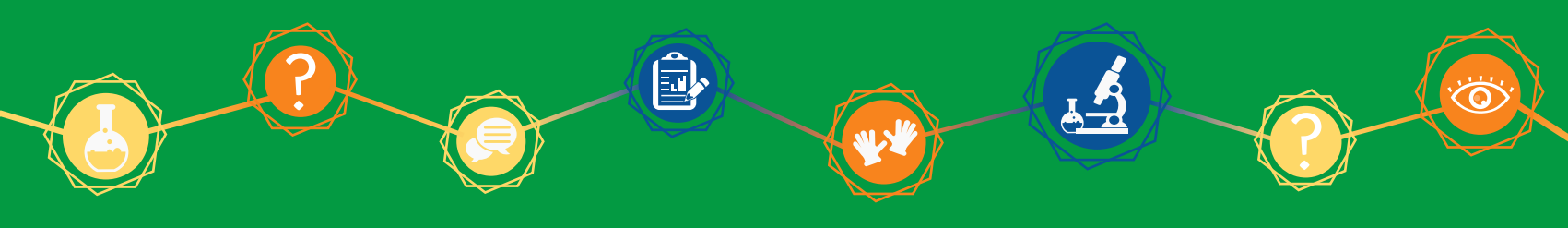


Figura 7: Acumular evidencia de la evaluación formativa

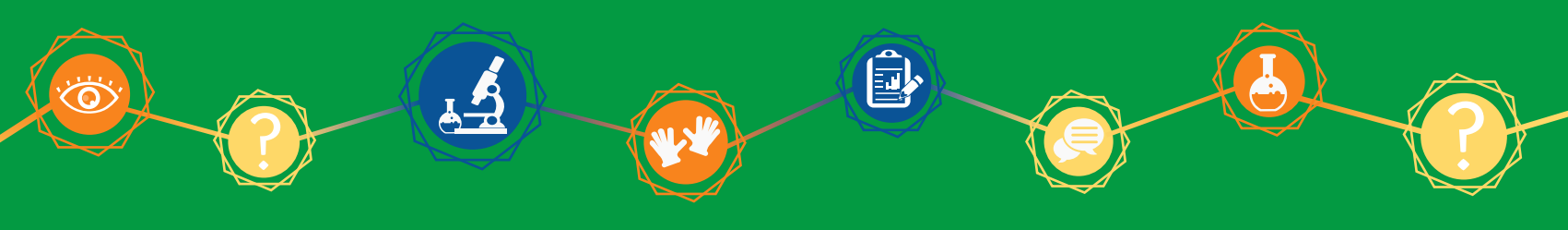
Hay ventajas claras en cuanto a la validez de los resultados al utilizar información recopilada durante las actividades regulares. Permite que se incluyan en la evaluación sumativa todas las habilidades e ideas desarrolladas durante el periodo que se está evaluando. En teoría, puede evaluarse todo el currículo, en lugar de enfocarse en las partes específicas incluidas en un examen. Además, los estudiantes

no experimentan la ansiedad que suele acompañar a los exámenes y afectar su resultado, reduciendo así su validez.

Sin embargo, es común la opinión de que el juicio del profesor conduce a resultados poco confiables. Eso puede ser cierto si no se toman medidas para asegurar la calidad. Sin embargo, hay varias formas efectivas para mejorar la confiabilidad de este

tipo de evaluación, de manera que supere a la de los exámenes (descritas en Harlen, 2013) y el hecho de que los profesores compartan su juicio acerca de la evidencia acumulada, es un proceso con un valor considerable para el desarrollo profesional en la práctica de evaluación.*

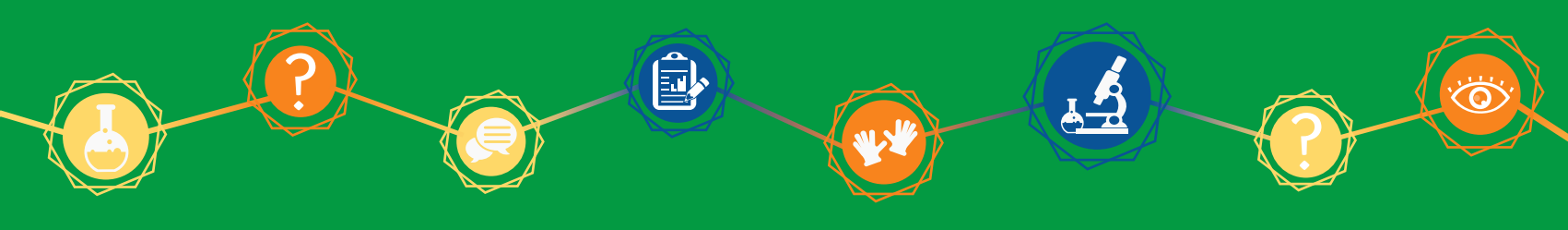
* Documento sobre su presentación



REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Harlen, W. (2013) *Assessment and Inquiry-based Science Education: Issues in Policy and Practice*, IAP Science Education Programme.
Disponible para bajarse de Internet en español, inglés y francés:
<http://www.interacademies.net/File.aspx?id=21245> (inglés)
<http://www.interacademies.net/Activities/Projects/12250/18276/22676.aspx> (francés)
<http://www.interacademies.net/ProjectsAndActivities/Projects/12250/18276/22678.aspx> (español)
- Harlen, W. (Ed) (2010) *Principles and Big ideas of Science Education* con contribuciones de Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell y Wei Yu. Publicado por Association for Science Education, 2010. ISBN 978 0 86357 4 313.
- Harlen, W. (Ed) (2015) *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste: IAP Science Education Programme. Disponible para bajarse de Internet en español, inglés y varios idiomas más.
<http://www.interacademies.net/publications/26703.aspx> (inglés)
<http://www.interacademies.net/Publications/27786.aspx> (español)
<http://www.interacademies.net/Publications/28119.aspx> (francés)
- Black, P. y Wiliam, D. (1998). *Assessment and classroom learning*, *Assessment in Education*, 5 (1) 7-74



Panelista:

YVES QUÉRÉ

Fundación *La main à la pâte*

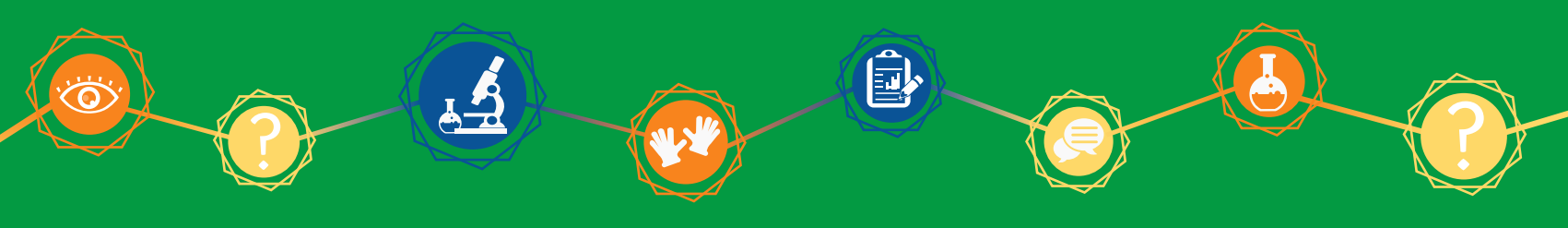
Es fácil predecir que durante el siglo XXI, todos los campos de la educación se verán cada vez más influidos, por no decir invadidos, por los procesos electrónicos. Esto abre una perspectiva muy positiva para diseminar conocimientos (y cultura, posiblemente) en un amplio sector de la población mundial. En esta “era digital”, es claro que se desarrollarán estrategias nuevas que multiplicarán las posibilidades y modificarán los procedimientos en el ámbito de la educación global.

Es posible que los beneficios sean enormes, pero hay un elemento importante que debe introducirse de manera inmediata en los debates acerca de la educación del futuro: existe el riesgo de una abstracción siempre creciente, de que las pantallas reemplacen poco a poco, no sólo el diálogo con un profesor “real”, su voz, sus convicciones, su pasión, su empatía, su sentido del humor... en breve, su densidad humana, sino también el contacto con la realidad de la naturaleza.

Las ciencias naturales están en la línea de batalla de este conflicto posible entre la naturaleza concreta del mundo y lo virtual de las imágenes (y los discursos) que supuestamente la representan. Paradójicamente, puede decirse que conforme se expande el aprendizaje utilizando medios electrónicos, mayor énfasis debe hacerse en enseñar a los niños la ciencia de una manera concreta, para equilibrar la posible, si no es que probable, expansión de una visión virtual de la naturaleza. Esto implica la necesidad de desarrollar tanto como sea posible la enseñanza de la ciencia de manera más concreta (cuando menos con los niños), como se ha hecho durante los últimos 20 años bajo los nombres “Hands-on” (“Actividades Prácticas”), “*La main à la pâte*” (lamap; “Las manos en la masa”), “Pequeños científicos”, “*Learning by doing*” (“Aprender haciendo”) y, de manera más general recientemente, “Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación” (ECBI).

Antes de describir **cómo** (Parte 2) debemos adentrar a los niños en la ciencia durante el siglo XXI (y los que lo precedieron), uno debe considerar **por qué** (Parte 1) deberíamos hacerlo; después (Parte 3) hay que mencionar algunos de los **ingredientes** que pueden contribuir, en un país dado, a la expansión de una renovación de la enseñanza de la ciencia, a partir del ejemplo de lo que se hizo en Francia (*Lamap*) bajo el liderazgo de **Georges Charpak**, Premio Nobel de Física en 1992; a continuación (Parte 4) debemos subrayar el consenso **mundial** en cuanto a la necesidad de que los niños conozcan la ciencia de manera concreta; finalmente (Parte 5), corresponde mencionar algunas de las **dificultades**, de los obstáculos posibles, que aparecen durante la difusión de ECBI prácticamente en cualquier lugar.

1. Hay una primera respuesta al **por qué**, que puede calificarse de lugar común: debemos familiarizar a los niños con el mundo que nos rodea tan pronto como sea posible. Cabe recordar la emocionante anécdota



de **Tilly Smith**, una niña de 10 años que vivía en Surrey, quien le salvó la vida a alrededor de 100 personas mientras estaba sentada en una playa de Tailandia, el fatídico 26 de diciembre de 2004. Al ver que el mar retrocedía, avisó a todos que debían retirarse. Ella sabía que se estaba acercando un tsunami porque lo había aprendido en la clase de ciencias, unos meses antes.

La segunda respuesta es aún más importante: se espera que la educación científica contribuya de manera significativa a formar, o a entrenar, nuestra mente.



i) Estimula, por un lado, la **curiosidad**, una palabra (procedente del latín *cura*) relacionada con la empatía mediante la cual “nos hacemos cargo” de lo que nos rodea, una palabra que por lo tanto tiene un matiz ecológico; por otro lado, estimula la **imaginación**: la facultad para crear *imágenes* de lo que no podemos ver.

ii) Nos hace tomar conciencia del difícil concepto de *verdad* en un mundo invadido por un relativismo rampante “*Tout est relatif! A chacun sa vérité!*” (“¡Todo es relativo! ¡Cada quien tiene su propia verdad!”).

iii) Al mismo tiempo, nos recuerda que no sabemos todo. El enunciado fundamental de la ciencia es “no sé” (a lo que tenemos que añadir “...pero me gustaría saber”), lo que implica cierta *modestia* en nuestro comportamiento y, posiblemente, despierte en el niño el deseo de averiguar y de convertirse en un científico.

iv) Mediante objetos simples adecuados para el efecto, muestra al niño el problema esencial de la **separación de los parámetros** en un problema complejo, como los que encontrará frecuentemente

durante su vida adulta (conflictos, clima...).

v) Finalmente, junto con la matemática, fomenta el pensamiento **lógico** y racional en nuestro cerebro y, en particular, en nuestro lenguaje.

2. En lo que se refiere al **cómo**, la respuesta es casi unánime: en la medida de lo posible, los niños deben aprender ciencia **realizando** experimentos científicos y no mirando un pizarrón, un libro ni una pantalla. De manera ideal, esto significa que el profesor organizará sus clases de acuerdo con la secuencia siguiente:

i) Empezar con la pregunta de algún niño acerca de algún objeto o fenómeno que haya encontrado pero que no conoce o no entiende.

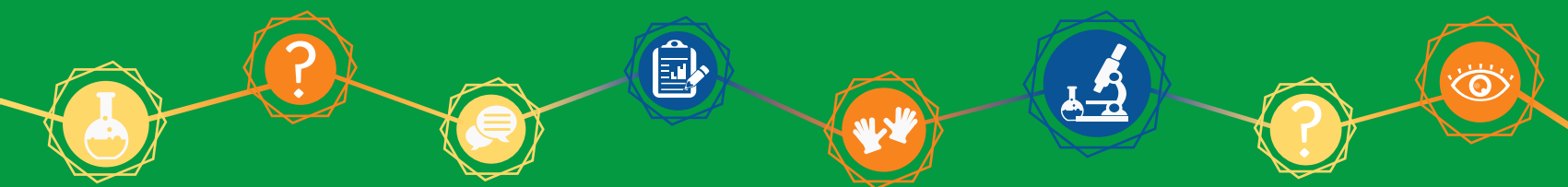
ii) Redirigir la pregunta a otro niño (“¿Cuál es tu opinión sobre esa pregunta? ¿Cuál sería tu respuesta?”), Incitando a los alumnos a que expresen sus hipótesis, y aceptándolas por muy ingenuas que sean.

iii) Implementar un experimento que sea sencillo y perfectamente

comprensible. Montarlo en mesas pequeñas donde los niños trabajen por equipos, utilizando tanto sus sentidos como su cerebro, tratando de interpretar los resultados como lo harían durante una investigación. De esta manera se obtendrá (en principio) la respuesta a la pregunta original.

iv) Para terminar, pero no carente de importancia, pedir a los estudiantes que escriban un recuento de la pequeña aventura manual e intelectual que acaban de vivir. Esto implica un esfuerzo por seleccionar las palabras correctas (no “árbol”, sino “ciprés”, “pino”, “abeto”...) y por construir oraciones bien formadas; fomenta la habilidad para hablar de manera correcta y comprensible, que probablemente sea el mejor regalo que la escuela pueda ofrecerles.

3. Por supuesto que esta manera de enseñar no es nueva. Sin embargo, *Lamap* introdujo algunos ingredientes muy útiles. A continuación presento algunos de ellos:



i) Un apoyo definitivo de la comunidad científica.

Esto quedó claro con el voto unánime (1996) de la Academia Francesa de Ciencias apoyando las ideas de *Lamap*. El resultado es tanto paradójico como esencial.

Podría parecer **paradójico** que esos viejos y famosos científicos (¡hay tan pocas mujeres en las academias de todo el mundo!) hayan tomado un repentino interés en los alumnos de jardín de niños, en lugar de mantenerse enfocados en la Gran Ciencia y/o Universidades. Sin embargo, **Georges** explica de manera convincente que debemos dirigirnos precisamente a los niños: a ellos es a quienes debemos persuadir, para siempre, de que valoren y respeten la ciencia; a ellos debemos mostrarles el rigor científico y la honestidad.

Al mismo tiempo, el resultado es **esencial** porque muestra el interés de la comunidad científica de alto nivel en la manera de enseñar ciencia a los niños. Esto es una novedad, aunque **Marie Curie** defendiera brillantemente la misma causa un siglo atrás, enseñando ciencia a algunos niños mediante la indagación (*Leçons de Marie Curie* [lecciones de Marie Curie], EDP Ed., 2003). Hoy día, hay cientos de científicos “de alto nivel”, así como miles de estudiantes universitarios e ingenieros retirados, que se dedican y se han dedicado, si bien no ha enseñar directamente a los niños, sí a apoyar a los profesores. Debemos agradecer a nuestros difuntos colegas y amigos **Jacques Friedel**, **Hubert Curien** y el Premio Nobel de Física **Pierre-Gilles de Gennes** por

sus esfuerzos para encausar la votación en la dirección correcta.

ii) La creación de una *página web* por parte de la *Academia*, dirigida a los profesores de todo el país, donde se proponen cientos de experimentos y explicaciones. También se pide a los usuarios que envíen sus propias ideas y comprensiones, para que sean diseminadas por el país (después de ser revisadas) con su firma, lo que equivale a una publicación, con traducciones parciales al árabe, al chino, al portugués, al español, al vietnamita...

iii) La creación de *centros piloto* en provincia, localizados en ciudades de tamaño mediano, desde los cuales se difunden los principios de *Lamap* por toda la región.

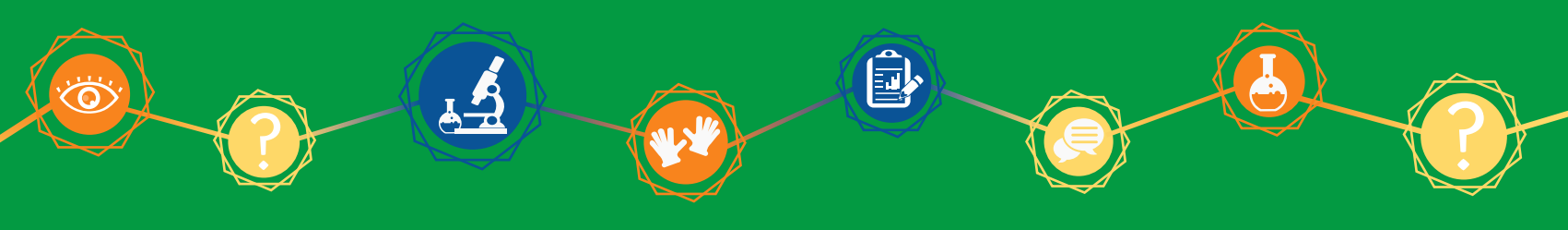
iv) Varias sesiones de entrenamiento para los docentes, haciendo mención especial a la *Fondation des Treilles* (originada por Schlumberger), que les ha dado la bienvenida. También la escritura de muchos libros, la mayoría de los cuales ha sido traducida a varias lenguas de manera gratuita.

v) La creación de un *premio* especial que otorga la Academia a las escuelas que hayan realizado lecciones de ciencia excelentes. Los premios se entregan en la *Academia* misma a profesores y alumnos, en presencia del Ministro de Educación. Se otorgan alrededor de diez premios cada año, y los niños (de entre cuatro y diez años de edad) se muestran felices de estar presentes en compañía de su profesor.

vi) De manera más reciente, la creación de la *Fundación Lamap* (www.fondation-lamap.org/), que reúne a unos 20 científicos y/o profesores de tiempo completo (director: **David Jasmin**) y está patrocinada por el Estado y por empresas privadas. La misión de la fundación es difundir los principios de *Lamap* en provincia a través de varias *Maisons pour la science* (Casas de ciencia), íntimamente relacionadas con el Ministerio de Educación. Estas casas, situadas en Estrasburgo, Orleans, Nancy, Burdeos, Rennes, Lille, Tolouse y Grenoble, organizan una gran cantidad de sesiones de entrenamiento para maestros de escuela. Se relacionan directamente con las universidades y las empresas locales.

4. De forma paralela, desde 1998 recibimos el invaluable regalo de la difusión internacional de dichas ideas. Siendo en ese tiempo secretario del exterior de la *Academia*, pude comparar nuestros problemas con los de otras academias y otros países. Inesperadamente, descubrí que en muchos casos la preocupación sobre la enseñanza de la ciencia, así como las premisas y los objetivos, eran idénticos a los nuestros. Se instauró así el *Inter Academy Panel* (Panel Interacadémico; IAP, ahora una asociación), que reúne academias de ciencias de todo el mundo. Sus presidentes han sido **Jorge Allende** de Chile, **Pierre Léna** de Francia y **Dato Lee Yee Chong** de Malasia. Yo fui vicepresidente de 2000 a 2006.

Esto marcó el inicio de una emocionante serie de encuentros, sesiones, conferencias, visitas a escuelas... Donde participaron países y regiones tan disímiles como



Australia, Camboya, Chile, China, países europeos, Japón, América Latina, Madagascar, Malasia, Mali, Sudáfrica, Togo, Túnez, Estados Unidos... de quienes recibimos por lo menos tanto como dimos y, de hecho, aún más. Estaba cobrando vida una suerte de “colegio invisible” a nivel mundial, con el nombre de ECBI (Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación), que apoya de manera casi unánime la forma de enseñar ciencia, facilitada por dos principios universales: por un lado, la naturaleza de la ciencia (sería muy difícil instaurar un “colegio” similar para gramática o historia), por otra parte, la naturaleza de los niños, cuya curiosidad es la misma en todos lados. Lo primero es obvio, lo segundo queda claro cuando uno visita escuelas en Colombia, Indonesia o Dinamarca: el deseo de los niños por aprender, la felicidad experimentada al entender algo, el ingenio, la apertura hacia la naturaleza y hacia la gente, son idénticos en cualquier lugar. También queda claro si organizamos una medición del radio terrestre siguiendo el método de Eratóstenes, el 21 de junio, con niños procedentes de unos 30 países distintos.

5. ¿Por qué, bajo estas condiciones favorables, no se está expandiendo ECBI más rápidamente a nivel global? ¿Por qué sigue estando, en muchos países, limitada a una cantidad relativamente pequeña de apóstoles entusiastas pero más o menos aislados? ¿Por qué en Francia sólo alrededor de 40% de los profesores ponen en práctica *La main à la pâte*, lo que significa que un 60% rechaza el método?

Si dejamos de lado la posición conservadora, comprensible si se quieren mantener aspectos positivos del pasado, la razón

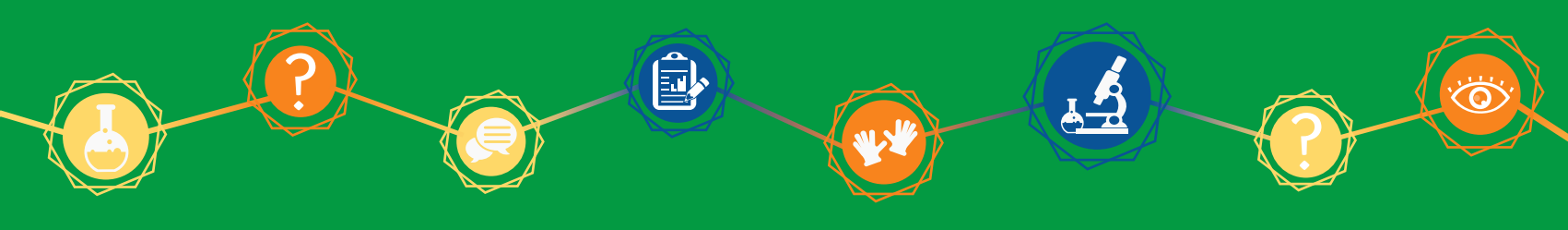
principal para oponerse a ECBI parece ser el miedo: básicamente, el miedo que tiene el docente de no poder responder una pregunta de carácter científico a los niños. Escribir en el pizarrón “El agua hierve a 100 °C” y pedir a los alumnos que “lo aprendan de memoria para mañana” no representa ningún riesgo para el profesor. Sin embargo, si se pide a los niños que lleven a cabo un experimento consistente en calentar un recipiente con agua midiendo regularmente la temperatura, y hacer una gráfica de T respecto a t (temperatura respecto al tiempo), los estudiantes se darán cuenta de que a partir de cierto momento la temperatura permanece constante, aunque se le siga aplicando calor al recipiente; en este caso, el docente puede encontrarse frente a preguntas cuya naturaleza es intrínsecamente difícil. La respuesta natural “no sé”, cuando es sincera (ver 1. iii), suele generar desprecio, a pesar de que “no sé (pero me gustaría saber)” sea el enunciado fundamental de la ciencia. Ésta es una de las razones principales de que deba haber científicos e ingenieros apoyando al docente, para responder las preguntas difíciles.

Otro problema es la dificultad para evaluar tanto la manera de enseñar (en comparación con otras) como el nivel de los alumnos en el salón de clases (¿qué tipo de exámenes deben utilizarse?). Lo primero (evaluación formativa) es necesario para mejorar progresivamente los procesos pedagógicos. Lo segundo (evaluación final) es necesario en cualquier sistema educativo y también, urgentemente, para los padres de familia. Una descripción y una discusión excelentes acerca de estos temas puede encontrarse en *Evaluación y Educación en Ciencias*

Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica, de Wynne Harlen, IAP Report, marzo de 2013. Respecto a la dificultad de una evaluación formativa, no debe olvidarse que, en la mayoría de los casos, los docentes que enseñan ciencia de acuerdo con ECBI en lugar de seguir una pedagogía tradicional, suelen ser los más dinámicos. En consecuencia, su entusiasmo, su dedicación, su empatía... pueden influir significativamente el resultado de la evaluación. Éste es otro ejemplo de la dificultad para separar parámetros (ver 1. iv).

¿Estará el siglo XXI dominado por medios y procesos electrónicos? Es probable que sí, en muchos aspectos. Luchemos porque también esté dominado por la curiosidad, lo que significa, en particular, que la gente considerará a la ciencia (tomada como una contemplación del mundo) no como una rama lejana, aburrida y aislada del conocimiento humano, fuera de su esfera personal, sino como un campo del conocimiento que es positivo y agradable. ECBI es claramente una herramienta que apunta en esa dirección.

Durante el siglo XX, toda una elite (particularmente de naturaleza política) ha dejado de lado la ciencia en aras de la tecnología. Como un ejemplo, permítanme presentarles a un embajador francés. Se encuentra en su hermosa residencia recibiendo a una docena de huéspedes, yendo de uno a otro con una copa de champaña en la mano. Se acerca a mí: “¿Usted es científico, no es así?” --“Oui, Monsieur l’Ambassadeur” (“Sí, señor embajador”). --” ¡Ah, la ciencia es muy importante!” Amabilidad hacia mí, seguida de un silencio profundo. Después: “¿Sabe?, ya se me olvidó todo lo que aprendí en la escuela sobre ciencia.”



Una carcajada, satisfecho de sí mismo. Luego: “Pero, *Monsieur*, eso no importa porque, en mi trabajo, todo se centra en la cultura.”

Tengamos la esperanza de que, si aprenden ciencia de manera práctica en la escuela, los niños del siglo XXI, en todo el mundo, no cometan el error de *Monsieur l’Ambassadeur*. Por el contrario, que consideren la ciencia como es realmente: no una tierra remota y aislada, sino un continente maravilloso de cultura humana.*

* Documento sobre su presentación



PANEL II

LA NUEVA VISIÓN DE LA CIENCIA Y SUS IMPLICACIONES PARA EL CURRÍCULUM

Conferencista:

Pierre Léna

Panelistas:

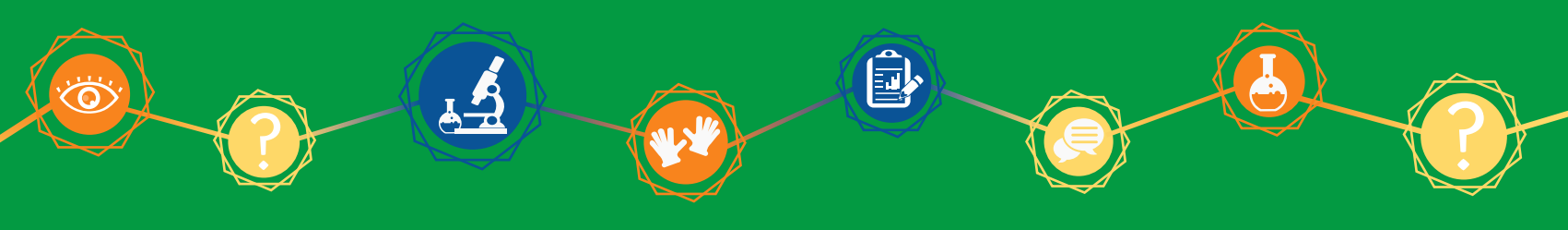
Rodolfo Dirzo

Mauricio Duque

Karen Worth

Moderadora:

Marcela Santillán



Conferencista:

PIERRE LÉNA

Fundación *La main à la pâte*

EL DÍA DE MAÑANA, ¿UN CURRÍCULO DE CIENCIAS SIN CAMBIOS?

Introducción

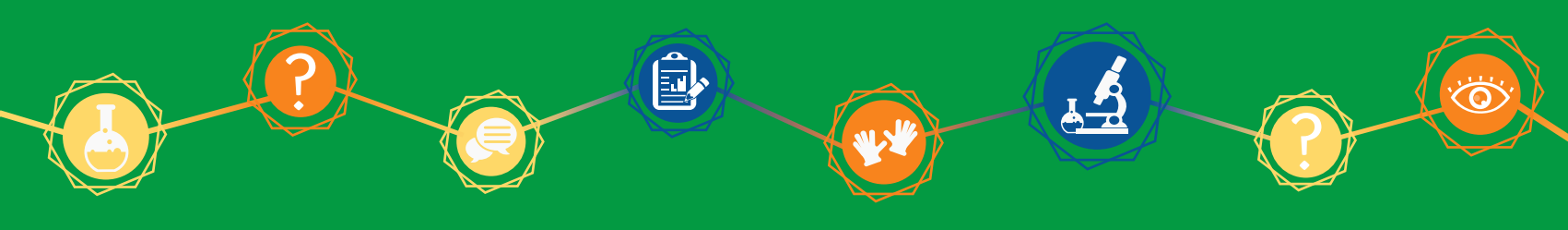
Actualmente, en la mayoría de los países la educación obligatoria se extiende por nueve años, con frecuencia precedida por preescolar. Para cada una de las materias escolares, elaborar un currículo para esos nueve años implica implementar tres objetivos diferentes: el contenido (los conocimientos) que debe ser comprendido y aprendido por los estudiantes; las habilidades y competencias que deben adquirir; las actitudes sociales y morales, que los conviertan en personas con educación en todo el sentido del término. Una vez que dichos objetivos han sido detallados, se necesita una pedagogía para implementarlos en el aula. Generalmente, el currículo es publicado por las autoridades que se encargan de la educación, y son revisados cada tanto para adaptarlos al progreso del conocimiento, a lo que se espera del

sistema escolarizado y a la habilidad de los profesores para enseñar cada materia. Cambios sociales masivos, como la globalización, las migraciones y las nuevas herramientas de comunicación, pueden tener un impacto fuerte en el currículo. Por otra parte, la organización compleja, el alto costo y las pesadas estructuras propias de los sistemas educativos suelen impedir la evolución rápida de los currículos o de los hábitos de enseñanza, a pesar del efecto de los cambios masivos [Archer, 2016]. La innovación en las escuelas a veces se da de abajo hacia arriba, de manera que los currículos son los últimos en cambiar e incorporar los beneficios nuevos.

Los profesores, que trabajan diariamente con los estudiantes, requieren entrenamiento apropiado para entender los objetivos del currículo, ser hábiles en la pedagogía y ser capaces de evaluar su impacto.

Además, la escuela ya no está sola. Su papel tradicional como la única fuente de información y sabiduría para niños y adolescentes, ha desaparecido debido a la revolución de la información: hoy en día, los estudiantes adquieren información por muchas vías además de la escuela, un hecho que el currículo debe considerar. Afortunadamente, sucede lo mismo con los profesores, asumiendo que sepan cómo sacarle provecho a la nueva tecnología.

En el mundo moderno, la ciencia y su hermana, la tecnología, están cambiando a un ritmo extremadamente rápido, y su impacto en la sociedad es cada vez mayor a escalas local y global. Mi propósito aquí es examinar esos cambios y ver la manera en que pueden o deben reflejarse en el currículo de ciencias escolar, además de cuestionar el aislamiento experimentado al aprender en la escuela en comparación con



aprender por otras vías. En Francia, una ley nueva (2014) determinó una reforma completa del currículo K-9 (Preescolar-Secundaria), que se implementa en todas las escuelas, tanto públicas como privadas; la reforma entrará en vigor en septiembre de 2016. Esto me brindó la ocasión de examinar, durante 2015, los retos y dificultades para reestructurar un currículo de ciencias, el francés, en este caso. No discutiré aquí la pedagogía, pues el papel de la indagación en la educación en ciencias fue el tema de una sesión previa de este congreso. Sin embargo, haré un breve comentario acerca de los profesores, cuyo papel es tan importante y será tratado de manera específica en el Panel 3.

Nuevas visiones de ciencia

¿Han cambiado las ciencias naturales desde que resurgieron durante el renacimiento? Es claro que, en esencia, no. Continúan siendo una aventura humana colectiva que consiste en descubrir el mundo natural a través de varias herramientas de observación, experimentación, creación de modelos, formulación matemática y cálculos, con una disposición mental para cuestionarse, razonar, imaginar e intuir. Sin embargo, la ciencia contemporánea tiene algunas características específicas, muchas de las cuales se relacionan con la revolución digital.

- Para empezar, la ciencia actual nos brinda un maravilloso Gran Relato del mundo y de la humanidad: desde las profundidades del espacio y el tiempo hasta el nacimiento del planeta Tierra, después la vida y la evolución de las especies, la aparición de Homo sapiens y sus

culturas en todo el planeta. Este Relato, más o menos accesible a través de los medios, tiene un impacto en las creencias y representaciones del mundo tradicionales, así como en el papel que desempeña la humanidad en el universo.

- En segundo lugar, debido a sus numerosas aplicaciones, la ciencia se ha convertido en una herramienta esencial mediante la cual las naciones adquieren y mantienen poder, ya sea militar, económico o cultural.

- En tercer lugar, la ciencia ha aprendido a lidiar con sistemas naturales y sociales de complejidad creciente, donde una gran cantidad de factores, (escalas temporales y espaciales, leyes de la física) se enredan unos con otros, haciendo difíciles las predicciones precisas mediante métodos científicos. Esto implica trabajar con conclusiones estadísticas y probabilísticas, en lugar de deterministas. Por esta razón, y por la posibilidad de utilizar datos acumulados en bases inmensas que crecen constantemente, la revolución digital ha transformado la manera en que la ciencia maneja dichos sistemas.

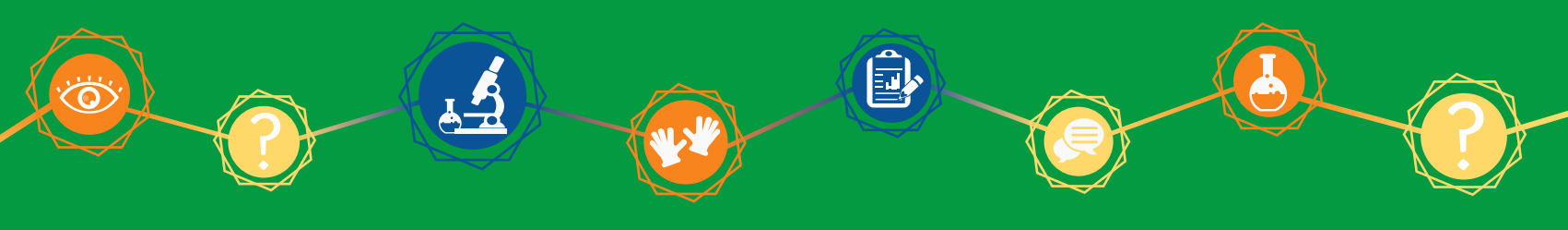
- En cuarto lugar, la humanidad está sufriendo cambios a nivel global, en parte como consecuencia de la propia actividad humana, a su vez modificada profundamente por el uso de la tecnología moderna. El clima es sólo un ejemplo entre muchos. Otros son el crecimiento de las megalópolis y la propagación de epidemias letales, como el ébola o el Zika.

- En quinto lugar, la magnitud de estos retos implica cambios grandes en las sociedades y los individuos. Dichas transformaciones no se mantienen restringidas al ámbito de la tecnología, pues el comportamiento de los individuos y las sociedades son parte de las soluciones. Valores como la comprensión, la tolerancia, la justicia, la frugalidad y la esperanza son reconocidos por muchos como parte de la solución, y así lo expresó el Papa Francisco en su encíclica *Laudato Si*, publicada en 2015.

No es sorprendente que la mayoría de la gente, que sólo tiene acceso a fragmentos de esta evolución, quede fascinada por las historias que cuentan los paleontólogos y los astrónomos, se emocione al utilizar una tableta o un celular inteligente, dude de las predicciones meteorológicas, se vea abrumada por la magnitud de los problemas globales y de los cambios en el comportamiento que éstos implican, y que por lo tanto mantenga un sistema de valores extremadamente tradicional y conservador.

No es sorprendente que, como la educación en ciencias a nivel básico y medio en general no ha evolucionado al ritmo de los cambios mencionados arriba, el interés de los estudiantes por la “ciencia escolar” sea muy pobre, como lo mostró el análisis de motivación estudiantil ROSE¹, mientras que millones de ellos están fascinados por fragmentos del Gran Relato contados por científicos en Youtube, o por una nave espacial de la NASA que pasó cerca de Plutón en 2014, o por el reto de salvar tortugas y peces en peligro de extinción en la Tierra.

¹ *Relevance of Science Education* (Relevancia en la educación científica; ROSE por sus siglas en inglés), Universidad de Oslo. <http://roseproject.no/>



No es sorprendente que en muchos países estén surgiendo planes y cuestionamientos para reconsiderar el currículo de ciencias, generalmente de acuerdo con el marco *STEM* (por sus siglas en inglés: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas), ahora ampliado a *STEAM*, incluyendo las artes y posiblemente las ciencias sociales. Esta evolución refleja la nueva percepción de la ciencia y de su papel a nivel social, como lo expresó el presidente Obama en una declaración reciente: *“La ciencia es más que sólo una materia escolar donde se estudian la tabla periódica y las propiedades de las ondas. Es una forma de ver el mundo, una manera crítica de entender, explorar e involucrarse con el mundo, para tener la capacidad de cambiarlo.”* La misma idea fue expresada en un reporte² reciente que hizo un grupo de expertos para la Unión Europea, intitulado *Science Education for a Responsible Citizenship*. Sin embargo, esta evolución “hacia lo social” puede terminar ocultando o mermando el papel específico de la educación científica: en el UN SDG³ adoptado en 2015, ¡la Meta Educativa (Capítulo 4°) ni siquiera utiliza la palabra *ciencia*!

El currículo

¿Cómo afecta este contexto el enfoque de un currículo de ciencia? Si el conocimiento científico se sigue basando en los mismos principios y contenidos, ¿por qué deberíamos reconsiderar la organización clásica con la que se han enseñado materias como física, química, genética, etc.? Sin embargo, si la meta de la educación científica es que sea recibida por

todos los estudiantes, al menos durante el periodo K-9 (Preescolar-Secundaria), para que disfruten aprendiendo y descubriendo sus propias habilidades, para que entiendan el mundo en el que viven y la manera en que lo transforman la ciencia y la tecnología, para que perciban los retos de un futuro que es su futuro, entonces es probable que debamos repensar el currículo.

Como un ejemplo que recientemente pude observar con cuidado, permítanme mencionar la reforma en los currículos de K-9 que tiene lugar en Francia en este momento. El principal argumento en favor de ese movimiento mayor tiene un tinte político fuerte: después de 3 (preescolar) + 9 años de escuela, una proporción inaceptable de los estudiantes (alrededor de la quinta parte) son gente con “malos resultados”, que no continúan la enseñanza escolarizada ni aprenden un oficio, de manera que engruesan las filas de la juventud desempleada. Además, la educación media no es muy buena a nivel internacional (ver PISA) y no fomenta el placer por el aprendizaje. Por si fuera poco, estos estudiantes pertenecen al sector más pobre de la sociedad.

A partir de 2016, el currículo francés⁴ (para los grados K-9) estará organizado en cuatro ciclos de tres años cada uno: C1 = preescolar (3 años), C2 = enseñanza básica (3), C3 = enseñanza básica (2) + media (1), C4 = enseñanza media (3). Me enfocaré en los tres últimos ciclos. En C2, las ciencias naturales forman parte de una materia más amplia: “descubrimiento del mundo”; en C3 aparecen como “ciencia y tecnología”,

y en C4 están separadas en tres materias: física y química, ciencias de la vida y de la tierra, tecnología. El currículo reformado tiene varios objetivos: fomentar la indagación, inspirado por el proyecto *La main à la pâte*, especialmente durante C2 y C3; hacer más clara la relación entre ciencias naturales y matemáticas, pues esta última materia es la “reina” en las escuelas francesas, aunque el aprovechamiento de los estudiantes tienda a ser muy bajo; hacer énfasis en el trabajo interdisciplinario, incluso más allá de la esfera de acción de la ciencia, estableciendo conexiones con la historia, las artes y el lenguaje; crear conciencia acerca de fenómenos sociales, como la energía y la biodiversidad; introducir elementos de informática, a partir de C2; a raíz de las emociones resultantes de la matanza que tuvo lugar en París en enero de 2015, enfatizar la racionalidad, la mente crítica y la secularidad, además de preparar para una ciudadanía informada y responsable. Estas intenciones concuerdan básicamente con análisis realizados en otros países desarrollados y con diversos reportes publicados en la década pasada. Claramente, la dificultad radica en la manera de implementar dichas intenciones, pero es demasiado pronto aún para hacer una evaluación de dicha implementación.

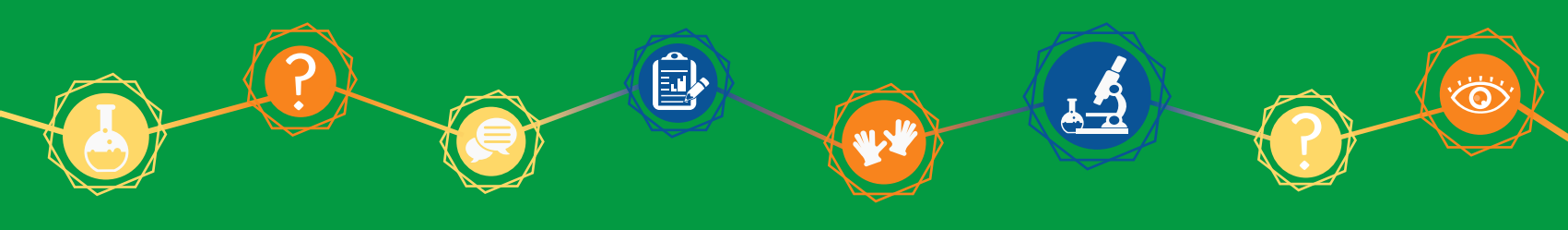
Un ejemplo: la energía

Consideremos un ejemplo para ilustrar estas dificultades. La energía se encuentra actualmente en el centro de las políticas públicas: ¿qué criterios debemos aplicar (renovable, sin carbono, verde)? ¿De dónde debemos obtenerla? ¿Cuál es la mejor manera de

² http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf

³ <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

⁴ <http://www.education.gouv.fr/cid95812/au-bo-special-du-26-novembre-2015-programmes-d-enseignement-de-l-ecole-elementaire-et-du-college.html>

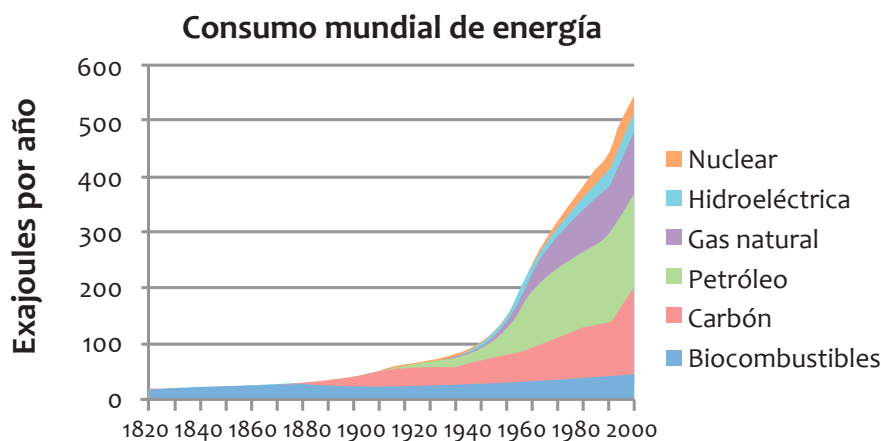


extraerla, distribuirla y almacenarla? ¿Cómo debemos manejarla a nivel económico (costos, impuestos)? Debido al papel central que desempeña actualmente, pude observar una gran insistencia por incluir la energía en el currículo desde tercero de primaria. Surge entonces la pregunta: ¿qué debe saber y entender el estudiante sobre este concepto, un nombre que escucha constantemente en la televisión y en su casa, que se considera crítico para una ciudadanía responsable y que genera debates apasionados entre los verdes y los nucleares, pero que finalmente es un concepto científico clave?

y la acuñación de los términos *energía cinética* (Coriolis, 1829) y *energía potencial* (Rankine, 1853). La naturaleza del *calor* permaneció oscura hasta que Joule estableció su relación con el trabajo mecánico (1845); poco después (alrededor de 1850) Lord Thomson enunció la ley de conservación de la energía. La distinción entre energía “utilizable”, la energía “más difícil de utilizar” o “la energía que se disipa” como el calor no se hizo de inmediato; en su momento, condujo a la noción de *entropía* (Clausius, 1850s) y a la segunda ley de la termodinámica.

educación francés profundamente comprometido con introducir la ciencia en las escuelas, la palabra *energía* aún está ausente. En mi pueblo en la región de Burgundia, en tiempos de mi abuelo, los campesinos y otra gente poco educada sólo estaba familiarizada con las energías mecánica y calorífica.

Los tiempos han cambiado. Ahora se habla de energía en todos lados. Sin embargo, existe el riesgo de descuidar el concepto científico, que es una de las *grandes* ideas más poderosas y abstractas, en aras de su importancia social. Para ayudar a los docentes a aclarar este asunto complicado, que ahora forma parte del currículo francés, hemos publicado el libro *Energy, Energies* (Energía, energías) [Salviat et al., 2015]. En el título del libro, la palabra en singular se refiere a la unicidad del concepto científico, mientras que el término en plural corresponde a las muchas y diversas cosas que el estudiante y el ciudadano deben entender e integrar.



La noción de energía empezó con Aristóteles como un concepto filosófico, una virtud. La imprecisión de esa idea se refleja en el lenguaje común y corriente, que hace poca diferencia entre los términos *energía*, *poder*, *fuerza*, *potencia*, *trabajo*, *voluntad* como lo aplican muchos adultos actualmente... El primer uso científico del concepto se dio por parte de Leibniz en el siglo XVIII, refiriéndose como *vis viva* a lo que hoy llamamos *energía cinética* (mv^2). Probablemente el primero en utilizar el término *energía* con el sentido científico moderno fue el genio increíble Thomas Young, en 1807. Después siguieron el estudio del calor (Carnot, 1824), que dio origen a la termodinámica,

Estaba entonces abierto el camino para entender el carácter microscópico y estadístico del calor (Boltzman), así como para descubrir progresivamente las muchas formas que puede tomar la energía: radiante en la luz, nuclear en los átomos, química en los organismos vivos, gravitacional en los hoyos negros, etc. La equivalencia entre materia (masa) y energía fue establecida por Einstein (la famosa fórmula $E = mc^2$).

¿Todo ese proceso tomó más de un siglo! ¿Cómo explicarlo en un currículo que pretende llegar lo más pronto posible a la importancia social de la energía? En un manual de ciencia escolar escrito en 1887 por Paul Bert, ex-ministro de

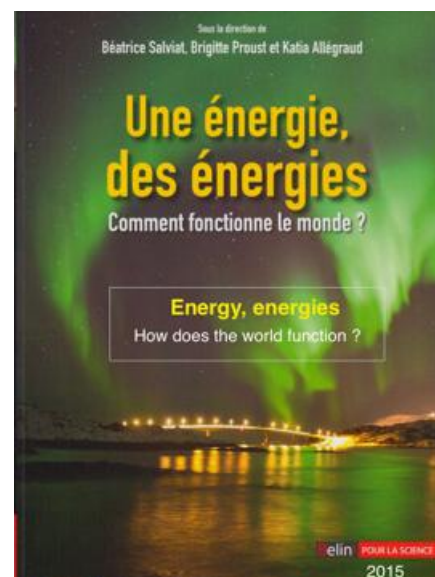
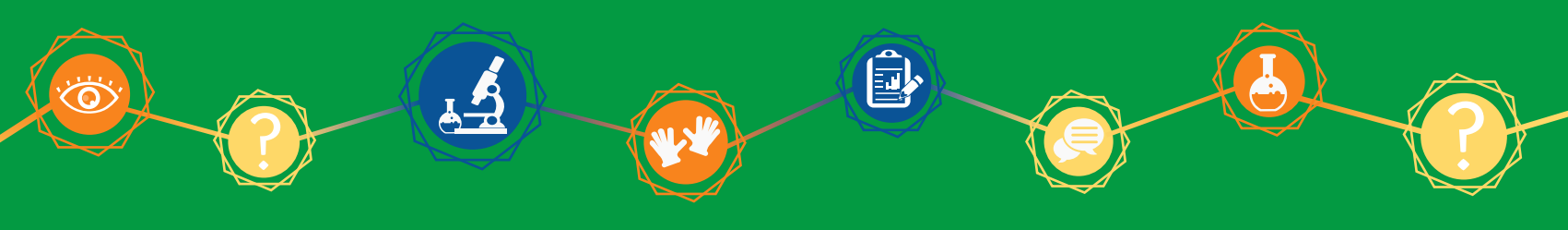


Figura: Un libro de *La main à la pâte* [Salviat et al., 2015]



ENERGÍA A DIFERENTES ESCALAS

Ciudadano
Biosfera
Tierra
Universo

TRANSFORMACIONES ÚTILES

PARA LOS HUMANOS

Nutrición y salud
Producir y almacenar energía
Energía y transporte
La energía en el hogar
Arte, industria y comunicaciones

NOCIONES CLAVE PARA ENTENDER LA ENERGÍA

¿Qué es la energía?
La historia de un concepto
Principios de la termodinámica
Fenómenos electromagnéticos
Masa y energía
Unidades y comparación de distintos tipos de energía

No elaboraré con detalle la manera en que el currículo francés pretende resolver este complejo tema, pues no estoy convencido de su pertinencia. Mis esperanzas están más bien puestas en los docentes y en su desarrollo profesional, para que los estudiantes logren la comprensión de lo que es la energía mediante pasos sucesivos, desde la niñez hasta la adolescencia, equilibrando los asuntos sociales con la ciencia verdadera y asegurándose de que, al final de K-9, los estudiantes sean capaces de entender lo que significan las *calorías* que aparecen en la información de sus *corn-flakes*, o de distinguir entre los kWh de su medidor de luz y los GW de una planta nuclear.

Otra dirección: complejidad e interdisciplinaridad

Jean Perrin, el Premio Nobel de física (1926) que demostró la existencia de los átomos, solía decir que la ciencia era una manera de “reemplazar la complejidad de lo que podemos ver por la simplicidad de lo que es invisible”. En efecto, la educación debe ayudar a los estudiantes a realizar este salto desde lo que pueden ver hasta lo que pueden concebir. El camino triunfal de la ciencia se ha construido con base en un método analítico⁵, aislando cada fenómeno (el movimiento de la luna o estructura de una célula) y despreciando su relación con el resto del mundo. Para esto ha creado disciplinas especializadas eficientes, que hoy aparecen en los currículos como física, ciencias de la vida, etc.

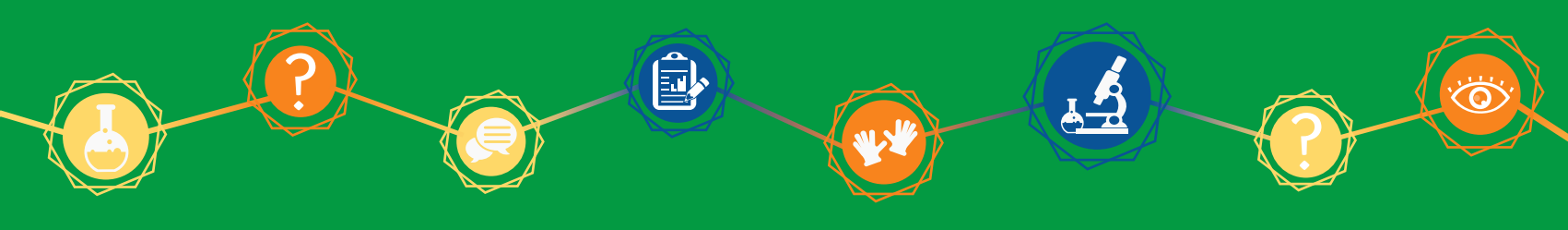
Pero la ciencia se dio cuenta de las limitaciones de este método tradicional al tratar de explicar sistemas dinámicos de gran complejidad y con muchas interacciones, como el clima del planeta, un organismo vivo, un nicho ecológico, una red de información (como Internet), el funcionamiento de una megalópolis, la propagación de una epidemia, etc. Tales sistemas son difíciles de modelar; tienen características importantes, como la no linealidad del caos, lo que hace extremadamente difícil, o incluso imposible, predecir un comportamiento futuro, obligándonos a abandonar el determinismo y utilizar la probabilidad.

Las implicaciones sociales obvias de estos ejemplos muestran claramente la importancia de que la gente entienda la ciencia;

principalmente la gente que toma decisiones políticas o económicas, incluyendo al ciudadano promedio, pues están involucradas las vidas de millones de personas. Actualmente, el cambio climático y el calentamiento global constituyen un ejemplo perfecto de la necesidad del trabajo interdisciplinario para entender y actuar con propiedad. La comprensión de los intrincados aspectos del calentamiento global involucra la física, la química, las ciencias de la vida, la meteorología, la astronomía, la oceanografía, etc. ¿Cómo puede un currículo estar preparado para eso? Nos encontramos ante dos riesgos: el primero es restringir la enseñanza al clásico enfoque analítico ignorando la visión global, esencial en el devenir científico. El segundo riesgo es abandonar el lenguaje analítico, relativamente simple, para utilizar discursos más o menos vagos que inevitablemente perderán el enorme poder de la demostración científica, con lo que las conclusiones se basarán en puntos de vista y no en evidencia.

El nuevo currículo francés para K6-9 requiere *explorar y explicar algo de climatología, tanto pasada como presente, incluyendo la influencia humana en el clima*. El tema también aparece como parte de la educación artística, bajo el rubro *Artes, energía, clima y desarrollo sustentable*. La idea es buena, pero no se indica cómo hacerlo. He observado competencias entre profesores de esas dos materias, tratando de abarcar el tema del clima por completo en su clase; ¡convencidos de que pueden cubrirlo totalmente

⁵ Es interesante hacer notar que la medicina tradicional china no se apegaba a un método puramente analítico, mostrando que hay varias maneras de explorar la realidad.



dentro del marco de la materia que imparten!

Para apoyar en el reto que representa el trabajo interdisciplinario, hemos producido una serie de guías para el profesor, primero para educación elemental (C2 y la primera parte de C3) y después para C4. De hecho, este campo de acción continuará extendiéndose, ya que las UN Sustainable Development Goals (Metas de Desarrollo Sustentable de la ONU) y asuntos relacionados con el cambio climático, deben formar parte del currículo de las escuelas y de la práctica docente. La recomendación de la UNESCO [Unesco 2016] es clara y alarmante a este respecto.

El principio de estos módulos, que ahora forman parte de una serie muy extensa⁶, es proporcionar a los profesores una base científica sólida, ejemplificar el trabajo interdisciplinario, proponer actividades en el aula y



Figura: “Apple: un tesoro de 205 000 000 000 dólares”

Titular del periódico Le Monde del 29 de octubre de 2015. El consumo energético de las computadoras y las actividades relacionadas con la información constituye el 1% del consumo total de energía eléctrica en Francia.

enfatar la progresión de conceptos mediante experiencias y videos.

Una nueva disciplina: la informática

La revolución digital actual influye todos los aspectos de las vidas individual, profesional y social, por no mencionar los asuntos económicos.

¿Cómo debe introducirse en el aula? El primer aspecto, que es obvio, ya ha sido considerado: enseñar a los estudiantes la mejor manera de sacarle provecho, escribiendo, haciendo dibujos, buscando información en

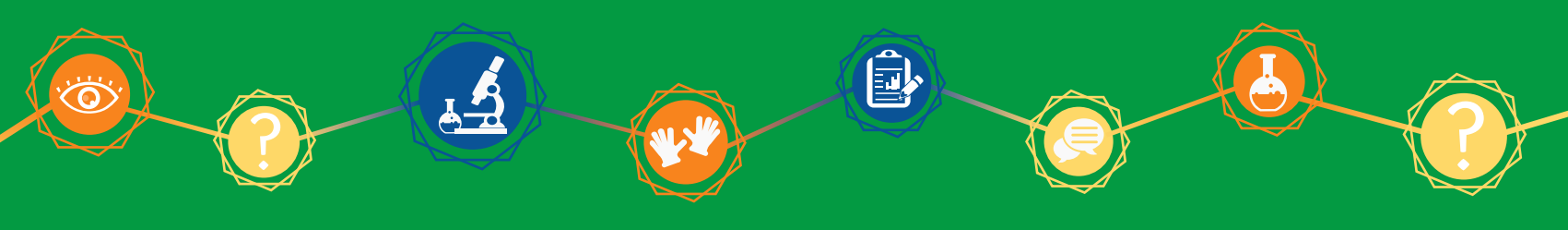
Internet, intercambiando correos electrónicos y documentos, preparando presentaciones, etc., ¿asumiendo que el profesor sea más competente en la materia que el estudiante? Además, hay dos aspectos adicionales importantes a los que no me referiré aquí: el impacto pedagógico y la salud, ambos pros y contras del conocido como *mundo virtual*.

Sin embargo, hablaré sobre una rama de la ciencia menos bien entendida por el público en general y, en ocasiones, también por las autoridades educativas, debido a la rapidez con la que se transforma. Me refiero a la *informática*, un nombre que se prefiere sobre el de *ciencias de la computación*, pues no se enfoca en un objeto (la computadora) sino que tiene un nombre similar al de otras disciplinas científicas, como la física. Es una ciencia muy joven, que no forma parte de las matemáticas, de la física ni de la ingeniería, pero toma muchos elementos de ellas y posiblemente de otras ramas de la ciencia, erigiéndose como la *ciencia de la información*, un concepto introducido por Shannon en 1949, y estrechamente relacionado con la termodinámica. Esta ciencia joven e increíblemente viva soporta toda la revolución digital; debe tener un papel en la escuela



Figura: Dos de los módulos para profesores producidos por La main à la pâte en 2015, actualmente sólo disponibles en francés, que exploran la manera de tratar la complejidad y el trabajo interdisciplinario entre cuarto y sexto grados de educación elemental.

⁶ Ver <http://www.fondation-lamap.org/en/international-resources>



equivalente al de disciplinas más tradicionales, pero ¿cómo y a qué nivel?

La Academia Francesa de Ciencias presentó una petición [Académie des sciences, 2013], parcialmente satisfecha, para la elaboración del nuevo currículo. El Reino Unido se está moviendo en la misma dirección⁷. Más aún, el senado francés publicó recientemente un reporte sobre seguridad digital para negocios, instituciones gubernamentales e individuos⁸, donde después de puntualizar los errores y riesgos comunes al usuario, hace en primer lugar la recomendación de “desde preescolar hasta enseñanza superior, la gente debe prepararse para entender lo que es [el mundo] digital, en lugar de limitarse a utilizarlo”. Osadamente, el nuevo currículo francés introduce las ciencias de la computación desde el segundo ciclo (C2), recomendando la creación de algoritmos matemáticos simples de acuerdo con las siguientes metas:

Describir la arquitectura básica de un sistema computacional. Estar familiarizado con un procesador de textos y poderlo utilizar de manera racional.	Observar la relación entre diversas partes. Captura, tratamiento, conservación y restitución de datos.
---	---

Cabe preguntar ¿cuántos profesores de primaria serán capaces de “describir la arquitectura básica de un sistema computacional” o de practicar informática sin una computadora, por ejemplo, explicar el sistema numérico binario, 0/1? Hay varias iniciativas que pretenden

ayudar a los docentes a lo largo de todos los grados de las enseñanzas básica y media. El proyecto *La main à la pâte* estudia la manera en que puede aplicarse la indagación a este aprendizaje, con sesiones de entrenamiento para profesores que tienen lugar en nuestras *Maisons pour la science* (Casas de ciencia), la publicación de una guía del profesor para enseñanza básica (1,2,3,... *Codez!*; 1,2,3... *¡codifica!* [Calmet et al., 2016]), la elaboración de *Informatique, information* (Informática, información; será publicado en 2017) con principios similares a los de los textos previos *Matière et matériaux* (Materia y materiales) y *Energie, énergies* (Energía, energías), así como un MOOC para docentes en colaboración con los científicos del INRIA (Instituto Nacional de Investigación en Informática y Automatización, por sus siglas en francés), que tiene la meta de entrenar a 100,000 personas.

[La guía del profesor más reciente (2016) publicada por *La main à la pâte* para ayudar en el área de ciencias de la computación (informática) en la enseñanza elemental y el primer grado de enseñanza media franceses (primero a sexto grados)]

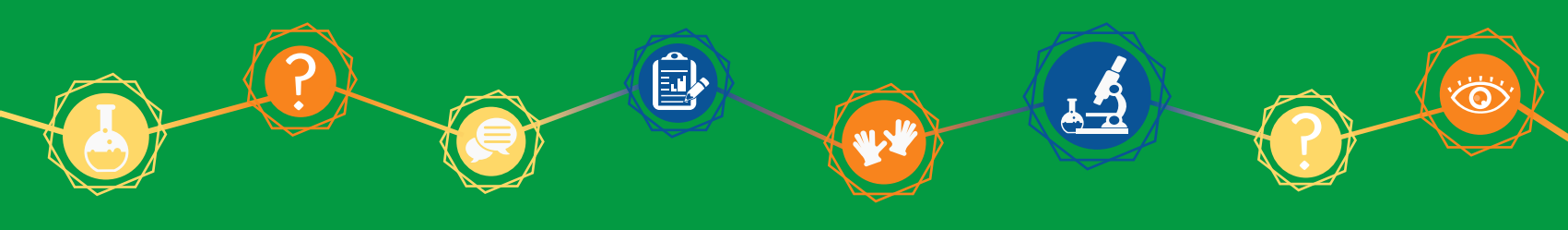
La ciencia y la educación de la salud

La educación de la salud es esencial en cualquier lugar, y puede relacionarse con la educación científica con muy buenos resultados. Aquí me limitaré a un ejemplo de entre los muchos explorados por *Lamap*. Durante la enseñanza básica suelen tratarse tres funciones del cuerpo humano: digestión, respiración y circulación sanguínea, lo que induce a conductas y prácticas saludables. Nosotros propusimos incluir el cerebro y algunas de sus funciones, para que los estudiantes desarrollaran hábitos saludables en relación con la enorme cantidad de pantallas (televisión, videojuegos, tabletas...) a las que están expuestos actualmente. Por lo tanto, en 2013 publicamos una guía para el profesor que resultó muy exitosa: *Les écrans, le cerveau... et l'enfant* (Las pantallas, el cerebro... y el niño), desarrollado en estrecha colaboración con científicos especializados en el sistema nervioso y los procesos cognitivos [Pasquinelli et al., 2013].



⁷ <http://www.bbc.co.uk/news/education-21261442>

⁸ Sénat et Parlement français. Sécurité numérique: enjeux et chances pour les entreprises. Report n°271, 2015. <http://www.senat.fr/rap/r14-271-1/r14-271-1.html>



Desarrollo profesional de los docentes

Cualquier modificación del currículo requiere que se apoye a los docentes para que puedan implementarlo. La indagación necesita mucha práctica para poder convertirse en una pedagogía natural. Además, la magnitud de los cambios mencionados arriba probablemente implique esfuerzos aún mayores de desarrollo profesional para los profesores. Me gustaría presentar aquí brevemente dos iniciativas, una en el Reino Unido (desde 2006) y la otra en Francia (desde 2012), la francesa ampliamente inspirada en la británica y en su fundador, el químico Sir John Holman.

En el Reino Unido, *National Science Learning Centers*⁹ (Centros Nacionales para el Aprendizaje de la Ciencia) se han implementado en Inglaterra y Gales, como una iniciativa conjunta de la organización caritativa *Wellcome Trust*, la industria y el estado. Estos centros ofrecen un programa muy extenso, articulado con las escuelas, que combina un seguimiento presencial y a distancia por parte de profesores de ciencias, involucrando anualmente a 15,000 docentes y técnicos (para laboratorios en escuelas). El programa actúa en un 95% de las escuelas de enseñanza media y en un 18% de las de enseñanza básica. Después de 10 años, los resultados son impresionantes, en particular en el gusto que desarrollan los estudiantes por la ciencia. Además, una nueva organización, más cercana a las escuelas, se extiende ahora por todo el Reino Unido.

Este curso CPD ha ayudado a que nuestra escuela mejore en las siguientes áreas:

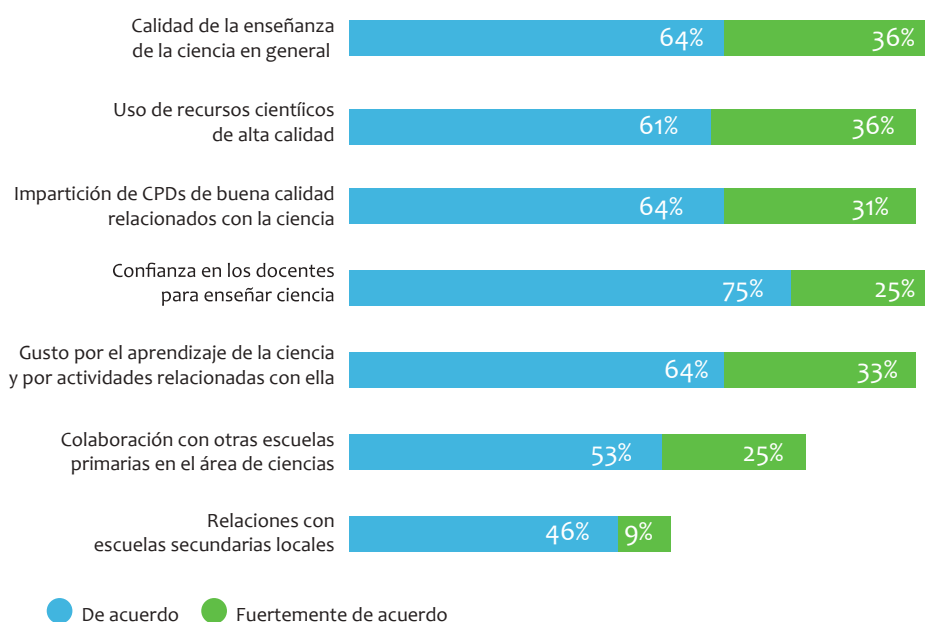


Figura: El impacto del desarrollo profesional continuo (CPD) en profesores de enseñanza básica del sistema NSLC (tomado del reporte de NSLC, 2015).

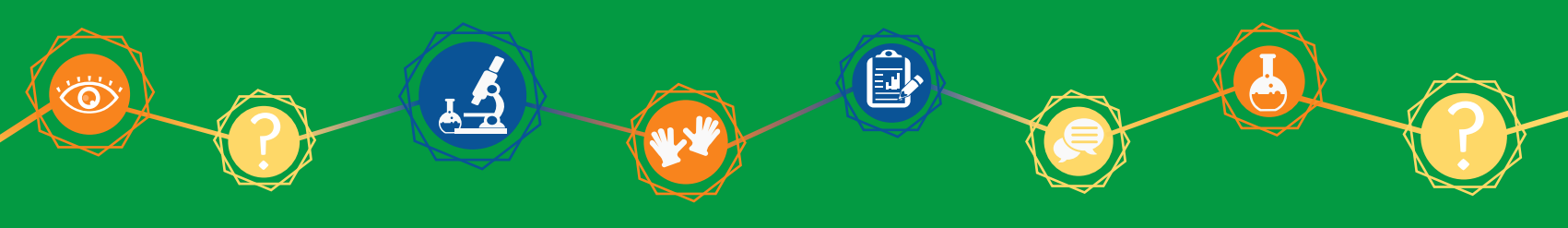
En Francia, se está implementando un sistema similar para el periodo 2012-2018, por parte de la fundación *La main à la pâte*, en estrecha relación con la Academia Francesa de Ciencias. Se han implementado nueve *Maisons pour la science au service des professeurs*¹⁰ (Casas de ciencia al servicio de los docentes) en universidades de varias ciudades (como Estrasburgo, Toulouse, Lille). En ellas se ofrece desarrollo profesional continuo, mayoritariamente presencial pero también con seguimiento a distancia. Durante el periodo de tres años 2012-2015, tuvieron lugar 700 actividades de CPD, en las que participaron 15,000 docentes de manera voluntaria, de los cuales 60% eran de enseñanza básica y 40% de enseñanza media, aunque con frecuencia trabajaban juntos; el promedio de la duración de cada actividad fue de 1.6 días. Este sistema

se puso en marcha para acompañar la preparación del nuevo currículo, así como su implementación en 2016. Las actividades, conducidas con un estilo de indagación, cubren todos los campos de la ciencia, haciendo énfasis especialmente en el desarrollo sustentable, el cambio climático, la biodiversidad, la energía y la informática.

Actualmente se están llevando a cabo varias evaluaciones sobre el impacto de este programa. Sin embargo, una ha sido ya completada y sus resultados son muy positivos, pues confirman el análisis que condujo a la creación del programa, con el apoyo de universidades nacionales y locales, y una buena cooperación por parte de las autoridades educativas, aunque este programa, que se ocupa explícitamente al desarrollo

⁹ [https://www.stem.org.uk/and reference \[NSLC 2015\]](https://www.stem.org.uk/and reference [NSLC 2015])

¹⁰ <http://www.maisons-pour-la-science.org/>



profesional de los docentes (que son servidores públicos) no esté bajo el control directo del Ministerio de Educación. Aún está por verse la manera en que las Casas de ciencia contribuirán a implementar de manera adecuada el nuevo currículo a partir de 2016.

Educación especial

No quiero terminar esta presentación sin mencionar a los niños que reciben educación especial debido a alguna discapacidad. Es justo que ellos también tengan acceso a lecciones de ciencia participativas, a pesar de tener problemas para realizar experimentos y para seguir un currículo que no esté diseñado especialmente para ellos. Desde 2012, comenzamos la investigación e implementación de un programa de indagación para niños con discapacidad. El programa está progresando de manera interesante, pues además de ser benéfico para esos niños, tiene un tipo de efecto amplificado respecto a la práctica de la indagación con niños “normales” [Heitz et al., 2015]¹¹. A partir de 2014 hemos estado teniendo una colaboración muy fructífera con Innovec en México.

Conclusión

He intentado tratar brevemente algunas de las cuestiones que surgen al observar la manera en que la ciencia está evolucionando, la sociedad la está recibiendo y utilizando, los estudiantes y los profesores se están enfrentando a esos cambios tan profundos. Hay muchas otras cuestiones que deben considerarse porque tienen un impacto en el currículo y en su implementación. Por ejemplo,

Figura: Entrenamiento de indagación para profesores en una Casa de ciencia en Francia. Algunos títulos del programa 2015-2016 son los siguientes:

- Materia para explorar (P)
- El aire, ¡qué inflado! (P)
- La furia de la naturaleza (P)
- Formación del paisaje alsaciano (P)
- Ser o no ser... un ser vivo (P)
- De la tierra a la luna: el arte de la medición (S)
- Tecnología e ingeniería: imprimir en tercera dimensión (S)
- Uso de la estadística: la integridad científica y la ética (P, S)
- Informática sin computadora (P, S)

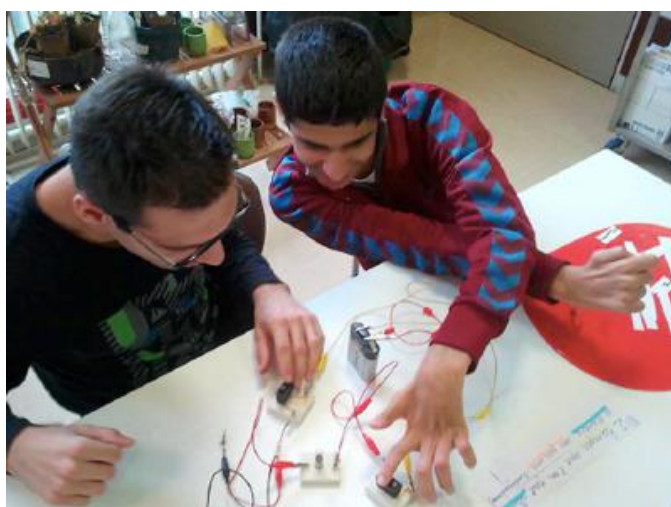
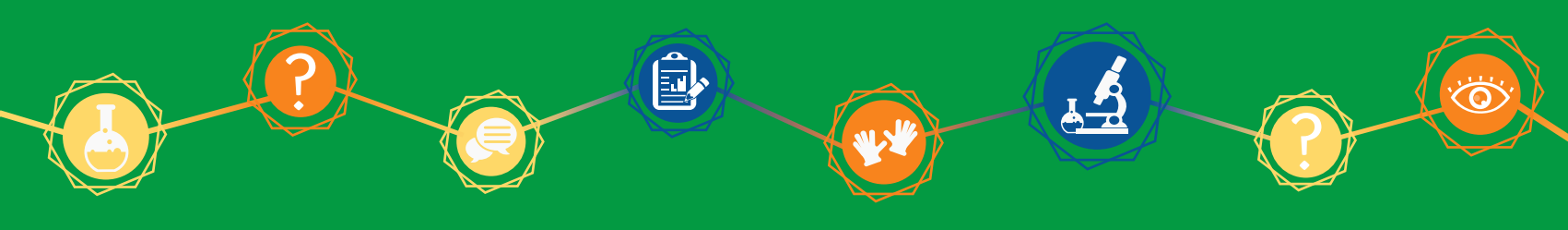


Figura: “Por ejemplo, recuerdo a una niña pequeña cuando estábamos trabajando con electricidad: estaba dibujando flores. Tal vez estaba pensando en alguna relación entre su dibujo y lo que estaba mirando, pero desde afuera era imposible saberlo. Ahora, cuando hace un dibujo, podemos ver la relación...”

Docente de un grupo de educación especial en Francia

¹¹ Ver también, en la bibliografía, los artículos que aparecieron en el número de BUP llamado *Adversité de la vie, science partagée* (La adversidad de la vida, ciencia compartida; 2015).



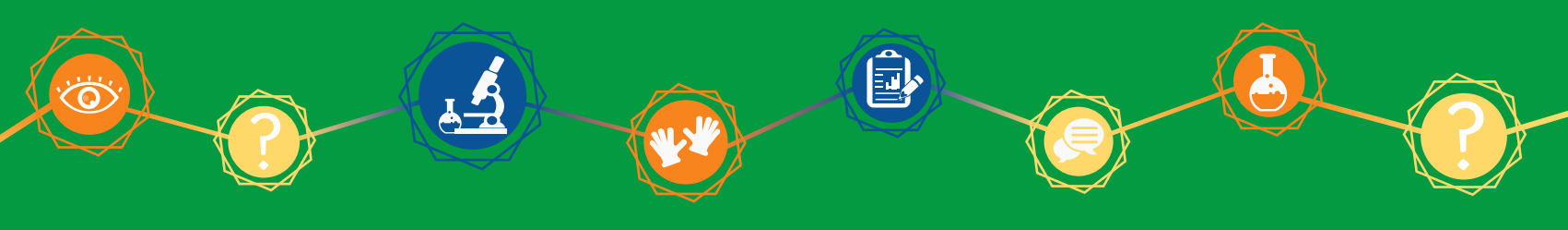
no hablé sobre la relación entre el lenguaje y la ciencia, un punto fundamental en el cual *La main à la pâte* ha hecho énfasis desde sus inicios, en 1995. No mencioné la ética ni los conflictos que pueden darse entre la información proporcionada en algunas materias y las convicciones y creencias que encuentran los estudiantes en sus familias y su cultura. El currículo debe tomar en cuenta todo eso y el trabajo en *Grandes Ideas* está avanzando en la dirección correcta.

Espero haber podido mostrar algunas de las dificultades y de los interesantes retos que la evolución del mundo presenta a los métodos de enseñanza de la ciencia y a la indagación, como un potencial programa de investigación en el futuro.

Como dije en la introducción, los estudiantes tienen acceso a conocimientos y a oportunidades de aprendizaje mucho más allá de los límites del aula. Ya no puede concebirse el aprendizaje como algo

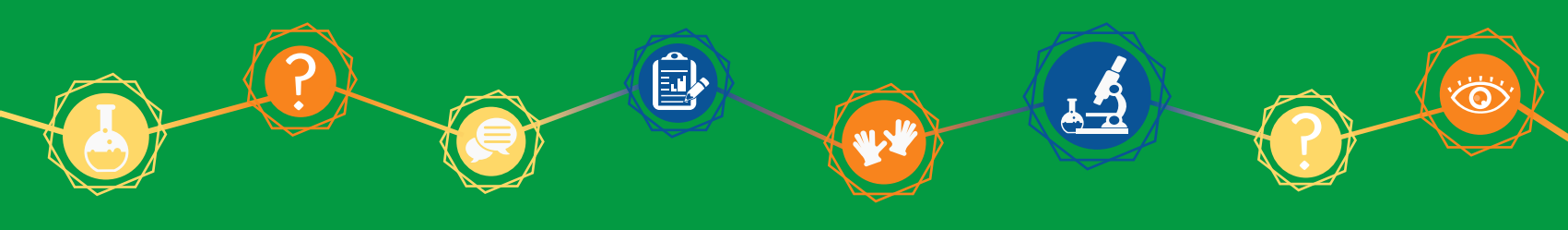
confinado a esas cuatro paredes. La escuela tradicional no funciona en el mundo actual. La manera en que debe evolucionar es uno de los grandes retos del futuro.*

* Documento sobre su presentación



REFERENCIAS

- Académie des sciences (France). *L'enseignement de l'informatique en France: il est urgent de ne plus attendre*. Report (2013).
- *Adversité de la vie, science partagée*, edición especial de Le BUP Physique-Chimie, Bulletin de l'Union des Professeurs de physique et chimie, n°976, 3e trimestre 2015.
- Archer, M. en *Children and Sustainable Development. A challenge for education*, Springer, 2016 (en prensa).
- Calmet, C., Hirtzig, M., Wilgenbus, D. 1,2,3... codez! Enseigner l'informatique à l'école et au collège (cycles 1,2,3), Le Pommier, Paris, 2016.
- Heitz, M.H., Marin-Miciewicz, C. & Saltiel, E., *Vivre et partager la science, une ressource pour tous les élèves*, INSHEA & Fondation La main à la pâte, 2015.
- Léna, P. 'Educating to complexity: a challenge', en *Complexity and Analogy in Science: theoretical, methodological and epistemological aspects*, Pontifical Academy of Sciences, Plenary Session, 2012.
- <http://www.casinapioiv.va/content/accademia/en/events/2012/complexity.html>
- Léna, P. *Faut-il faire simple à l'école quand le monde est si complexe?* en *Résonances. Mensuel de l'École valaisane*, oct. 2014, http://www.resonances-vs.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=123:octobre-2014-complexite-vs-simplexite&catid=34:numeros-2014-2015&Itemid=164/
- National Science Learning Centers in UK. *Decadal report (2015)*. <https://www.sciencelearningcentres.org.uk/impact-and-research/impact/10-years-impact/>
- Pasquinelli, E., Zimmermann, G., Bernard-Delorme, A., Descamps-Latscha, B. *Les écrans, le cerveau... et l'enfant. Un projet d'éducation à un usage raisonné des écrans pour l'école primaire*, Le Pommier, Paris, 2013.
- Salviat, B., Proust, B., Allégraud, K. (dir.) *Une énergie, des énergies. Comment fonctionne le monde?* 352 p., Belin, Paris, 2015.
- The Boston Consulting Group. *Report on the Internet economy in the G-20 (2012)*. www.bcg.com/documents/file100409.pdf
- Unesco. *World Report on Education Follow-up*, sept. 2016.



Panelista:

RODOLFO DIRZO

Universidad Stanford

Quisiera tomar un tema específico para hacer mi presentación, la Ecología y las Ciencias Ambientales. Es un tema transdisciplinario, cubre desde la dimensión humana, social y la ciencia más dura por decirlo de alguna manera, y a la vez es un problema muy serio que demanda la atención en la educación desde la base.

La motivación que encontré para discutir con ustedes tiene dos elementos, uno es que la educación en ciencia a nivel básico en muchos países, incluyendo países muy civilizados como Estados Unidos, está en problemas serios y requiere una atención de manera urgente para mejorar esa situación. Por otra parte, hay una necesidad profunda que tenemos a nivel social-global de apreciar el valor de la ciencia en contexto de cosas que nos son relevantes directamente; en las comunidades rurales, urbanas y a nivel global. De esto deriva mi elección por el tema de la ecología. Como ha ocurrido en muchos otros sitios, ha habido evaluaciones del estado del arte en cuanto a la

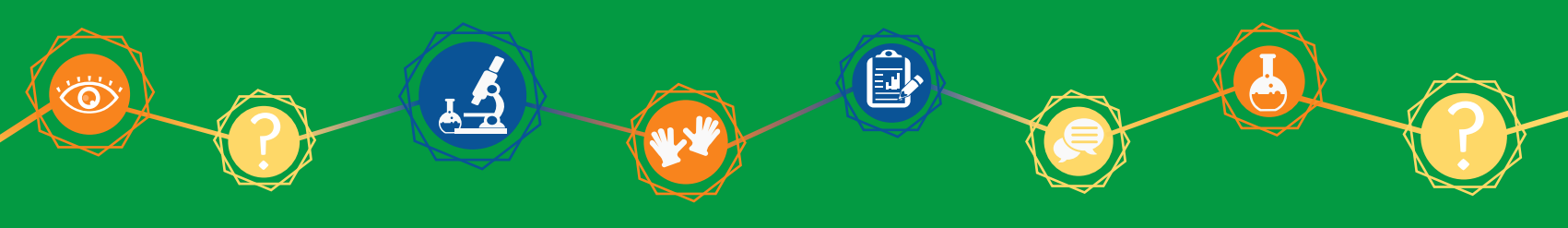
educación de la ciencia en diferentes países. Existe una evaluación que se hizo en los Estados Unidos y tiene el nombre curioso de “Levantarse después de la tormenta” y es básicamente un análisis que hace evidente la problemática de la educación, en este caso en Estados Unidos. Es un documento doloroso, que pega pero refleja de manera muy vivida y dramática el problema tan serio que hay en la educación-ciencia.

Les comparto dos citas que he rescatado de este documento, la primera dice que “Entre los diferentes países que han sido evaluados recientemente en cuanto a su estado del desarrollo de la educación en ciencias, Estados Unidos cae muy abajo”, imagínense entonces el estado en el que se encuentran otros países que no tienen los recursos.

La segunda cita dice que “las naciones deben preparar mejor a las personas de hoy en día que van a ser quienes en un futuro muy cercano, van a tener que tomar las

responsabilidades”. Eso requiere acción, y tiene que ver con la educación de la ciencia y hacer que la sociedad esté alfabetizada en este mismo ámbito, eso es esencial para la prosperidad de la sociedad. Prácticamente cualquier aspecto de la vida, cualquier faceta de la vida moderna, contemporánea, tiene que ver con la ciencia, de manera que la necesitamos en el ámbito educativo.

Permitiéndome usar dos citas que aparecen en los Indicadores de Ciencia e Ingeniería publicados por la Fundación Nacional de Ciencia de Estados Unidos (NSF, 2006); la primera de ellas dice que “es verdaderamente crítico incrementar el conocimiento y aprecio por parte del público, de la importancia de la Ciencia y la Tecnología en el contexto de la calidad de vida, la prosperidad económica y la seguridad nacional.” Y el segundo componente dice que “los ciudadanos informados que entienden los aspectos básicos de la ciencia y su vocabulario, van a estar mejor preparados para participar



en el discurso social de cara al futuro con todo lo que tiene que ver con Ciencia y Tecnología” y la sobrevivencia en general.

Creo que la acción fundamental requerida, dada la situación demográfica de muchos países, es que a medida que los niños de hoy en día están avanzando a la siguiente categoría demográfica, en muy pocos años van a ser ellos quienes deban tomar las decisiones para el funcionamiento de la sociedad; es necesario se afronten los desafíos de la educación de los niños desde la base.

Volviendo a este análisis realizado en Estados Unidos que muestra la problemática tan profunda de la educación en la ciencia, una respuesta que ha surgido en relación a ello es la formulación del documento que les presento a continuación (Figura 1)

Es un marco de referencia de cómo cambiar la educación científica hoy en día. Un documento que todos los que estamos inmersos en la educación seguramente habremos visto y los que no, está disponible en línea en la página de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos. Ese documento hace referencia a cerca de lo que deberíamos hacer de cara al futuro, y finalmente el siguiente volumen trata sobre cómo implementar esa visión nueva de la ciencia.

Desde la perspectiva del análisis de este Marco para educar en ciencia, se requiere tener una ciencia orientada y motivada por la indagación, y como característica principal que los estudiantes participen en las actividades del aprendizaje de la ciencia (*Hands-on experiences*) y que estén ligadas a un contenido relevante. Otra cuestión importante que resalta este documento, es la necesidad de permitir o favorecer que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento, lo que

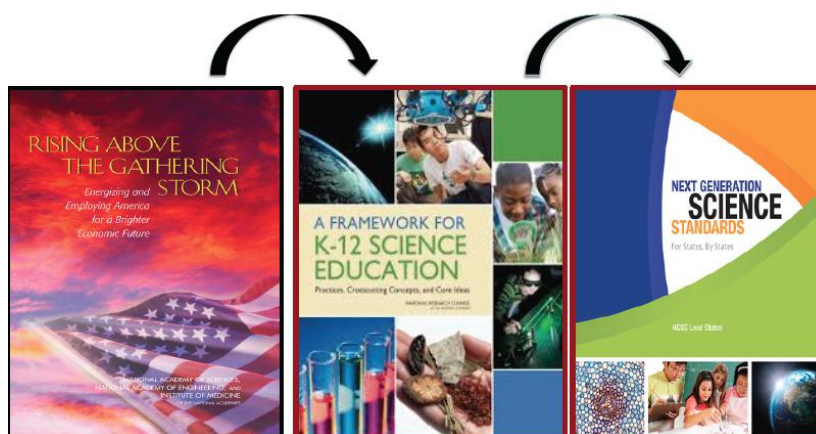


Figura 1: Marco de Trabajo para la Enseñanza de la Ciencia en Educación Básica

quiere decir, aprender a aprender, no aprender a memorizar. Y desde luego eso debe venir acompañado del lenguaje académico.

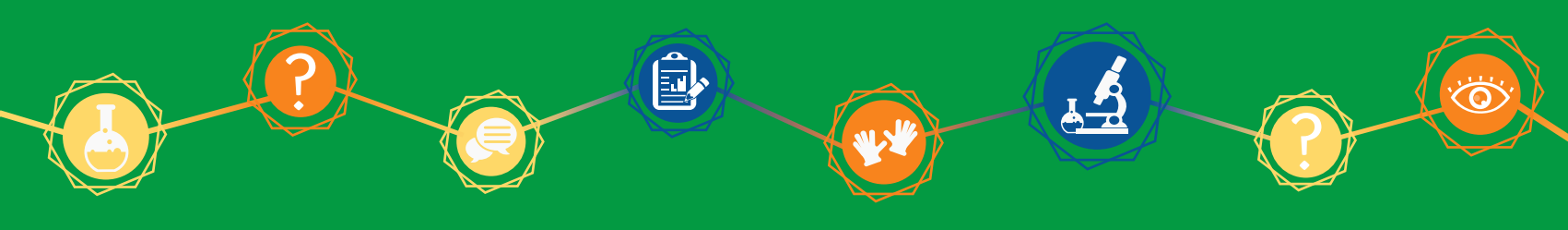
Esto a su vez se relaciona con un punto expuesto por nuestros colegas y es la receta básica de este Marco compuesto por tres dimensiones. La primera se refiere a la práctica; cómo se hace la Ciencia, cómo podemos transmitir a los niños y jóvenes la práctica de la ciencia incluyendo el aspecto básico de plantearse preguntas, resolverlas, debatirlas y regresar a ellas las veces que sea necesario.

Por otra parte encontramos los conceptos transversales, la idea referente a la existencia de patrones no importa cuál sea la ciencia que se estudie, la idea de las relaciones de causa y efecto, la idea de las relaciones de escala; esos conceptos transversales son fundamentales y desde luego la selección de las ideas principales por disciplina. No aprenderse de memoria todos los elementos de cada disciplina, sino los elementos fundamentales en el contexto de las ideas transversales y de cómo se hace la práctica de la ciencia.

Volviendo a mi motivación principal de esta presentación, con los dos temas centrales. Primeramente, la

educación de la ciencia está en problemas serios en muchas partes del mundo, incluyendo Estados Unidos. El segundo tema, la necesidad de apreciar el valor de la ciencia en el contexto de asuntos que nos son directamente relevantes, asuntos que deberíamos sentir y que nos impactan de manera directa. Como les mencionaba al inicio el ejemplo que he seleccionado es la situación de nuestro ambiente, porque como ustedes saben está siendo afectado probablemente ahora más que nunca.

A continuación les muestro una imagen que trata de representar de manera simple la situación que afrontamos hoy en día. Vemos una persona que trata de impedir la caída del planeta y además, la caída de ese planeta está en un punto tal que pudiera resultar en una situación de irreversibilidad. Existe un análisis que se llama “El consenso de los sistemas que mantienen la vida en el planeta” en el cual se plantea que si no impedimos en pocas décadas que la “bola” de la imagen caiga, podemos caer en una situación verdaderamente irreversible con consecuencias profundas para la humanidad y para el resto de los seres vivos en el planeta.



Los temas que sustentan esta problemática tan profunda son las grandes amenazas ambientales, en secuencia son: 1) El cambio climático, como sabemos es más intenso y rápido desde que hemos aparecido como especie, el cambio climático ha ocurrido siempre pero la tasa a la que ocurre es la más rápida registrada desde nuestra aparición como especie. 2) El cambio en el uso del terreno, básicamente se refiere a la destrucción de los ecosistemas. Sabemos que por lo menos 40% de la superficie de la tierra ha sido alterada de manera dramática, incluyendo los pisos oceánicos. 3) La Contaminación, contaminantes a niveles y cifras record, con sucesos inesperados, encontrando por ejemplo, contaminantes en la grasa de las ballenas y en el cordón umbilical de las mujeres en algunas localidades del planeta. Un problema verdaderamente serio. 4) La población, no es solamente el número de personas sino cómo los recursos se distribuyen de manera tan desigual. 5) La extinción biológica, es la más grande que estamos viviendo desde la extinción más famosa que ocurrió unos

75 millones de años atrás con la extinción de los dinosaurios. Hoy en día hemos puesto nuestra diversidad natural en un pulso de extinción que pudiera fácilmente convertirse en el sexto punto de extinción en los últimos 500 millones de años en la historia del planeta.

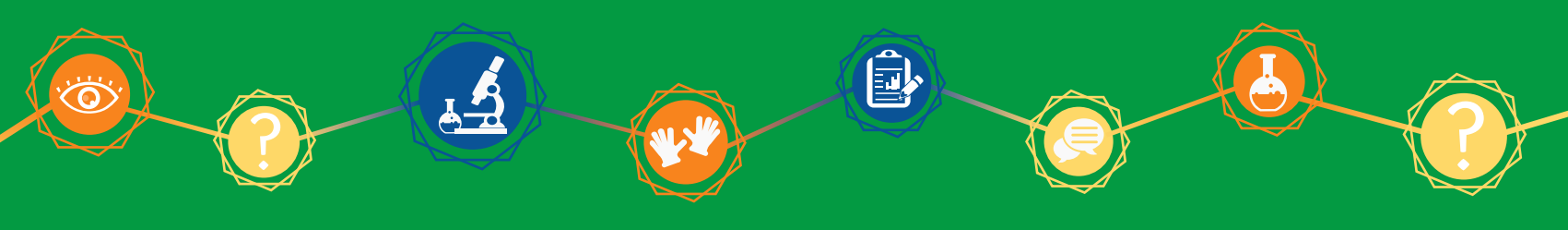
Toda esta problemática ambiental, debe atenderse con la perspectiva de los niños que vienen detrás de nosotros y que deberán afrontar esta problemática tan formidable. Es imposible imaginarse no poner atención a la educación científica en el ámbito de las Ciencias Naturales. Para los maestros y los jóvenes que se encuentran en la escuela diariamente, esto puede parecer apabullante, resulta demasiado como los maestros pueden afrontar la situación. Quiero decirles entonces que no deben perder la esperanza, hay acciones que podemos realizar localmente.

Mi ejemplo particular de cómo estoy tratando de hacer una contribución local, tiene tres elementos: el primero es apoyar a las escuelas locales, es decir,

creo que los investigadores como yo tenemos una responsabilidad de apoyar a las escuelas y a los estudiantes locales desde el inicio, ilusionarlos y motivarlos desde el inicio. El segundo punto se refiere a la necesidad de poner atención especial en los grupos que no han tenido las suficientes oportunidades, grupos marginados social y económicamente. Dado los problemas de migración que hoy tenemos en diferentes partes del mundo, dada la población de inmigrantes en Estados Unidos principalmente, de México y Latinoamérica, es crucial poner atención a los grupos que no tienen las suficientes oportunidades.

El tercer punto, es crucial involucrarse en programas de educación científica pero desarrollados en proyectos de colaboración. Permítanme contarles uno de los proyectos colaborativos que llevo a cabo en un lugar en el cual no se imaginarían que existan problemas de educación. En Silicon Valley, California, hay una gran cantidad de tecnología, ciencia y afluencia económica, sin embargo hay comunidades que no tienen acceso a la educación científica y son particularmente nuestras comunidades. Para ponerlo de manera directa a los compañeros mexicanos, es la "raza" quién está enfrentando estos problemas muy serios de falta de educación.

En este sitio hemos montado un proyecto de educación extra muros, involucrando a la comunidad, a los estudiantes. El programa se llama REAL (*Redwood Environmental Academy of Leadership*), y se refiere a la escuela con la que trabajamos en Redwood en la que se desea crear una academia de líderes ambientales, estos líderes se pretende que sean los mismos estudiantes.



Las metas de este programa son: 1) Proveer a los estudiantes y a los maestros con recursos que les permitan enseñar y aprender Ecología; 2) Diseñar proyectos en los que se “ensucien las manos”, es decir, que participen directamente e inspiren a los estudiantes a aprender Ecología. En esas comunidades, debo decirles que, si alguien se presenta frente a un pizarrón y expone conceptos aburridos por más de 15 minutos, los niños no ponen atención. Tienen que estar involucrados en el quehacer, lo cual nos da una oportunidad fantástica para mostrarles cómo es el quehacer científico. 3) Generar en los estudiantes la confianza de poder hacer bien las cosas, tienen la capacidad para desarrollarse satisfactoriamente en el ámbito de la ciencia. Si ustedes entrevistan a estudiantes de comunidades inmigrantes, ellos piensan que nunca podrán realizar un trabajo en el ámbito de la ciencia, sin embargo tienen toda la capacidad y debemos demostrarles e inculcarles la idea de que lo pueden lograr.

La aspiración e inspiración que estamos desarrollando en este programa es tratar de involucrar a los estudiantes, a los maestros de las escuelas y a las familias para que tengan un aprecio por el valor que tiene la ecología, intrínsecamente por lo fascinante que resulta la ciencia en sí y por la importancia para la sociedad en general. Para llevar esto a cabo hemos desarrollado un curriculum específico en el ámbito de la ecología que tiene módulos para presentar el panorama general y posteriormente sesiones específicas. Nos hemos dado a la tarea de conseguir la infraestructura física básica, nada sofisticado, basta con un salón donde se pueda proyectar y tener uno o

dos microscopios. Desde luego buscamos también el ambiente, este puede ser desde el jardín, el patio de la escuela, hasta un bosque, una pradera o un pastizal, en los casos de comunidades rurales para que sean aprovechados.

Lo siguiente que hacemos es involucrar a mis estudiantes y a otros profesores de la Universidad de Stanford con los profesores y directivos de la escuela en Reedwood, pensamos que enganchando a todos ellos pudiera ser un mecanismo apropiado de involucrarlos en la ciencia. Los estudiantes deben estar involucrados en la ejecución de los proyectos de ciencia y en la medida de lo posible complementar la enseñanza y formación a través de viajes, visitas a laboratorios, museos, o lugares similares.

En el panel del lado izquierdo en la siguiente lámina, les muestro algunas de las sesiones que hemos llevado a cabo con los estudiantes:

Me concentraré en presentarles la actividad número tres, *Fotosíntesis en tu jardín*. Ustedes imaginarán lo complejo, detallado y complicado que es transmitir y comunicar la idea de la fotosíntesis sobre todo a niños de esas edades. Lo que hacemos es verdaderamente simple y trivial; se les compra a los estudiantes con sólo \$5.00 barniz transparente que utilizan las mujeres para pintarse las uñas y hago que lo coloquen en las hojas por la parte de arriba y abajo, después de esperar unos minutos a que seque el barniz, retiran la piel y la observan bajo el microscopio. Los niños observan los agujeros, llamados estomas, por donde se hace el intercambio gaseoso, cuentan cuántos hay por arriba y por debajo de la hoja, esto cambia totalmente la forma de ver la fotosíntesis. La manera, “trampas académicas” de ese estilo, ayudan a involucrar a los niños en la ciencia.

En la misma lámina, en la columna de la derecha les muestro los elementos que contiene cada una de las sesiones que realizamos

Examples of Curriculum Sessions (Hands-on Activities)

- Ecological connections: Watershed to creek
- Invasion of exotic species in native ecosystems
- Photosynthesis in your garden
- Ecological analysis and global biodiversity data
- Art and Science: Hip-hop and fish conservation



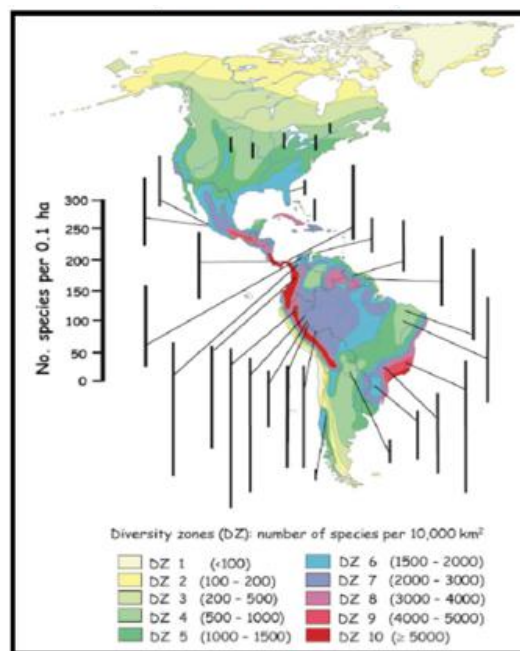
- Framework, conceptual introduction
- Hands-on activity: fieldwork execution
- Analysis of findings: Math, language
- Discussion and evidence-based debate
- Share, communicate
- Student journal

con los niños; primeramente les presentamos el marco de referencia conceptual, en segundo lugar realizamos la ejecución del proyecto, como un paso siguiente analizamos los datos en conjunto con matemáticas y el lenguaje apropiado y posteriormente con la evidencia que hemos obtenido generamos un debate entre ellos con el propósito de comunicar lo aprendido a otros compañeros y a otras escuelas. Y desde luego los estudiantes llevan el registro de su propio trabajo.

Por mostrarles un ejemplo, en la actividad referente al *Análisis Ecológico de la Biodiversidad*, quiero mostrarles cómo un tema tan complicado, como lo es la biodiversidad, se puede llevar a cabo en la escuela con la práctica que hemos discutido en esta conferencia. A los niños les presentamos preguntas de este tipo: ¿Cómo es que cambia la diversidad biológica en el mundo? ¿O será que es igual en todas partes?, si es que cambia, si sabemos que no es igual en todo el mundo, una pregunta que les surge de inmediato a los niños es ¿cómo es que los científicos saben eso? Y tercero, ¿porque eso es importante? Lo que hacemos es involucrar a los niños en la realización de un estudio ecológico a nivel local que tenga también un contexto global.

En el mapa que les muestro a continuación (Figura 2), se observa la riqueza de especies de plantas, es decir la biodiversidad de plantas en nuestro hemisferio. Los colores rojo y azul indican las zonas donde hay mayor riqueza biológica mientras que los colores verdes y amarillos indican la zona con menor riqueza de especies. Mientras más cerca estamos del Ecuador más riqueza biológica hay y a medida que nos

Plant species diversity in the continent (trees DBH > 2.5 cm)



(Dirzo & Raven 2003)

Figura 2: Biodiversidad de plantas en el continente americano

alejamos al norte o al sur, la riqueza disminuye.

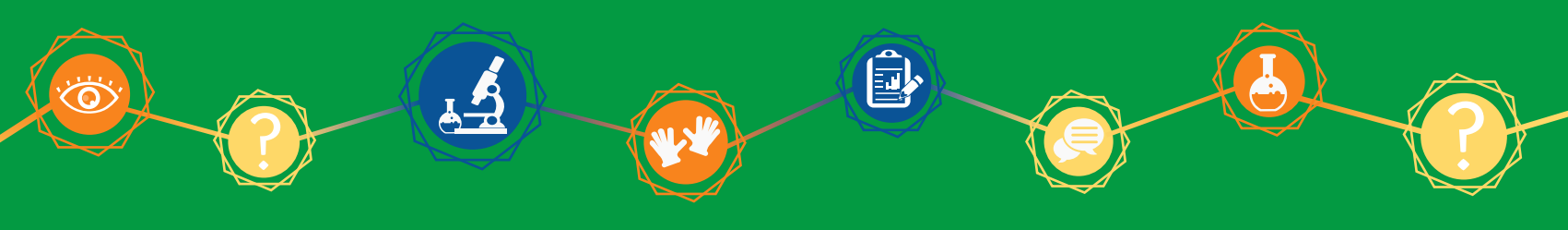
Este es un planteamiento para los niños. En California, ¿cómo va a ser la diversidad biológica si la comparamos con otra parte del mundo?, imaginen la cara de los niños cuando se plantean que podrán contribuir a este enorme mapa conociendo la riqueza de plantas de su sitio. Les enseñamos un método que consiste en tomar una muestra (el concepto de muestreo), para posteriormente llevar a cabo un análisis científico, en este caso lo hacemos en una reserva cerca de la universidad. Les enseñamos cómo hacer una metodología que es repetible de sitio a sitio para que alguien más la pueda repetir o verificar, y después simplemente contamos las especies, analizamos y discutimos los resultados.

Es verdaderamente espectacular lo que se puede hacer con métodos

tan simples y el nivel de respuesta de los estudiantes es increíblemente atractivo.

En el último ejemplo que quiero presentarles, en la actividad referente a *Arte y Ciencia* tratamos de combinar no solamente STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) sino STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) como se mencionó en la presentación anterior. En esta actividad lo que hacemos es llevar un especialista en Hip hop que ayude a los estudiantes a realizar canciones y películas sobre los peces o la situación de la conservación del planeta.

Cuando hemos hecho las evaluaciones de este programa, como pueden ver en la lámina (Figura 3), en verde se muestran las percepciones iniciales de los niños y en rojo su percepción dos años después. Como ha cambiado



Evaluation of REAL outcomes at year 2

(By Melissa Arnold, ESA Education Officer)

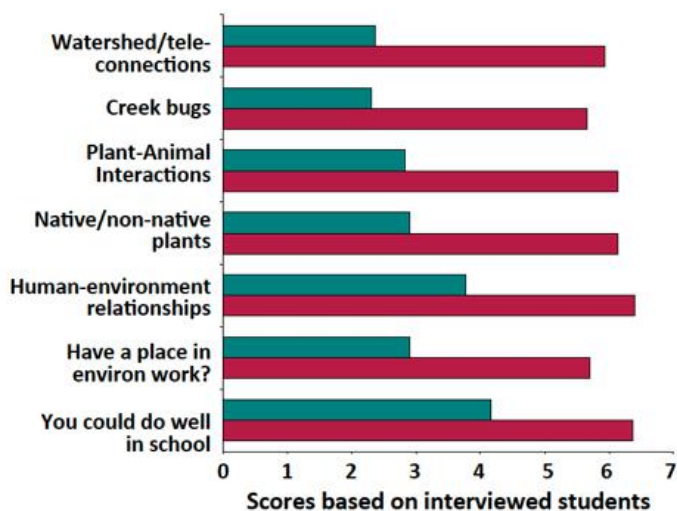


Figura 3: Resultados de la evaluación del Programa REAL

su confianza, como ha cambiado su conocimiento de diferentes temas de ciencia y en la barra inferior que nos muestra cómo creen que sería su desempeño si desearan seguir estudiando.

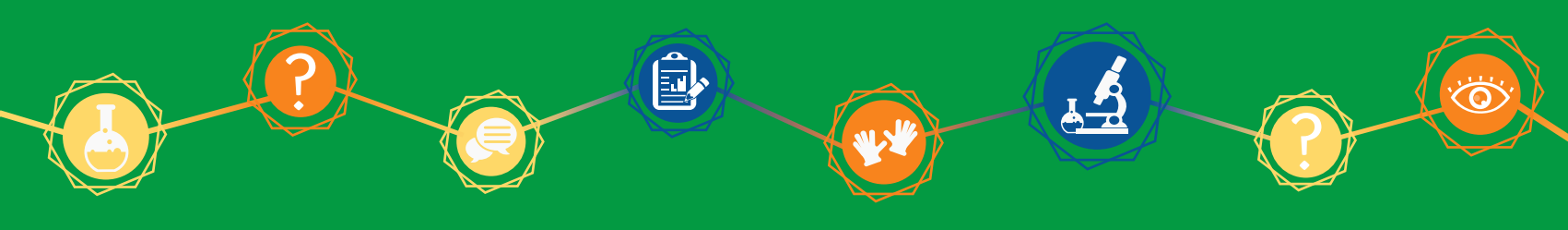
Este programa que llevamos a cabo con niños de comunidades inmigrantes en California, ahora los vamos a ligar a través de la tecnología con niños de la Ciudad de México. Haremos una expedición en California, y otra con los niños en el Pedregal de San Ángel en México. Con ayuda de la tecnología, hay un programa que se llama inaturalist (www.inaturalist.org), toman una fotografía de una planta o de un animal y obtienen la identificación y ecología de esa planta o animal, así los niños de California podrán discutir con los niños en México, intercambiándose e internacionalizándose el conocimiento de la ciencia.

Este tipo de programas, como el Programa REAL que se basa en aprender al ir haciendo, nos ha resultado de lo más atractivo y alentador. Es un programa que no se puede llevar a cabo si no es un programa colaborativo, en nuestro caso es una escuela que nos apoya con dejar que llevemos el proyecto

a sus niños y maestros; desde luego es un proyecto apoyado por la universidad de Stanford, por los estudiantes de mi laboratorio y otras universidades que participan en este tipo de programas.

Este tipo de cosas me hace sentir esperanzado que ante la problemática de la ciencia y el ambiente, hay mucha esperanza si enfocamos nuestra atención e interés en promover la ciencia en las comunidades que no están privilegiadas.*

* Transcripción de su presentación



Panelista:

MAURICIO DUQUE

Programa Pequeños Científicos

Uzkanga, Izaskun
Fundación propagas, Pequeños Científicos, Centro Greta STEAM, república Dominicana
Duque, Mauricio
Universidad de los Andes, Programa Pequeños Científicos, Colombia

Introducción

La educación STEM ha adquirido cada vez más relevancia en las últimas dos décadas. Las razones son sencillas: cerca del 4% de los profesionales STEM tienen de alguna forma, sobre sus hombros, la generación de capacidad tecnológica y de puestos de trabajo para el restante 96% (OECD, 2011b). De hecho, se pueden mencionar dos grandes razones para una mejor educación STEM:

- El ciudadano requiere de una formación STEM para el siglo XXI
 - Para su propio bienestar, para su empleabilidad
 - Para participar en una democracia del siglo XXI
- La sociedad requiere de individuos con formación STEM
 - Para ser productiva y competitiva
 - Para lidiar con los problemas contemporáneos
 - Para contar con más científicos e ingenieros

A continuación, se presenta brevemente una visión STEM, así como lo que en dos países, República Dominicana y Colombia, están realizando.

Una visión curricular STEM/STEAM

La abundante literatura sobre STEM, o más recientemente STEAM, muestra el interés que en el mundo ha despertado lo que está tras estas letras. Sin embargo, la lectura de muchos documentos sobre la materia no termina de aterrizar en sentido en el aula de STEM o STEAM.

A menudo basta que se trabaje con uno sólo de sus componentes para que se hable de STEM, lo cuál ha sucedido a menudo con los programas en ciencias, donde, basados en que hacer ciencias tiene que ver con tecnología, matemáticas y obviamente en ingeniería, se le certifica como una iniciativa STEM.

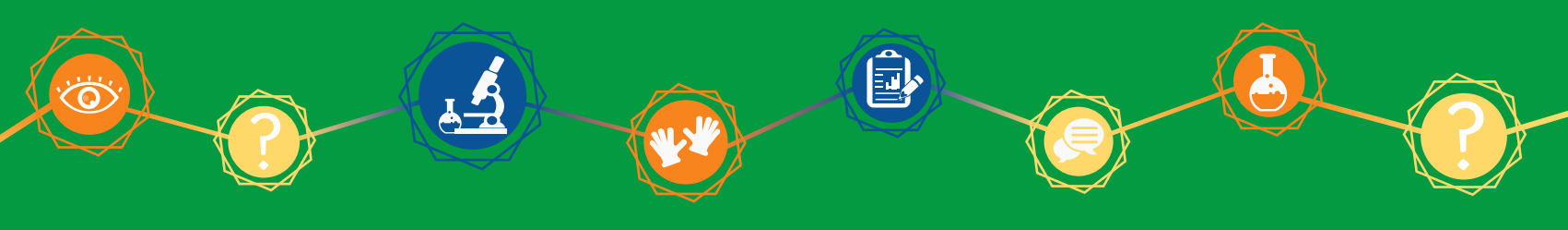
Desde la perspectiva del programa de Pequeños Científicos en su desarrollo en Colombia y en República Dominicana se ha preferido una versión más completa del término, partiendo de que se quiere algo o mucho más que simplemente educación en ciencias. Las características que se han definido en el marco de este programa binacional son:

Se requiere un abordaje integral de la alfabetización en matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería

- Estas áreas se conectan, se enriquecen, se refuerzan
- Las matemáticas continúan siendo el gran obstáculo en este conjunto de disciplinas escolares.
- La tecnología, la ingeniería no son simplemente ciencia aplicada

Pero integral no significa mezclado—no trivializar

- Cada disciplina tiene sus



particularidades como objeto de estudio y como objeto a enseñar

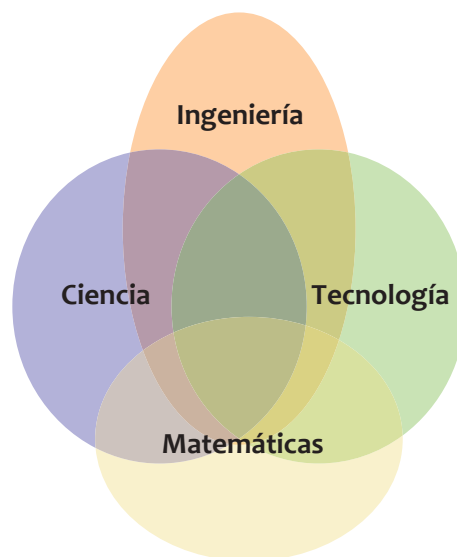
- Requiere de sus estrategias propias de aprendizaje si bien son múltiples las conexiones

Tampoco significa separado:

- Cada área encuentra en los otros, contextos de aprendizaje genuinos y llamativos
- Son disciplinas profundamente conectadas con grandes interdependencias

Desde esta perspectiva la propuesta con la que viene trabajando este programa binacional es fomentar mejoras en el aprendizaje de cada una de las disciplinas, haciendo evidente sus relaciones al interior de la enseñanza-aprendizaje de cada una de ellas, incluyendo la lectura y las habilidades de comunicar. Igualmente cerrar el proceso con algunos proyectos transversales que permitan consolidar la conexión entre las disciplinas.

Finalmente una visión *STEM* debe llegar a políticas públicas en currículo donde, por ahora, ningún país de alto desempeño se ha lanzado en la aventura de proponer un currículo integrado y prefieren continuar con descripciones y prescripciones en cada disciplina, si bien ejemplos como el NGSS (2013) trazan conexiones, por ejemplo, con ingeniería. Una buena razón para no terminar haciendo una mezcla de todas las disciplinas es que las propuestas curriculares transversales tienden a funcionar mal en los sistemas educativos (Hattie, 2009). La razón posiblemente se deba a la capacidad que deberían tener los docentes para manejar algo integrado.



Claramente si este tipo de integración no sucede en los países de alto desempeño, donde la profesión docente es de las más exigentes, menos podrá pensarse en una aproximación de esta naturaleza en los países latinoamericanos.

La producción de una política pública en currículo implica responder a preguntas como:

- ¿Qué se debe aprender, ¿Qué se debe aprender a hacer? ¿para qué?
- ¿Cuáles son las grandes comprensiones?
- ¿Cuáles serían las grandes preguntas que deben guiar la indagación en el aula?
- ¿Cuáles deben ser los aprendizajes que deben perdurar para la vida?
- ¿Existen materiales educativos de calidad para esta visión?
- ¿Cómo preparar a los docentes para esta visión?
- ¿Cómo preparar a los estudiantes para esta visión?
- ¿Cómo preparar a la sociedad para el cambio?

A menudo los desarrollos de currículo a nivel nacional responden sólo algunas de estas preguntas.

Por lo pronto, países como Colombia y República Dominicana tienen propuesta curriculares muy diferentes:

- Colombia: estándares por grupos de grado, de difícil comprensión por parte de los docentes.
- República Dominicana: Programas nacionales por grado con un alto nivel de saturación de conocimientos declarativos.

Ambos se pretenden constructivistas y orientados por competencias, pero un examen con respecto a programas nacionales de países de alto desempeño muestra en los dos casos documentos excesivamente complejos que finalmente no han resultado funcionales para el mejoramiento de la calidad de la educación en ambos países.

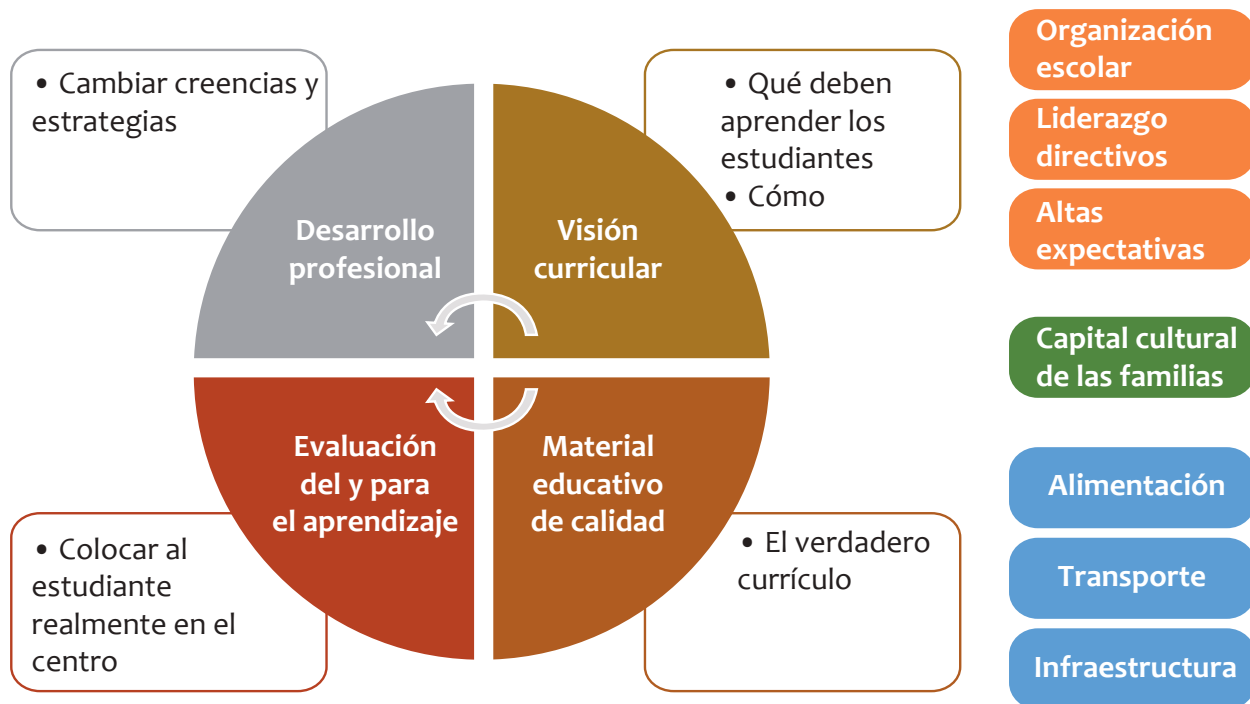
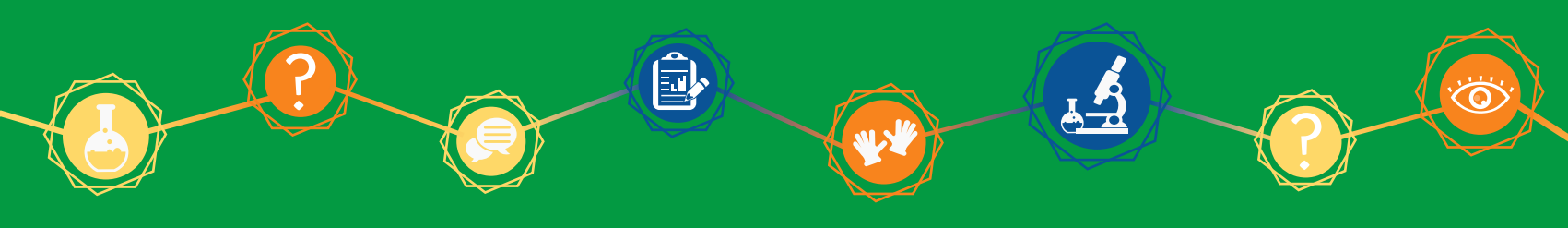
Mejoramiento de la calidad en la educación: ¿qué implica?

Mejorar la calidad de la educación requiere una intervención profunda que implica manejar diversas variables.

En particular resulta claro que la calidad de un sistema educativo se encuentra a la altura de los docentes de que dispone el sistema (McKinsey, 2007).

Mejorar la calidad de la educación incluye al menos 4 grandes dimensiones:

- **Desarrollo profesional con el poder de cambiar concepciones en educación.** Infortunadamente, la mala interpretación de las teorías constructivistas como una pedagogía de enseñanza ha llevado a fomentar en las últimas décadas prácticas de aula contrarias a la investigación científica en la materia (Darling-Hammond & Richardson, 2009; Hattie, 2016;



Kirschner, Sweller, & Clark, 2010; Richardson, 2003). No sólo hay que cambiar a los docentes sino el enfoque de la formación inicial, aun fuertemente moldeada por las pedagogías derivadas de esta mala interpretación del constructivismo.

• **Definición clara de los aprendizajes.** Los factores que más afectan los logros educativos se asocian a claridad en los aprendizajes y altas expectativas sobre estos aprendizajes de docentes, familias y estudiantes (Australian Society for Evidence Based teaching, 2015; Hattie, 2012; Martinic, Huespe, & Madrid, 2008). Una evaluación formativa es imposible sin una clara definición de aprendizajes. De hecho países desarrollados como Inglaterra han promovido simplificar y aclarar los programas nacionales (Department of education, 2011).

• **Material educativo de calidad.** Ante las debilidades de los docentes y la falta de herramientas contundentes para una buena ejecución en el aula, se requiere material educativo de alta calidad

que le ayude a aprender y a enseñar (Davis & Krajcik, 2005).

• **Finalmente, la evaluación.** En sus diferentes formas, la evaluación es fundamental. Sólo en el marco de la rendición de cuentas la autonomía de los establecimientos es positiva (Hattie, 2015; OECD, 2011a). Igualmente, sólo un diagnóstico de lo que saben o no saben los estudiantes, puede ayudar al desarrollo de las competencias faltantes.

Obviamente otros factores afectan la calidad de la educación, pero los cuatro anteriores están en la base del proceso de mejoramiento. Ello implica que se requiere desarrollar las 4 dimensiones para una propuesta STEM seria.

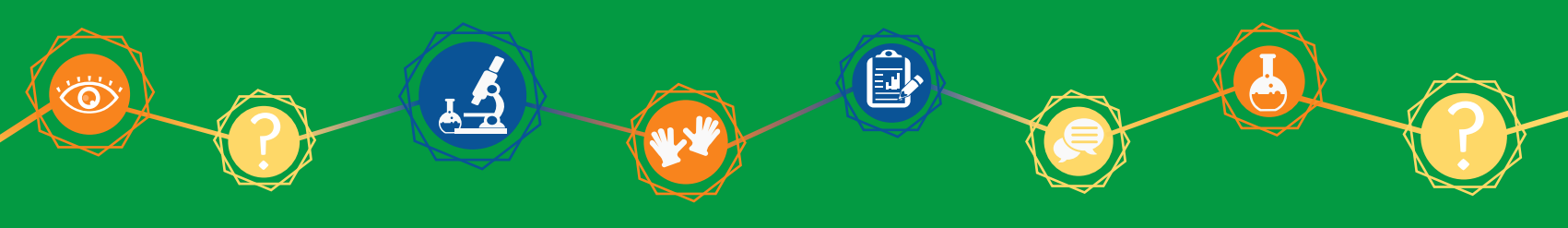
En un esfuerzo conjunto entre República Dominicana y Colombia, con el apoyo de Canadá, se desarrollaron materiales educativos para matemáticas compatibles, con una aproximación por indagación semejante a la aplicada en ciencias.



Los grandes obstáculos

Son múltiples los obstáculos a salvar para mejorar la educación en nuestros países:

Lectura comprensiva: Uno de los mayores retos de estos países, en los que métodos de enseñanza de los años 70, ampliamente desvirtuados por la investigación, siguen siendo utilizados (Dehaene, 2015; Fisher, Frey, & Hattie, 2016).



Seguimos en un paradigma denominado constructivista y de la educación por competencias, con prácticas erróneamente derivadas de estos dos conceptos que en su base son poderosos.

En este sentido, el sector educativo permanece relativamente impermeable a la investigación científica sobre el aprendizaje.

Se sigue exigiendo a docentes mal preparados en nuestros países lo que no se les pide a docentes de países de alto desempeño, seleccionados entre los mejores: diseños curriculares, diseños de materiales, innovación, investigación.

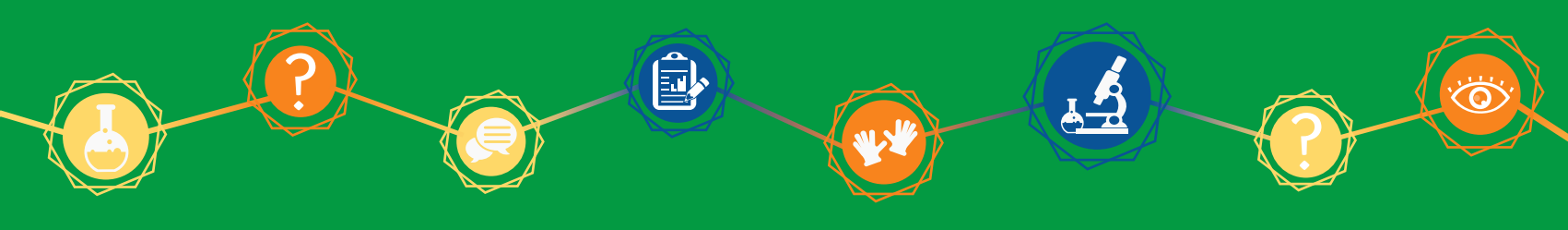
En estricto sentido, un estudiante en su aula de clases es sometido a las denominadas innovaciones educativas con menos controles éticos que los que se colocan a la experimentación con animales en laboratorios, lo cual no deja de plantear un interrogante ético central: la docencia parecería no pegarse a los estándares éticos de otras profesiones, donde la improvisación es duramente castigada y la innovación requiere antes que nada un estudio juicioso del estado del arte en la materia, pruebas intensivas antes de llevar “soluciones” a los seres humanos y agremiaciones profesionales que dictan estándares de la profesión (Celis, Duque, & Díaz, 2013).

Cierre

Mejorar la educación en nuestros países implica:

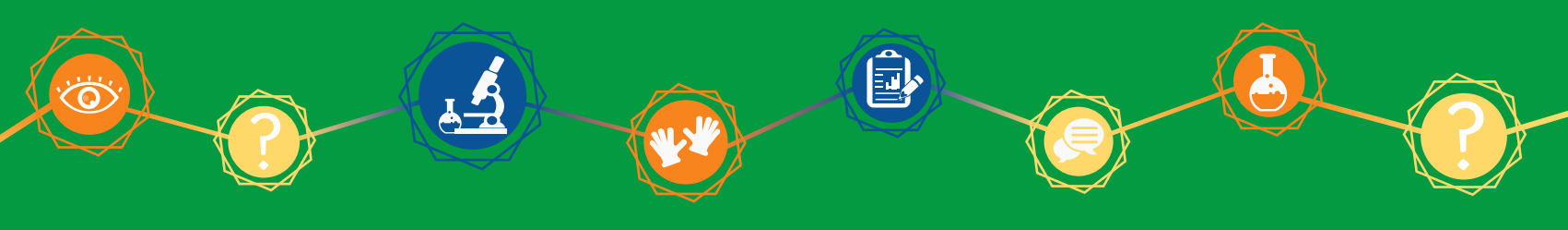
- una acción integral de múltiples actores basada en las evidencias y en la mejor información disponible. Es necesario que la ciencia entre en la educación y que los docentes entren en los códigos de ética profesionales de todas las otras profesiones;
- la educación es suficientemente importante como para dejarla en manos de un solo actor de la sociedad.*

* Documento sobre su presentación



REFERENCIAS

- Australian Society for Evidence Based teaching. (2015). How to give feedback to students: the advanced guide.
- Celis, J., Duque, M., & Díaz, B. (2013). La enseñanza como profesión: un factor fundamental para promover el tránsito entre la Educación Media y la Superior. *Revista Internacional del Magisterio*, 64(Septiembre-octubre), 28-33.
- Darling-Hammond, L., & Richardson, N. (2009). Research/teacher learning: what matters? *How teacher learn*, 66(5), 46-53.
- Davis, E., & Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational researcher*, 34(3), 3-14.
- Dehaene, S. (2015). *Aprender a leer; de las ciencias cognitivas al aula*. Buenos Aires: Siglo XXI editores.
- Department of education. (2011). *The Framework for the National Curriculum: A report by the expert Panel for the National Curriculum review*. Retrieved from London:
- Fisher, D., Frey, N., & Hattie, J. (2016). *Visible learning for literacy K-12: implementing practices that work best to accelerate student learning*. London: Corwin Literacy.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers: maximazing impact on learning*. New York: Routledge.
- Hattie, J. (2015). *What doesn't work in education: the politics of distraction*: Pearson.
- Hattie, J. (2016). *Hattie Ranking: 195 Influences And Effect Sizes Related To Student Achievement*. Retrieved from <http://visible-learning.org/hattie-ranking-influences-effect-sizes-learning-achievement/>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2010). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.
- Martinic, S., Huespe, D., & Madrid, A. (2008). Jornada escolar completa en Chile. Representaciones de los profesores sobre sus efectos en los aprendizajes. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 1(1).
- Mckinsey. (2007). How the worlds's best-performing school systems come out on top. Retrieved from
- NGSS. (2013). *The next generation science standards: for states, By states*. Washington: National Academy Press.
- OECD. (2011a). *Autonomía y rendición de cuentas en los centros educativos: ¿están relacionadas con el rendimiento de los estudiantes?* Retrieved from
- OECD. (2011b, 23-24 May). *Education for innovation: the role of arts and STEM education: Workshop summary report*. Paper presented at the Workshop OECD, Paris.
- Richardson, V. (2003). Constructivist pedagogy. *Teachers college record*, 105(9), 1623-1640. doi: 10.1046/j.1467-9620.2003.00303.x



Panelista:

KAREN WORTH

Wheelock College

Estas notas se refieren al reto de desarrollar currículos que tomen en cuenta los cambios en el papel que la ciencia desempeña en el mundo y los cambios en la experiencia de los niños, así como los papeles que desempeñan los profesores y el contexto de éstos últimos.

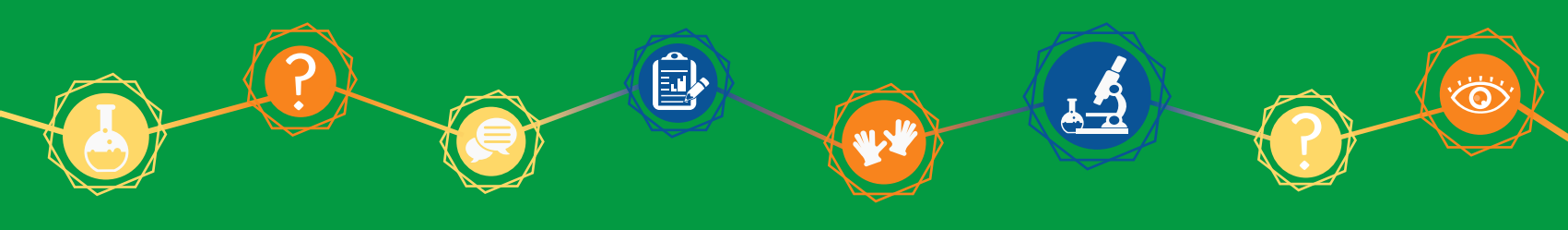
Hay varios documentos recientes procedentes de diversos países que abordan la importancia de la ciencia hoy día y que definen contenido básico a grandes rasgos. “Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias” es uno de ellos. Me gustaría difundir este trabajo en los Estados Unidos de América, no porque piense que es un modelo a seguir sino porque creo que es valioso estudiar este tipo de trabajos y, especialmente, el razonamiento subyacente a ellos. En Estados Unidos de América, la Academia Nacional de Ciencias ha contribuido mucho desde los noventas, cuando se desarrollaron los primeros estándares nacionales, al igual que la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia con sus referentes sobre la alfabetización científica. Recientemente, en un intento por actualizar los estándares desarrollados en los

noventas, el Consejo Nacional de Investigación desarrolló el *Marco de Trabajo para la Enseñanza de la Ciencia en Educación Básica: Prácticas, conceptos transversales e ideas clave*. Es de particular interés que en este documento se hayan incluido la tecnología, la ingeniería y las aplicaciones de la ciencia. Al incorporar la E y la T de STEM, así como la idea del aprendizaje progresivo de conceptos científicos, este nuevo documento trata de preparar el terreno para el desarrollo de estándares y para decidir lo que debe incorporar el currículo.

En 2013 se desarrolló un conjunto de estándares (los Estándares de Ciencias de la Próxima Generación, NGSS por sus siglas en inglés) a partir de dicho marco. Estos estándares tratan de reflejar de manera más específica lo que se entiende como aprendizaje progresivo, al definir estándares para cada grado a

nivel elemental y por asignatura a nivel medio. Están organizados tanto por ideas centrales como por tema. Además, están redactados de manera que quede clara la necesidad de actividades concretas, con la idea de relacionar teoría y práctica. No es un currículo como tal, pero proporciona una guía mucho más firme que las disponibles anteriormente, especialmente en lo que se refiere a la organización por temas. Actualmente tenemos también dos programas simultáneos que se esfuerzan por desarrollar evaluaciones fijas adecuadas para dichos estándares.

Dado que constituimos un sistema educativo descentralizado, los documentos a nivel nacional son sólo sugerencias. Lo que importa en términos de estándares y evaluación es lo que sucede a nivel estatal. Aunque muchos estados (40) sólo expresaron interés, 14 han adoptado



los estándares con resultados muy variados.

Es realmente poco claro el alcance de esta visión nueva, pero será interesante observar el impacto, si es que lo hay, en los estados que adopten los estándares y las evaluaciones, y comparar dichos estados con aquéllos que no los hayan adoptado. En cierta forma, es un experimento natural. Este sería el escenario en los Estados Unidos de América, pero debido a los controles locales a nivel estatal y a nivel distrital, se trata realmente de un escenario más que de una realidad.

Me gustaría tratar los currículos desde una perspectiva ligeramente diferente a la que tomó Pierre Léna en su presentación, y compartir algunas ideas/retos relacionados con el desarrollo de planes de estudios en la escuela y en el aula. Creo que el material del currículo para escuelas y docentes es esencial al implementar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, y que si pensamos cuidadosamente en ideas nuevas y tecnologías de información recientes, podemos mejorar nuestro desempeño actual.

No quiero alejarme demasiado del tema de esta sesión, pero es difícil hablar de currículos sin hablar de los profesores y del entorno en el que trabajan. El desarrollo de material de alta calidad para los docentes debe tomar esto en consideración.

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación es difícil de implementar y requiere una gran habilidad y mucho conocimiento en cinco áreas (o tal vez más) que se traslapan. Algunas de ellas son específicas de la ciencia; otras son más generales y tienen relación con varios campos del conocimiento.

Contenido científico

Para aplicar correctamente la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, los docentes deben tener una comprensión básica de la naturaleza de la ciencia, así como de las grandes ideas o conceptos. En la escuela primaria, donde un solo profesor enseña todo el currículo, este requiere conocimientos en muchas ramas de la ciencia. El nivel de comprensión no es claro. Si añadimos la T y la E de STEM, además de la informática y los asuntos claves que trató Pierre Léna, estamos hablando de una cantidad enorme de conocimiento.

Conocimiento de la ciencia pedagógica

Conocer los contenidos no es suficiente. Para enseñar un contenido, el docente debe comprender y ser capaz de utilizar la pedagogía de la indagación científica, y saber cómo presentar ideas y experiencias a los niños de manera que les brinden oportunidades de construir una base sólida para un aprendizaje y una comprensión mayores. También debe mantener el placer y la curiosidad de los alumnos al explorar su mundo. Aunque tengamos cierta idea de esto a partir de las ideas básicas descritas en Grandes Ideas, cuando nos adentramos en currículos integrales nos encontramos en un punto ciertamente complejo.

Conocimiento pedagógico

No es privativo de la enseñanza de la ciencia el conocimiento que deben tener los profesores de las estrategias de instrucción que conforman la base de la enseñanza y el aprendizaje: manejo de grupo, evaluación, la forma de construir una cultura del aprendizaje en el aula. Sin embargo, la ciencia tiene requerimientos específicos, como el manejo de materiales, el desarrollo

del discurso de los niños y la investigación por equipos efectiva.

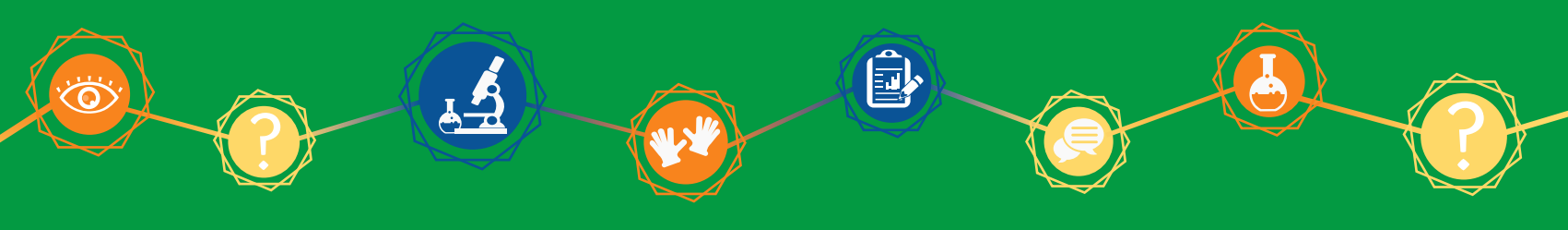
Desarrollo del niño

Para entender los conocimientos y el razonamiento de los niños, y para poder construir a partir de eso, los docentes deben saber la manera en que se crean y modifican las ideas en la mente del niño, así como el valor de los conceptos ingenuos. También es importante que conozcan el tipo de enseñanza apropiada para diferentes momentos del desarrollo infantil y que estén atentos a las necesidades especiales de cada niño.

Contexto

En cualquier aula, los niños proceden de distintos entornos socioculturales, que pueden manejar visiones de la ciencia diferentes a las que se describen aquí. También tienen su propio sistema de valores y creencias en lo que respecta a la educación. Además, los niños han tenido sus propias experiencias dentro y fuera de la escuela. Para enseñar de manera efectiva, los profesores deben manejar estrategias para trabajar con las familias, identificar y conocer dichas diferencias e integrarlas en su propia instrucción.

Otro reto para el currículo es el hecho de que los profesores generalmente operan en un centro educativo grande y complejo, en comunidades, así como con los elementos del contexto nacional que pueden influir su enseñanza y la manera en que deben impartirla. Si bien los currículos no deben sucumbir ante estos elementos, los docentes necesitan apoyo para navegarlos. A continuación, menciono algunos:



Un currículo sobresturado, donde se da prioridad a algunas asignaturas sobre otras

Aunque hay una cantidad enorme de temas que es importante enseñar, cuando menos en los Estados Unidos de América las matemáticas y la lengua tienen prioridad sobre otras ramas del conocimiento, así que su enseñanza consume una gran parte del tiempo de instrucción. Se suele considerar que la Ciencia es menos importante, por lo que se le otorga menos tiempo por día y por semana. Sin embargo, la enseñanza de la ciencia basada en la indagación requiere mucho tiempo para que los niños construyan su comprensión.

Progresión

Cada vez entendemos mejor la manera en que los niños construyen la comprensión de las grandes ideas. Con el transcurso de los años, esta comprensión se vuelve más profunda y son capaces de establecer relaciones más sofisticadas. Sin embargo, muchos currículos organizados por grados no toman esto en cuenta.

Diferencias filosóficas y pedagógicas

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación se basa tanto en una filosofía constructivista (y de constructivismo social) como en estrategias de instrucción que incluyen experimentación, tomar riesgos, argumentar y colaborar. Si la filosofía en boga apoya la enseñanza vertical y la adquisición de información mediante la memoria, la enseñanza de la ciencia basada en la indagación y las estrategias de aprendizaje probablemente vaya contra esa visión. Esto hace que el profesor y sus alumnos deban trabajar siguiendo métodos que restan utilidad a la enseñanza basada en la indagación.

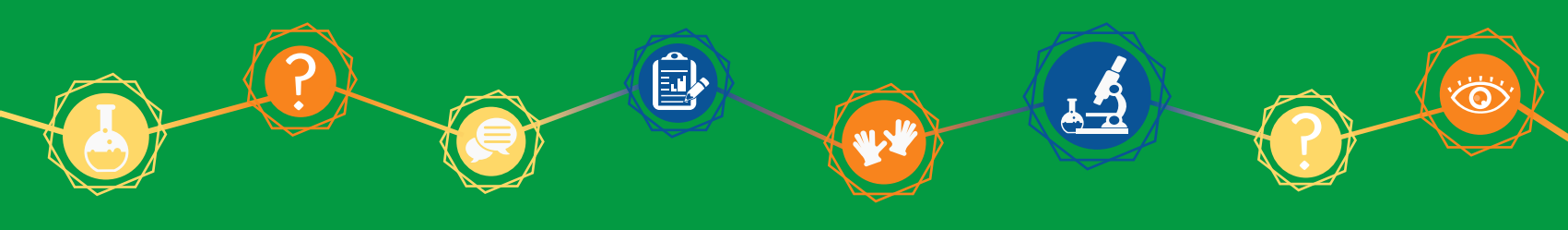


Propósito de la educación escolarizada

Relacionado con las diferencias en el enfoque filosófico, puede haber distintos valores y creencias acerca del propósito de la educación escolarizada. No es raro en los Estados Unidos de América, que en los niveles estatal y distrital, se considere que el principal propósito de la educación escolarizada es la adquisición de información y habilidades básicas,

y no el desarrollo del pensamiento crítico e independiente. Los exámenes estandarizados tienden a acentuar este problema.

Me gustaría hacer notar un último punto, que es de gran importancia en el desarrollo del currículo: los profesores de una comunidad dada, de cualquier tamaño, están en distintos niveles de desarrollo como docentes. Cualquier cambio en la forma de enseñar un tema se da de



forma continua. Los profesores que están preparándose para aplicar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación están menos preparados que aquéllos que ya lo hacen, así que necesitan otro tipo de apoyo. Ellos también tienen un aprendizaje progresivo, del cual necesitamos aprender mucho. Debemos desarrollar currículos que sirvan tanto para el docente novato como para el experto. En esencia, debemos construir el avión en pleno vuelo.

Dados los conocimientos, las habilidades y la disposición necesarios a enseñar ciencia de manera efectiva en diversos contextos, y el hecho de que proporcionar una senda que conduzca a los profesores novatos hasta convertirlos en expertos es en sí una progresión, el papel que desempeña el currículo no es enorme pero sí significativo. Es mucho más importante el desarrollo de los docentes, no sólo

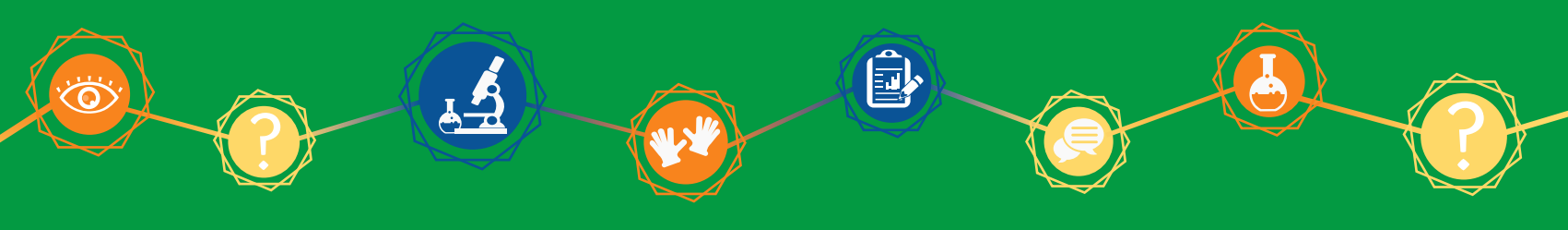
en cuanto a ciencia sino también en lo que se refiere a pedagogía constructivista y el aprendizaje, así como crear contextos a niveles local y nacional que permitan este tipo de enseñanza.

Entonces el currículo es extremadamente importante, y me refiero al currículo que llega a manos del profesor. *Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias* proporciona un mapa que sirve como base para el desarrollo de currículos. Sin embargo, el desarrollo de un currículo también debe considerar los conocimientos y habilidades que los docentes deben poseer, además de las restricciones que impone el contexto. Esto es de importancia crucial al diseñar unidades de estudio y también para un grado y para amplios programas curriculares de las escuelas.

El desarrollo de currículos es un trabajo de equipo donde participan científicos, docentes expertos y educadores de la ciencia. Los currículos de alta calidad pueden guiar a los profesores para que impartan enseñanza de la ciencia basada en la indagación sólo si están contruidos de acuerdo con las siguientes bases.

Contenido

El currículo debe reflejar la mejor definición del contenido clave (conceptos y práctica). Una definición dada será muy similar en la mayoría de los textos serios. Sin embargo, tenemos mucho que aprender sobre la manera de integrar efectivamente el contenido y de manejar varios asuntos delicados, como los que describió Pierre Léna en su trabajo. También debemos tener en mente que la progresión lógica del razonamiento puede no corresponder exactamente con la



progresión de las ideas de los niños, y que sus intereses a veces pueden excluir asuntos que a nosotros nos parecen muy importantes. Estas precauciones deben tomarse muy en serio. Sentimos la necesidad de tratar temas como el cambio climático, la disminución en la biodiversidad y la destrucción del medio ambiente, y queremos hacerlo de acuerdo con nuestra concepción incipiente de las progresiones. Debemos tener cuidado de mantener vivos la emoción y la curiosidad de los niños, así como de fomentar el reto que experimentan para encontrarle sentido a su entorno inmediato. Si no aprecian el mundo natural y los caminos que marca la ciencia, no les interesarán esos problemas.

Desarrollo infantil

El currículo debe reflejar el conocimiento que tenemos sobre desarrollo infantil y las estrategias que poseemos para descubrir el conocimiento y la forma de pensar de los niños (evaluación formativa). Al trabajar con niños pequeños, puedo apreciar la enorme pérdida de tiempo que hay cuando tiene lugar cualquiera de las tres situaciones siguientes: 1) Se les pide a los niños que trabajen con las grandes ideas antes de que hayan entendido y experimentado con las pequeñas; las grandes ideas pueden ser demasiado abstractas o pueden requerir conocimientos de los que carecen los alumnos. 2) No se les da a los estudiantes tiempo suficiente para reflexionar, pensar y razonar. 3) Se hace trabajar a los niños en temas como las especies en peligro de extinción o el cambio climático, antes de que estén listos en términos de interés y conocimiento.

Conocimiento de la ciencia pedagógica

Es claro que el currículo debe reflejar nuestro conocimiento

acerca de la manera en que deben presentarse las ideas a los niños. Esto involucra tomar en cuenta sus nociones típicamente ingenuas, así como teorías y estrategias de razonamiento.

Estrategias de instrucción

Relacionado estrechamente con el punto anterior, los currículos deben guiar con claridad a los docentes en el uso de estrategias de instrucción que apoyen la enseñanza basada en la indagación. Algunas de éstas son: hacer preguntas, facilitar la discusión y la argumentación, requerir el uso de cuadernos de ciencia, estructurar investigaciones efectivas, identificar el material necesario e incorporar varias estrategias de evaluación formativa, con guías sobre la forma de analizar dichas evaluaciones.

Progresiones

El currículo debe reflejar lo que sabemos sobre las progresiones que suelen tener lugar en una unidad individual, en un programa anual dentro del aula y en un programa escolar en general. Al mismo tiempo, debe dar lugar para la variación que inevitablemente existe.

Evaluación

Finalmente, el currículo debe incluir una gran variedad de estrategias de evaluación, tanto formativa como sumativa. Aunque dichas evaluaciones no vayan a reemplazar a corto plazo los exámenes nacionales y estatales, ayudarán a los profesores a enseñar y proporcionarán información sobre el aprendizaje que les permitirá mejorar su propio desempeño.

Lo que el currículo no puede hacer (y donde puede, de hecho, constituir una influencia negativa) es predecir e incluir las decisiones y respuestas cotidianas que constituyen la base de una buena enseñanza. Son los

conocimientos y la experiencia del docente los responsables de que funcione el currículo; no las unidades ni ningún tipo de instrucciones. Se trata de las decisiones que los profesores toman en diversas situaciones, como una pregunta, un diálogo entre alumnos o resultados novedosos. Son las decisiones de lo que sucederá mañana y la próxima semana, a partir de la forma en que han estado trabajando los alumnos y no sobre un currículo escrito. Lo importante en este proceso son el desarrollo profesional y el acompañamiento, no el currículo. Conforme los profesores siguen el currículo, deben tomar estas decisiones de acuerdo con diversos aspectos, algunos de los cuales se exponen a continuación.

El contexto individual de cada niño

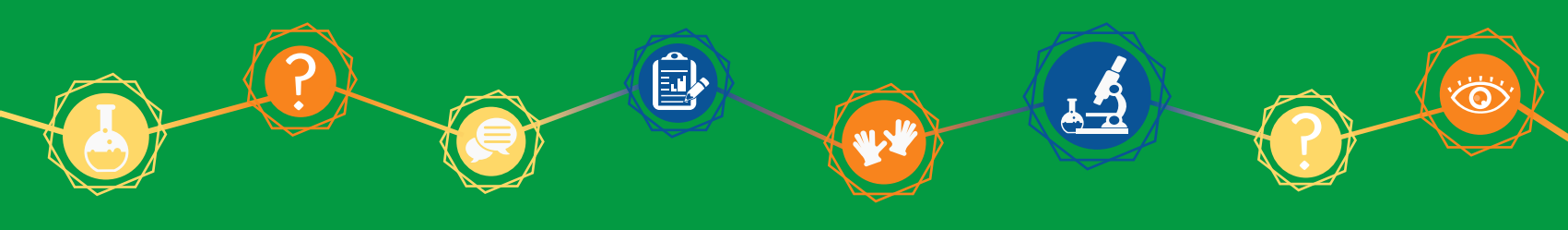
¿Cómo es su entorno? ¿Qué tipo de experiencias ha tenido? ¿Qué experiencia individual trae a la escuela? ¿Qué tipo de asuntos comunitarios pueden resultarle de interés? ¿Qué experiencias adicionales es probable que tenga en un futuro?

Necesidades de desarrollo

Cada grupo de niños tiene individuos con distintas capacidades, intereses y retos, así como sus propias teorías ingenuas. Ningún currículo puede cubrir eso. ¿Cómo evaluar a cada niño? ¿Qué nivel de comprensión se espera para el grupo y a nivel individual? ¿De qué manera puede adaptarse una lección para que satisfaga diversas necesidades especiales?

Preguntas de los niños

¿Cómo pueden responderse las preguntas de los niños? ¿Qué hacer si no se puede responder una pregunta?



Adaptación a necesidades externas

¿Qué compromisos son necesarios de asumir dadas las prioridades, el tiempo y los valores locales? ¿Cómo puede hacerse compatible la demanda de las pruebas locales sin restar efectividad al currículo? Esto último es un asunto serio en los Estados Unidos de América.

Es interesante pensar sobre la manera en que los nuevos currículos digitales pueden ayudar realmente, al poner a disponibilidad del profesor guías con estrategias alternativas, información y sugerencias para manejar distintas situaciones, contenido que deben manejar, así como estrategias pedagógicas. También pueden tomar en cuenta entornos variados, modificaciones para niños con necesidades especiales y variaciones de acuerdo con la experiencia del profesor.

En resumen, los docentes requieren currículos de alta de calidad que puedan guiarlos en las áreas correspondientes, además de ayudarlos a desarrollar sus conocimientos y habilidades: en otras palabras que sea educativo. Debe estar integrado con STEM, así como con el uso del lenguaje y con otras áreas. Es importante que se encuentre en el justo medio entre la prescripción, para profesores al inicio de la progresión, y flexibilidad, que permita la apertura en el caso de docentes experimentados.

No puedo terminar mi presentación sin mencionar a los más jóvenes (tres a cinco años), a quienes se dirige parte de mi trabajo. Actualmente, hay mucha más investigación y, en Estados Unidos de América, también más retórica sobre la importancia del Preescolar.

Aunque estamos atrasados respecto a muchos países en lo que respecta a la cobertura universal en Preescolar, se ha observado un gran aumento en el interés que despierta STEM en edades tempranas. La investigación sugiere que solemos subestimar lo que los niños pequeños pueden pensar y hacer, así como la naturalidad de su interés y su motivación para encontrarle sentido al mundo. Trabajar con ellos puede sentar las bases para una educación escolarizada más formal, pero tendremos que dejar este tema para otra ocasión.*

* Documento de su presentación



PANEL III

EL PROFESOR COMO UN ELEMENTO CENTRAL DEL CAMBIO:
CARACTERÍSTICAS, ESTRATEGIAS Y RECURSOS PARA UNA
ENSEÑANZA EFICAZ DE LA CIENCIA.

Conferencista:

Hubert Dyasi

Panelistas:

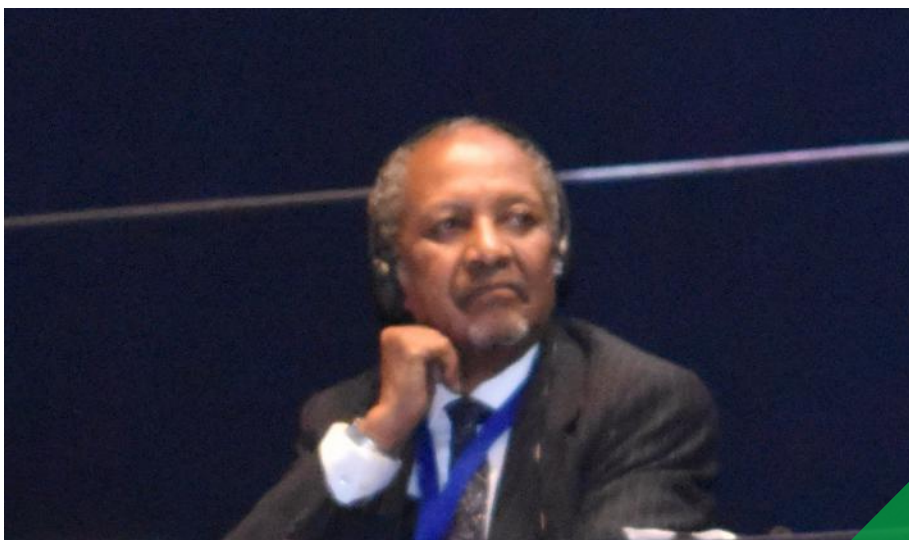
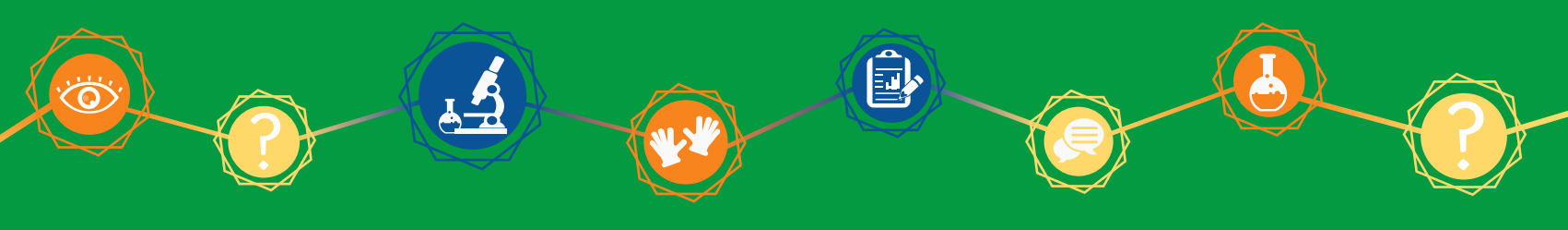
Rosendo Pelayo Valdés

Prasad Ram

Shelley Peers

Moderadora:

Marinela Servitje



Conferencista:

HUBERT DYASI

Especialista en Educación en Ciencias

“El profesor desempeñó el papel de organizador. Como guía, escuchaba las ideas de los niños y los animaba a que expresaran otras. Los condujo a que discutieran sus preguntas e indicó algunas maneras de encontrar las respuestas. Se ocupó de que hubiera material suficiente y de pedir a los niños que llevaran más cuando era necesario. No les dijo nada acerca de la hormiga león, pero les dio una pista: pregúntenle a la hormiga león.”

Jos Eltgeest en *Ask the Ant Lion*, publicado por Centro de Desarrollo Educativo (*Education Development Center*), (sin fecha), Newton, Massachusetts, Estados Unidos de América.

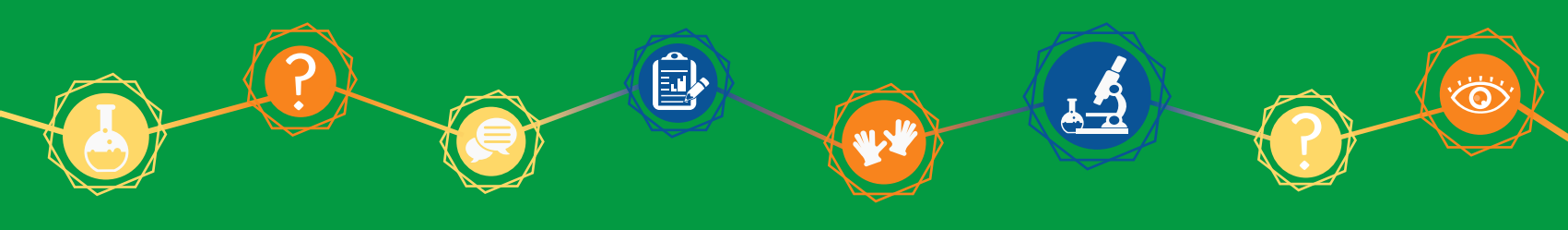
Introducción

En la cita que aparece arriba, el fallecido educador holandés Jos Eltgeest resume algunos aspectos del profesor como figura “detonante” en las clases de ciencia basadas en la indagación. Ilustra un aula animada donde profesor, estudiantes y fenómenos naturales trabajan juntos para que los niños aprendan ciencia. En este caso, los niños están involucrados investigando científicamente de primera mano a la hormiga león, un estado larvario de una especie de la familia Myrmeleontidae, que son insectos. Las hormigas león

depredan sobre las hormigas, a las que atrapan en huecos bien camuflados que excavan en arena o arcilla sueltas. Como señala Eltgeest, el profesor “no les dijo nada acerca de la hormiga león”, sino que fungió como guía, organizador y facilitador, permitiendo que los niños encontraran por sí solos las respuestas a sus preguntas, al interactuar con la hormiga león.

Dicha cita es una formulación temprana de lo que la comunidad de la educación en ciencias en muchos países, incluyendo la de Innovación en la Enseñanza de la Ciencia (INNOVEC)

en México, ha ido paulatinamente reconociendo como los objetivos de una metodología basada en la indagación los siguientes: (a) fomentar que los niños alcancen una comprensión de ideas claves de la ciencia, (b) conducir a los niños para que desarrollen maneras científicas de crear y verificar conocimientos y teorías científicas, (c) utilizar la curiosidad natural de los niños y el aprendizaje activo en contextos reales para conseguir los dos objetivos anteriores. En una buena clase de ciencias, los tres objetivos están relacionados estrechamente entre sí.



¿Qué es la indagación científica?

En palabras a los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos de América (NSES, por sus siglas en inglés), la indagación científica involucra “las diversas maneras en que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia que resulta de su trabajo” (*National Research Council*, 1996, p 23). Además, los NSES aseveran que los científicos utilizan habilidades necesarias para la indagación científica, como proponer explicaciones que concuerden con sus observaciones y que puedan ponerse a prueba, planear investigaciones considerando la evidencia experimental existente, así como recopilar, analizar e interpretar datos que obtienen mediante herramientas científicas. A partir de los datos y de su análisis, proponen respuestas posibles, explicaciones basadas en la evidencia y predicciones, que comunican y defienden de manera profesional.

Las habilidades necesarias para involucrarse en indagación científica son sólo una dimensión de la ciencia basada en la indagación. En la práctica, se integran con otras dos dimensiones: conceptos y procesos unificadores de la ciencia, e ideas clave de cada disciplina científica. Estas tres dimensiones han sido llamadas prácticas científicas, conceptos interdisciplinarios e ideas disciplinares clave, respectivamente (*National Research Council*, 2012).

A partir de las tres dimensiones de la ciencia basada en la indagación, surgen preguntas relacionadas con la educación científica: ¿cuáles son los puntos esenciales para una enseñanza de la ciencia basada en la indagación que sea exitosa?

¿Qué estrategias y recursos son necesarios para implementar dicha estrategia de manera exitosa en el aula?

Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación

De acuerdo con los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos, la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación consiste en “actividades que permitan a los estudiantes desarrollar conocimiento y comprensión de las ideas científicas, así como comprensión de la manera en que los científicos estudian el mundo natural” (*National Research Council*, 1996, p 23). El Panel Interacadémico (IAP, por sus siglas en inglés) ha expresado un punto de vista similar, describiendo la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación como “los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas clave, mediante el aprendizaje de la forma de investigar, y así construyen su conocimiento y su comprensión del mundo que los rodea” (Wynne Harlen, 2013, p 12).

El libro *Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias* elabora sobre esta definición, añadiendo lo siguiente: los estudiantes desarrollan comprensión a través de su propia actividad mental y física, partiendo de las ideas que tengan y desarrollando ideas científicas más poderosas que permitan explicar fenómenos nuevos, mediante la recolección, el análisis y la interpretación de evidencia” (Harlen, 2015a, p 4). Bruce Alberts, quien fuera presidente de las Academias Nacionales de Estados Unidos de América, afirma que la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación ayuda a que los

estudiantes desarrollen los valores científicos de “honestidad, basarse en la evidencia y la lógica para juzgar, un deseo por explorar ideas nuevas, una actitud escéptica hacia respuestas sencillas a problemas complejos” (Alberts, 2009, pp 77-80).

Tanto en el consenso como en los fundamentos sobre la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación, reconocen que la indagación científica concuerda con diversos aspectos de la ciencia: su historia, sus prácticas, sus ideas clave y los conceptos que son comunes a todas las disciplinas científicas.

Elementos básicos para enseñar y aprender ciencia a través de la indagación

La enseñanza es una guía para el aprendizaje en el aula. Es la guía lo que relaciona, de manera física, intelectual y emocional, al estudiante con lo que ha de aprender, con la forma en que lo aprende y con los contextos de dicho aprendizaje. El profesor de ciencias actúa entonces para que los niños puedan aprender ciencia, en un aula de enseñanza básica donde hay muchos recursos interesantes de educación científica. Estos cuatro elementos dinámicos: el profesor, el estudiante de ciencia basada en la indagación, el aula en sí y los recursos apropiados, son básicos para la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (Figura 1).

Estos elementos proporcionan una base profesional y un marco de referencia para juzgar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia basados en la indagación en la educación básica.

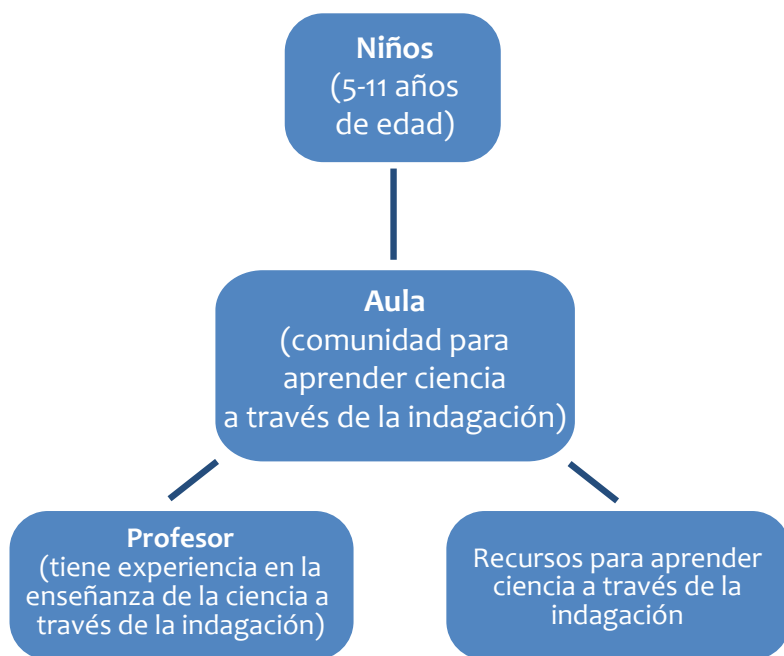
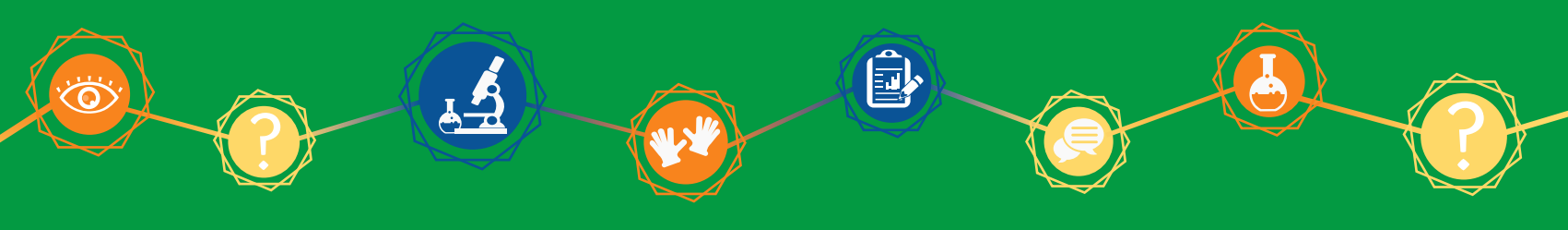


Figura 1: Elementos para aprender ciencia a través de la indagación

Dentro del aula activa de Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación Niños

En la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación de alta calidad, el énfasis se pone en que los estudiantes desarrollen progresivamente una comprensión y un gusto por la ciencia, y en que adquieran habilidades prácticas y conceptuales para involucrarse en la indagación científica de manera exitosa. Los resultados de la investigación acerca de las capacidades de los niños, han establecido que a los cinco años de edad la mente del niño está lo suficientemente desarrollada como para tener “una gran capacidad para aprender en general, así como para el aprendizaje científico, y que son capaces de un razonamiento científico sorprendentemente sofisticado” (NRC, 2007, p. 69). Para esa edad, los niños poseen requisitos importantes para involucrarse en la ciencia basada en la indagación, como curiosidad por los fenómenos naturales, habilidad para identificar y entender fuentes de conocimiento, habilidad para distinguir entre creencias y

evidencia, capacidad para investigar y buscar explicaciones, un alto nivel para identificar patrones y para hacer abstracciones a partir de observaciones y experiencias. Aunque en la mayoría de los casos dichos requisitos se limitan a áreas y experiencias específicas, los profesores pueden guiar al grupo de manera que todos los niños las utilicen durante la clase de ciencias basada en la indagación.

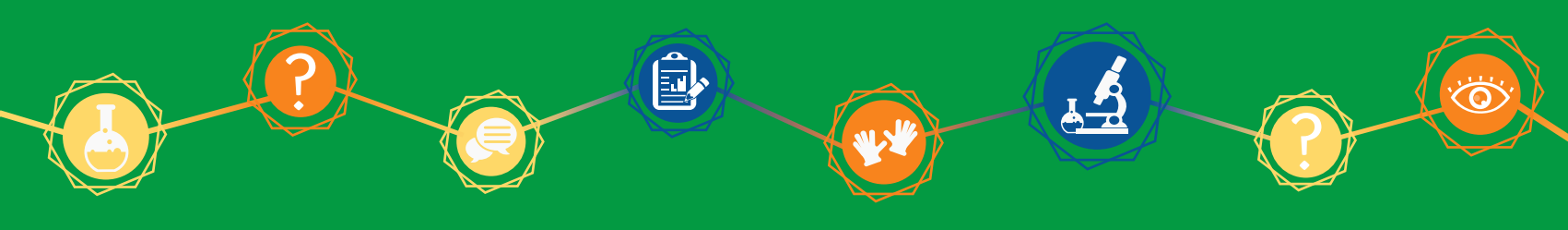
Otros estudios muestran que los estudiantes de educación básica son capaces de aprender estrategias que les permitan monitorear y ser críticos con su propia comprensión de las ideas científicas, así como examinar y evaluar su propio progreso en todos los aspectos de la investigación científica (NRC, 1999). Por ejemplo, pueden aprender a evaluar su propio progreso al: hacer preguntas indagatorias; hacer predicciones que puedan ponerse a prueba; planear, realizar e interpretar investigaciones científicas; comunicar y argumentar en todos los aspectos de la

indagación científica. Conforme evalúan su progreso en todos estos aspectos, y comunican y argumentan respecto a su trabajo durante la clase de ciencias, los niños hacen visible su aprendizaje y su razonamiento. Como resultado, ellos y sus compañeros, así como el profesor, pueden examinar y refinar su conocimiento científico abiertamente. De esta manera, su trabajo llega a parecerse mucho al de los científicos profesionales. Sin embargo, nada de esto puede suceder sin la guía de un profesor capacitado.

Recursos

Un recurso es cualquier cosa que ayude a progresar hacia algún objetivo; constituye un medio para alcanzar el objetivo. En esta presentación, sólo puedo mencionar algunos recursos para aprender ciencia mediante la indagación, la forma de usarlos y las características que deben tener. Los recursos para la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación en la escuela primaria, incluyen **fenómenos naturales y artificiales** (agua, sombras, espejos, animales, plantas, productos químicos comunes, edificios, nosotros mismos), **gente** (profesores, alumnos, padres de familia, científicos, ingenieros), **localidades** (patio de la escuela, aula, ríos y estanques, caminos y carreteras, centros científicos, museos, zoológicos, parques), **equipamiento** (juguetes, juegos de parque, aparatos científicos, tecnología, herramientas comunes), **fuentes de información y de ideas** (materiales de enseñanza, materiales de aprendizaje, libros, páginas web, gente, industrias) (Bell, 2015).

Características de los recursos adecuados para la ciencia basada en la indagación:



- Deben ser seguros, accesibles y adecuados para niños de la edad correspondiente.
- Deben despertar el interés y estimular la curiosidad.
- Deben tener mucho potencial para inducir preguntas en los niños.
- Deben confrontar las ideas que tengan los niños y conducir al deseo de poner a prueba tales ideas.
- Deben ser útiles para alcanzar el objetivo propuesto.

La efectividad de un recurso adecuado no sólo depende del propósito por el que sea utilizado, sino también de la manera en que se utilice. En el aprendizaje de la ciencia basado en la indagación, los recursos suelen servir para capturar la atención de los estudiantes, así como para activar su imaginación y su creatividad. A veces ayudan a compaginar de manera armoniosa las necesidades de los estudiantes y la indagación científica. De interés particular son recursos que puedan refinar la indagación y proporcionar evidencia a los estudiantes (por ejemplo, microscopios y telescopios). Un recurso que sea muy bueno puede utilizarse para alentar a los estudiantes a buscar distintas maneras de pensar acerca de un problema, lo que enriquece su aprendizaje al introducir otras rutas de indagación posibles.

Sin embargo, los tres recursos más importantes en el aula de aprendizaje científico son: el profesor y sus herramientas; los estudiantes; los fenómenos naturales.

El docente como facilitador del aprendizaje de los niños

La enseñanza de la ciencia a través de la indagación puede resultar en

un aprendizaje de alta calidad si los profesores entienden y utilizan el conocimiento, basado tanto en la investigación como en su propia experiencia, de las capacidades y los intereses de los niños, como se describió arriba. Dicho conocimiento debe reflejarse en el hecho de que el docente adopte de manera consistente los estándares profesionales aceptados para la práctica en el aula de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación.

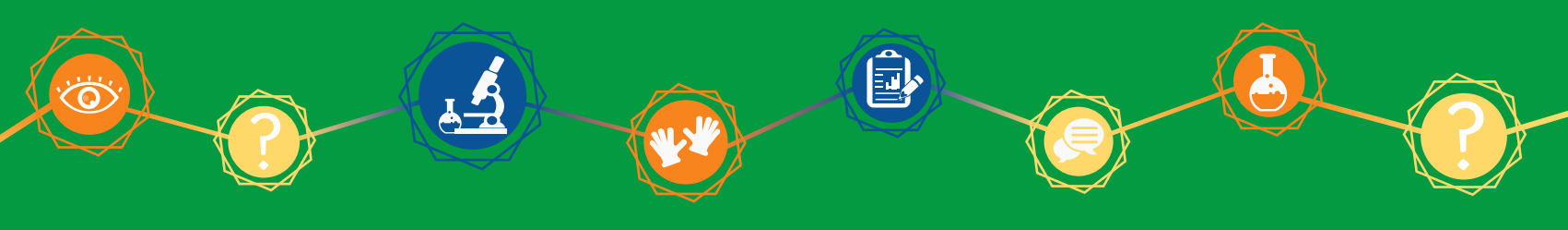
Los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos de América hicieron énfasis en los siguientes estándares profesionales de enseñanza: (a) planear un programa basado en la indagación para los estudiantes; (b) guiar y facilitar el aprendizaje mediante la indagación; (c) evaluar continuamente la propia enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes; (d) diseñar y manejar entornos de aprendizaje apropiados, de manera que los estudiantes tengan el tiempo, el espacio y los recursos necesarios para aprender ciencia a través de la indagación; (e) cultivar comunidades de estudiantes de ciencia en el aula; (f) participar activamente en la planeación y el desarrollo de un programa de ciencias escolar (NRC, 2000).

Implementar dichos estándares requiere que los docentes entiendan profundamente y utilicen activamente modelos y estrategias de enseñanza apropiados, basados en la investigación. Tales modelos parten de una comprensión profunda de la ciencia basada en la indagación y de la manera en que puede enseñarse exitosamente; del conocimiento de la forma en que los niños aprenden ciencia y de la manera de apoyar sus esfuerzos; de saber utilizar correctamente

recursos de enseñanza y aprendizaje adecuados para el aprendizaje basado en la indagación. Sin embargo, un buen modelo de enseñanza de la ciencia no es suficiente por sí solo para aprender ciencia a través de la indagación: la clave es cómo ponerlo en práctica dentro del aula. Nuevamente, para que una estrategia de enseñanza de la ciencia funcione bien, debe concordar con la investigación sobre la manera en que aprenden los niños, con las ideas y la práctica científicas, con las prácticas en el aula que favorecen que los niños aprendan ciencia mediante la indagación y con la manera en que los profesionales resuelven problemas de enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Debe crearse una cultura en el aula que aliente un aprendizaje de la ciencia productivo y regocijante, basado en la indagación.

Un modelo básico para enseñar ciencia a través de la indagación

La Figura 2 representa un modelo básico para aprender ciencia a través de la indagación en el aula. Parte de la siguiente premisa: el aprendizaje de alta calidad de la ciencia basada en la indagación por parte de alumnos de educación básica, involucra que el profesor, los niños y los recursos de aprendizaje científico tengan una relación fuerte y armoniosa. Trabajando en equipos pequeños, los niños observan o consideran un fenómeno mostrado o propuesto por el profesor. El fenómeno les resulta familiar e interesante, así que surgen preguntas acerca de él. En el ejemplo de Elstgeest que aparece al principio del texto, el fenómeno en cuestión era una hormiga león: un animal muy común en la vida cotidiana de sus estudiantes. Algunas de las preguntas que surgieron son las siguientes:



“¿Qué es? ¿Qué hace? ¿Cómo se mueve? ¿Qué come? ¿Cómo atrapa su alimento? ¿Por qué vive en esos pequeños huecos de arena? ¿Cómo come? ¿Cómo hace los huecos de arena? ¿Puede hacer un hueco parecido en otro tipo de material, como grava, harina, azúcar o cenizas? ¿Prefiere la arena a la grava? ¿Cómo saca cosas de su hueco? ¿Qué es lo más grande que puede sacar de su hueco? ¿Puede ver hacia dónde lo saca?” (Education Development Center, 1969, *Ask the Ant Lion*, p 4).

Sin embargo, el fenómeno de interés puede no tener lugar físicamente, sino tratarse de una idea científica o una serie de datos.

Darse cuenta de las cosas es uno de los ingredientes de la curiosidad (“curiosidad “en la Figura 2), que conduce a formular preguntas de interés acerca de un fenómeno y a buscar las respuestas a dichas preguntas. Al principio, las preguntas pueden carecer de un sistema o espíritu científicos. Estas ideas iniciales son estimaciones a partir de la información que tienen los estudiantes (“predicciones” en la Figura 2), y pueden ser reformuladas de manera que sean sujetas a la indagación científica (“indagación de primera mano “en la Figura 2). Dicha indagación debe diseñarse y planearse con cuidado, de manera que los datos obtenidos sean confiables desde el punto de vista científico y puedan organizarse (“representación” en la Figura 2) de manera científica. Esto también conduce a formular conclusiones científicas que puedan ponerse a prueba, a partir de la evidencia obtenida (“resultados” en la Figura 2).

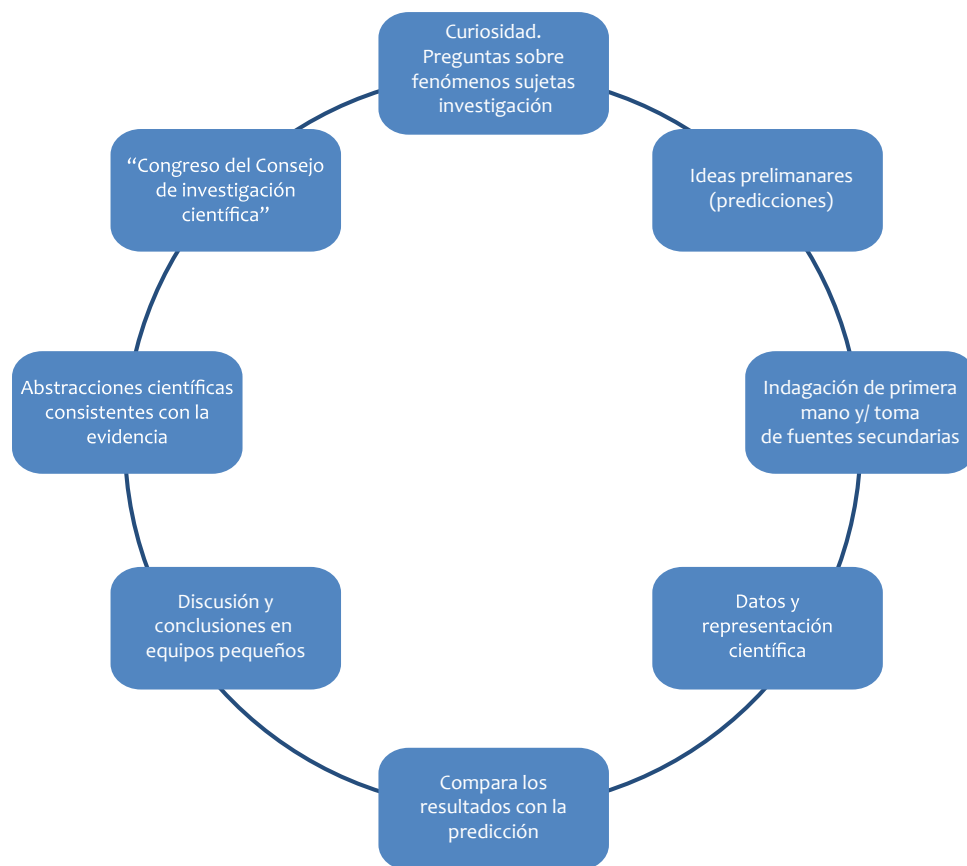
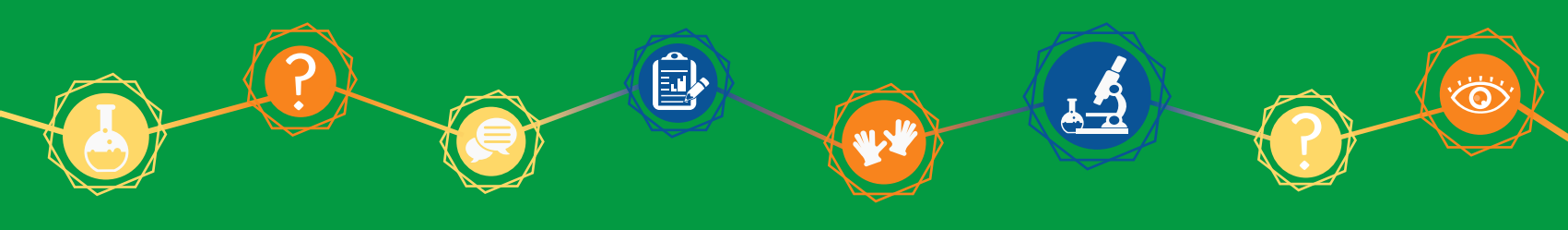


Figura 2: Elementos para aprender ciencia a través de la indagación

Es una buena práctica que los estudiantes comparen sus resultados científicos con sus predicciones, y decidan si concuerdan o no, para después explicar su decisión (“comparar resultados” en la Figura 2). En el aula, los niños pueden involucrarse en esta reflexión en equipos pequeños (ver Figura 2) y llegar a conclusiones científicas a partir de su experiencia (“abstracción” en la Figura 2). Por ejemplo, si el fenómeno de interés fueran los espejos, la pregunta inicial podría ser: “Pueden ver una imagen de su cara en un espejo colgado en la pared, ¿qué tanto de ustedes podrán ver en el espejo si se alejan de él? ¿Qué tanto de ustedes podrán ver en el espejo si se acercan a él? Este ejemplo, proporcionado por el Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian en Cambridge, Massachusetts,

Estados Unidos de América, ilustra preguntas sujetas a investigación que conducen a resultados claros. En un principio, los estudiantes podrían predecir que verán más de sí mismos si se alejan del espejo, y menos si se acercan. Después de poner a prueba las predicciones, concluirán si la distancia que los separa del espejo es relevante o no. Esto constituye un dato científico que puede fungir como base para construir otras ideas. Otras preguntas (“curiosidad” en la Figura 2) a partir de la experiencia con el espejo descrita arriba podrían ser: ¿Se cumple el resultado para todos los espejos planos? ¿Qué explicación científica podemos generar a partir de este resultado?

Para consolidar la ciencia basada en la indagación, el profesor da oportunidad a los niños de



presentar y argumentar todos los aspectos de su trabajo ante todo el grupo (“Congreso del Consejo de Investigación” en la Figura 2). Los otros estudiantes fungen como amigos con una posición crítica. Las presentaciones y argumentaciones son muy similares a un congreso de un consejo de investigación científica, pero la argumentación de los niños tiene un enfoque de apoyo más que de confrontación. El profesor participa en el congreso y puede contribuir haciendo preguntas como dónde encontramos espejos en la vida cotidiana, así como puntualizando relaciones entre las ideas y el trabajo de los niños, por un lado, con ideas científicas importantes, por el otro.

Los resultados del “Congreso del Consejo de Investigación Científica” constituyen una parte importante en el progreso del conocimiento y las ideas de los estudiantes. Los niños pueden utilizar su conocimiento y comprensión enriquecidos para realizar otras investigaciones científicas que conduzcan a ideas más grandes. En el ejemplo de los espejos, ideas “más grandes de la ciencia” podrían ser que la luz viaja en línea recta, la forma en que se refleja o los efectos de la refracción. También se les puede guiar para que resuelvan problemas como el siguiente: ¿cómo podemos utilizar espejos para observar lo que sucede a la vuelta de una esquina?

Estrategias

Hay una gran cantidad de estrategias para enseñar ciencia en el aula. Hay estrategias generales, que aplican a todos los componentes del modelo, y estrategias específicas, que se enfocan sólo en algunos componentes. En esta presentación, sólo hablaré de las estrategias generales.

Las estrategias generales aplican a los aspectos generales de aprender ciencia a través de la indagación. Para esta presentación, escogí las siguientes estrategias para enseñar en el aula: convertir al salón de clases en una comunidad que tiene el fin de aprender ciencia a través de la indagación; guiar al grupo para que genere conocimiento y comprensión; preguntas por parte del profesor; tomar decisiones a partir de la evaluación formativa.

El salón de clases como comunidad de aprendizaje de la ciencia a través la indagación

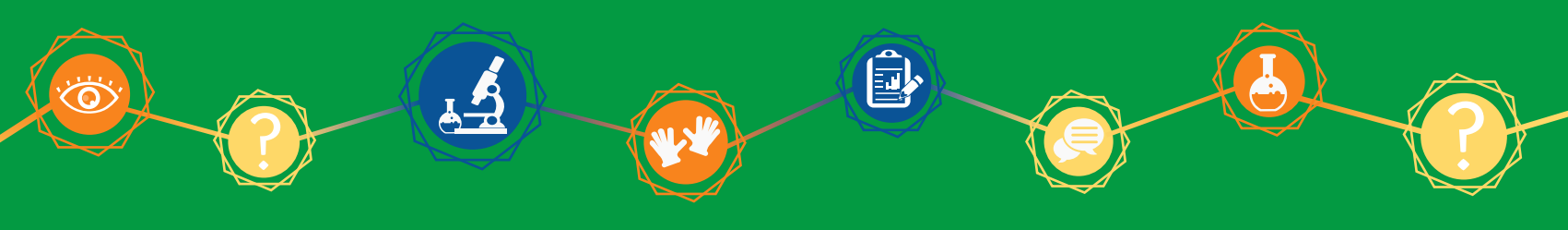
Si se implementa hábilmente en un aula con buenos recursos, la indagación como enfoque para aprender ciencia puede crear una comunidad donde los estudiantes se involucren de manera colectiva, directa e intelectualmente, en la práctica de la ciencia. Se trata de una comunidad que valora la cultura científica. En particular, la comprensión de ideas científicas y de la manera en que influyen en nuestra vida cotidiana, el uso productivo de habilidades para alcanzar ideas científicas cada vez más grandes y más profundas a través de la indagación, la adquisición de los hábitos mentales asociados con la ciencia. Hablamos de una cultura de compañerismo que valora la autonomía del estudiante y ayuda a establecer relaciones de respeto mutuo; de un entorno de aprendizaje psicológicamente seguro, donde la evolución de las ideas tiene lugar sin miedo al ridículo. Uno de los beneficios de dicha comunidad es la identidad que otorga a sus miembros, caracterizada por considerar problemas y cuestiones de una manera científica. El profesor siempre funge como figura “detonante” en la formación y el crecimiento de un grupo como comunidad de indagación científica.

Guía generadora como estrategia

La guía del profesor es uno de los elementos más poderosos en todo el aprendizaje que tiene lugar en el aula, particularmente en el aprendizaje de la ciencia a través de la indagación. No deben subestimarse las estrategias del profesor como guía, facilitador, asesor y compañero del aprendizaje científico de los niños. Como guía, el profesor marca el camino, confronta y alienta el aprendizaje de los estudiantes, según lo considere necesario. Se trata de una estrategia clave si los estudiantes van a involucrarse en actividades de manera clara, de forma que conduzca a una reflexión significativa. Como guías, los profesores son “...hábiles observadores de los estudiantes (...) adaptan sus acciones a las necesidades particulares de los estudiantes, decidiendo cuándo y cómo guiarlos, cuándo pedirles que sean más rigurosos, cuándo proporcionar información, cuándo poner a su disposición determinada herramienta, cuándo remitirlos a otras fuentes” (NRC, 1996, p 33). Como defensores interesados y entusiastas, así como modelos del poder y el regocijo, de la comprensión científica a través de la indagación, los profesores inspiran a los estudiantes para que adopten un punto de vista científico del mundo, una postura que muestre curiosidad, apertura a ideas nuevas y un escepticismo saludable. Responden de manera constructiva a la diversidad de estudiantes, alentando a todos los miembros del grupo para que participen en, y sean responsables de, su propio aprendizaje.

Uso de preguntas como estrategia

Los profesores hacen preguntas y utilizan las preguntas de los estudiantes como estrategia para impulsar el aprendizaje de la



ciencia a través de la indagación. Desde hace tiempo, Wynne Harlen ha manejado esta estrategia, y la describe claramente en su último libro, publicado este mismo año: *Teaching Science for Understanding in Elementary and Middle Schools* (Harlen, 2015b). Los profesores hacen preguntas por razones y con propósitos muy diversos. El enfoque principal debe ponerse en preguntas que impulsen el aprendizaje de la ciencia a través de la indagación. En su libro, Harlen habla sobre diferentes tipos de preguntas, mencionados por primera vez en el trabajo de Elstgeest y Jelly: preguntas que llaman la atención sobre algo (“¿Viste sus ojos?”), preguntas de comparación (“¿En qué se parecen y en qué se diferencian esos cubos de madera y esos cubos de acrílico?”), preguntas relacionadas con medir y contar (“¿Qué tan grande es el aula?”), preguntas de acción (“¿Qué sucede si calentamos agua en esta olla durante 10 minutos?”), preguntas que plantean problemas (“¿Pueden encontrar la manera de hacer que un motor eléctrico gire primero en el sentido de las manecillas del reloj y después en sentido contrario?”).

Las preguntas del profesor también pueden cumplir otras funciones. Por ejemplo, averiguar las ideas que tienen los estudiantes (“¿Qué crees que coma?”, en el caso de un organismo vivo); desarrollar la comprensión de los estudiantes (“¿Cómo explicas que la distancia al espejo no influya en la parte de ti que se refleja en él?”); alentar el uso de habilidades involucradas con la indagación científica (“¿Cómo puedes mostrar que son ciertas tus afirmaciones?”); alentar la colaboración y el intercambio de ideas por equipos (“¿Qué ideas surgieron en tu equipo?”, “¿Qué

idea consideraron mejor como equipo?”); cultivar el hábito de la reflexión (“¿Cómo han cambiado tus ideas a partir de los descubrimientos que hicieron?”).

La evaluación formativa como estrategia

La evaluación formativa como estrategia para aprender ciencia a través de la indagación, requiere que los profesores y sus estudiantes recopilen y utilicen datos para decidir sobre los siguientes pasos que deben tomarse para alcanzar los objetivos de una lección dada. Los datos pueden proceder de observar a los estudiantes mientras trabajan y de los diversos mecanismos que utilizan los estudiantes como respuesta a preguntas productivas, tanto orales como escritas. Pueden obtenerse datos a partir de diagramas, descripciones por escrito, gráficas, mapas conceptuales, diagramas de Venn, etc. producidos por los estudiantes. Lo ideal es que el profesor y sus alumnos decidan juntos la manera de dar el siguiente paso. Esto implica que tanto el profesor como los estudiantes tienen claros el propósito específico y la calidad esperada de su trabajo, así como los objetivos a corto y a largo plazo.

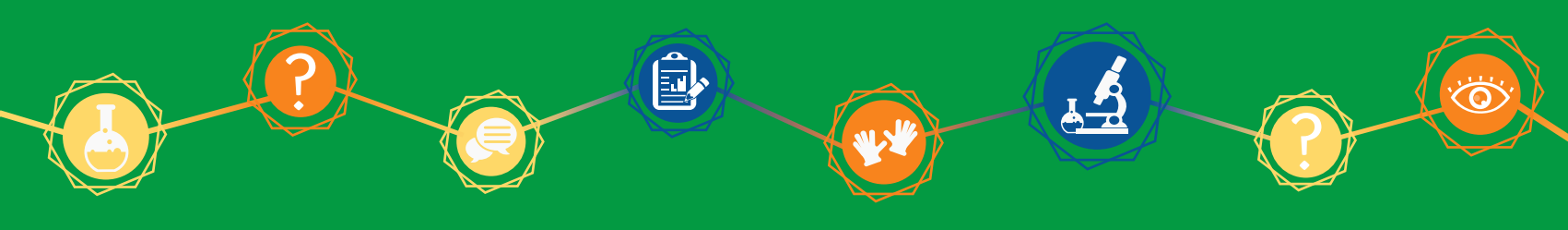
La efectividad de la evaluación formativa también depende de la calidad de la retroalimentación que proporcione el profesor a los alumnos, a partir de la evidencia disponible. La retroalimentación del profesor a los estudiantes debe ser específica y brindar sugerencias de lo que pueden hacer para desarrollar su aprendizaje. La retroalimentación hacia el profesor le permite ajustar los requerimientos cognitivos, físicos y emocionales de las lecciones para que se adapten a las capacidades de los estudiantes;

también le ayuda a determinar el tipo de estructura necesaria para apoyar su aprendizaje. Si tanto el profesor como los estudiantes tienen claros el propósito, la calidad de trabajo y las reacciones apropiadas que son inherentes a la evaluación formativa, esto impulsará el espíritu de comunidad colaborativo descrito arriba y conducirá a que los estudiantes entiendan progresivamente ideas científicas “más grandes” (Harlen, 2013).

Conclusión

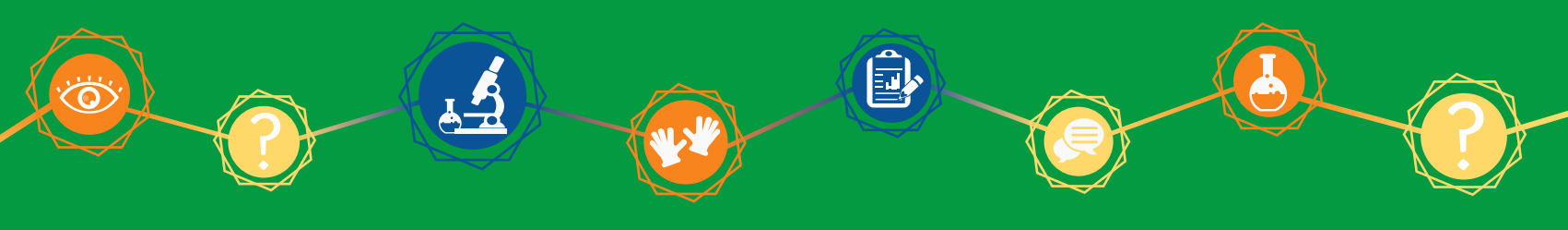
En virtud de su educación profesional y su experiencia, el profesor es el elemento clave en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en la educación básica. Una escuela puede tener niños con ganas de aprender ciencia, así como suficiente material de calidad para enseñarla adecuadamente, pero no conseguirá desarrollar la comprensión progresiva de los niños acerca de la ciencia, ni actitudes saludables respecto a ella, a menos que tenga también profesores capaces de involucrar a los niños en el aprendizaje de la ciencia a través de la indagación con éxito y regocijo. Esta presentación intentó mostrar un retrato del aula como una comunidad de indagación científica, y el papel del profesor como guía en dicha aula. Un ejemplo de ese tipo de docentes y aulas es el Centro de Atención Múltiple en Toluca.*

* Documento de su presentación



REFERENCIAS

- Alberts, B. (2009). Restoring science to science education. The University of Texas at Dallas, Richardson, TX: Issues in science and technology, Summer 2009, p. 77-80
- Bell, D. (2015). The importance of high quality resources to support inquiry-based science education. Presentación en 2015 International Symposium on Science Education, Nanjing, China 8 June, 2015
- Education Development Center (sin fecha). Ask the Ant Lion. Newton, MA
- Harlen, W. (2013). Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice. Trieste, Italy: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP)
- Harlen, W. (2015a). Working with big ideas of science education. Trieste, Italy: The Science Education Programme of The Network of Science Academies
- Harlen, W. (2015b). Teaching science for understanding in elementary and middle schools. Portsmouth, NH: Heinemann
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press
- National Research Council. (1999). How people learn: Bridging research and practice. Washington, DC: National Academy Press
- National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide to teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press
- National Research Council. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, DC: National Academy Press
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academy Press



Panelista:

ROSENDO PELAYO

Subsecretaría de Educación Básica, Veracruz

Hace algunos años que fui profesor de educación primaria en el Estado de Veracruz conocí muchos niños que tenían conocimientos detallados, mucho mejores que los míos, sobre la naturaleza, la flora, la fauna, el clima enfocados a temporadas específicas para la siembra de distintos alimentos característicos en la región. Donde yo me desempeñé, por lo regular se siembra piña, chile y tomate; ellos podían identificar perfectamente por ejemplo, plantas medicinales, comestibles e incluso las tóxicas. Los estudiantes de la zona respetan, valoran e incluso incorporan a su vida cotidiana los conocimientos avanzados de su entorno. Llamó mi atención porque estos niños con tantos conocimientos de índole científico no se convierten en hombres y mujeres de ciencia.

¿Cómo los niños pueden aprovechar su conocimiento científico? Fue la gran interrogante que yo tuve en su momento.

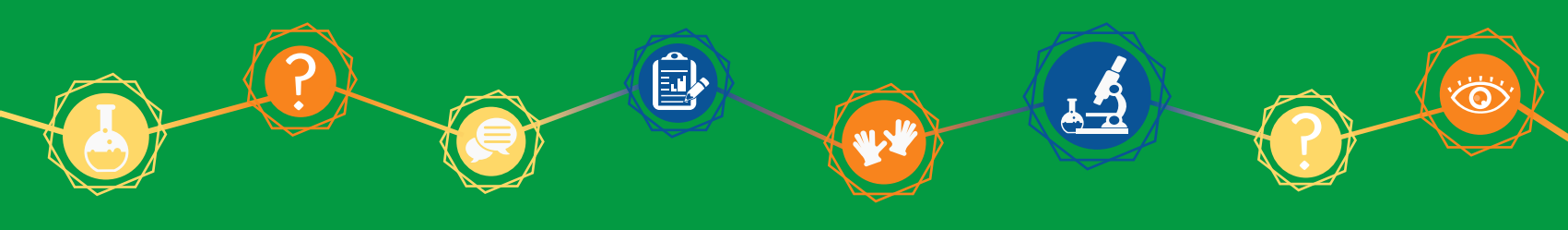
Replantear la educación ¿Hacia un bien común mundial?
UNESCO, 2015



Tomo del libro “Replantear la educación ¿Hacia un bien común mundial?”, publicado en el presente año por la UNESCO, y que con toda seguridad se convertirá en un referente del desarrollo educativo mundial. Este esquema representa los niveles de conocimiento, desde el más básico que es la **Utilización**, hasta el más complejo que es la **Creación**.

Cómo verán aquí hay una explicación a la falta de capacidad para construir conocimiento científico de muchos niños y jóvenes. Los niños y los adultos deben transitar de los niveles de simple **Utilización** del conocimiento hasta llegar a la **Creación**. Esa es la esencia del pensamiento científico.

La búsqueda incesante de nuevas y mejores explicaciones del mundo que nos rodea. Lograr que este proceso ocurra



en las aulas, requiere la participación de toda la comunidad escolar y un plan de acción que aproveche el cúmulo de aprendizaje que hemos desarrollado sobre este tema.

Deseo ahora compartirles las experiencias que en Veracruz hemos tenido acerca de cómo lograr que los maestros sean líderes para dirigir a sus alumnos en este trayecto formativo. Desde 2006 hemos aprendido con el programa PASEVIC (*Programa de Aplicación de los Sistemas de Enseñanza Vivencial e Indagatoria de las Ciencias*) como podemos llevar a los niños en este proceso con una perspectiva vivencial.

Una de las principales conclusiones a las que hemos llegado en Educación Básica a través de esta experiencia es que, los maestros son un elemento fundamental dentro del aprendizaje de los estudiantes porque tienen la posibilidad de generar oportunidades para que promuevan el mantenimiento de la imaginación, la curiosidad y la creatividad; orientándolas a la resolución de situaciones que tengan que ver con aspectos de la explicación del mundo y que reafirmen el gusto por la Ciencia.

El doctor Hubert atinadamente menciona la curiosidad natural para el aprendizaje pues es la que permite que se concentren en la tarea que ellos mismos deciden emprender. Aunque no basta con la curiosidad como ya se mencionó. Hay que ayudar a los alumnos a construir, reconocer y movilizar otros recursos que permitan el registro de lo que se observa; replicar los fenómenos o procedimientos, formular hipótesis o conclusiones.

El PASEVIC ha permitido enseñar con un modelo que promueve la generación de la ciencia en la escuela, uno de los retos fundamentales es convencerlos de las bondades de aplicar una forma de trabajo que cambia sustancialmente muchas de sus prácticas, y concede mucho mayor espacio al aprendizaje autónomo. Por ejemplo, se trata de lograr que los maestros dejen que sucedan procesos en el aula de los que no tiene control, que los alumnos experimenten sus propias soluciones, que se equivoquen, que aprendan de otros, sí que se copien, que compartan y lleguen a soluciones diferentes aun siendo los mismos procedimientos.

Una de las propuestas interesantes que hemos fomentado en este sentido en la Entidad, es un proyecto al que denominados *Educación Mobile*, el proyecto implementa una propuesta pedagógica que combina 3 elementos tecnológicos: las *Tecnologías móviles* (tabletas digitales), *Capacidad de aprendizaje de los estudiantes* e *Interacción social*. Del aspecto pedagógico, se deriva un modelo de equipamiento tecnológico para el aula, una propuesta de formación continua, basada en los procesos de aprendizaje creativo y enseñanza para la comprensión.

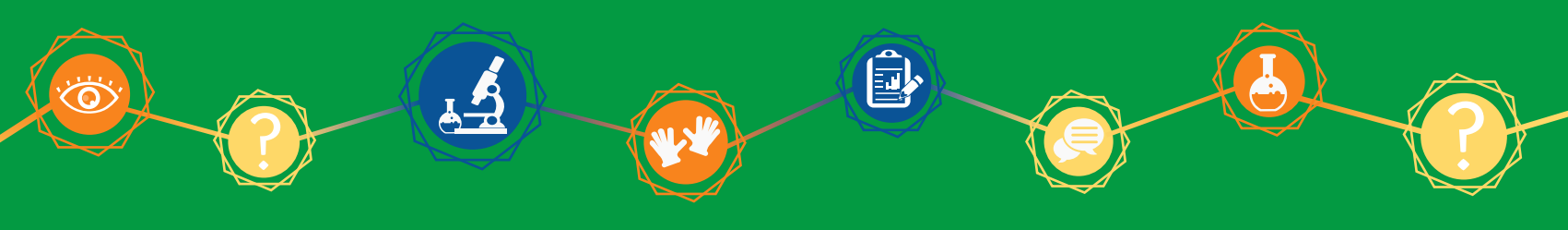
Esta perspectiva de trabajo ha permitido a los docentes consolidar su liderazgo educativo incentivando a los alumnos a través de cuestionamientos que los hagan transitar por procesos de comprensión, investigación, colaboración y reflexión, invitándolos a trabajar de manera conjunta y compartir la responsabilidad de su propio aprendizaje. Las situaciones de aprendizaje que presentan los docentes se

convierten en retos, para que los estudiantes sean promotores de su propio conocimiento a partir de la experiencia de educación móvil y de PASEVIC; hemos tenido acercamientos con distintas instituciones que nos presentan muchas propuestas atractivas, por ejemplo, el Instituto de Ecología en Veracruz quien con el Instituto Tecnológico Superior de Jalapa, se encuentran diseñando aplicaciones que permitan a sus estudiantes vivenciar la labor científica de una forma sencilla.

Les permite también analizar, recolectar e interpretar información de fenómenos naturales a través de dispositivos móviles, complementando con mayor solidez sus saberes y experiencias científicas.

En Veracruz, otro proyecto colaborativo del cual también nos sentimos orgullosos, es el denominado **Aulas Hermanas**. Consiste en un espacio lúdico e interactivo que fomenta el interés de los estudiantes para que a través de temas concretos de investigación compartan conocimientos, experiencias y aprendan a trabajar junto con otros por medio del internet. Lo anterior, potencializa a los estudiantes, pues les permite compartir sus proyectos, ideas y creaciones en general al mundo entero.

El proyecto colaborativo promueve y fomenta contactos educativos a través de la interacción y la construcción colectiva mediante plataformas tecnológicas e internet, promoviendo la alfabetización tecnológica y el intercambio científico entre los niños. **Aulas Hermanas** fortalece la formación del maestro y del alumno en la



participación, liderazgo y trabajo colaborativo, logrando borrar barreras geográficas y permitiendo crear y compartir visiones del futuro. Este proyecto se inicia en este ciclo escolar, en algunos planteles de educación básica, correspondiente a la región del centro y sur del estado.

Aquí va mi cierre de por qué presenté estos 3 proyectos, nadie hace o ha hecho ciencia de manera solitaria, la ciencia es resultado del trabajo colectivo. Esa misma característica del trabajo científico es la que queremos ver reflejada en las aulas en Veracruz, tanto en **PASEVIC** como **Aulas Hermanas** y **Proyecto Mobile**, hemos aprendido que la comunidad científica está muy dispuesta a compartir tiempo, conocimientos y hallazgos con alumnos desde preescolar hasta educación secundaria. Para que esto ocurra, los maestros deben estar dispuestos a abandonar el rol de dispersadores de conocimiento, de fuentes de información, de instructores, para convertirse en líderes del conocimiento, en generadores de espacio para el aprendizaje, y sobre todo, en promotores de redes sociales del conocimiento en las

que participan por igual científicos, artistas, artesanos, expertos, por citar algunos.

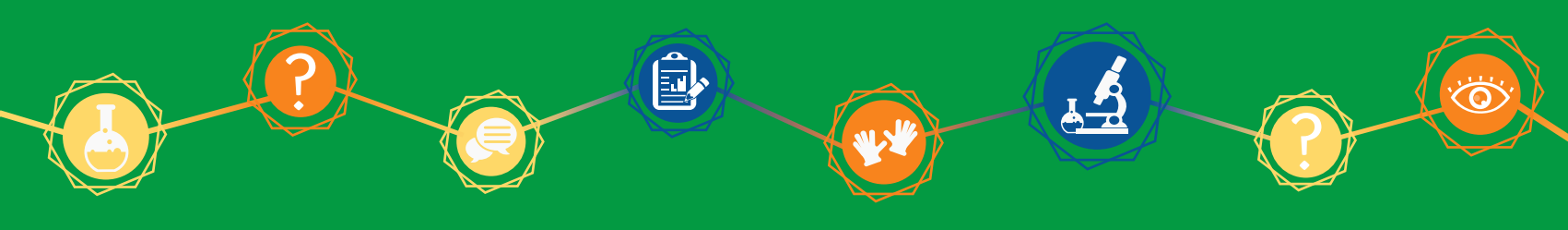
Debo reconocer que este trabajo no se puede hacer solo, y en este espacio se encuentra el equipo base del proyecto PASEVIC en el Estado de Veracruz. Una vez que he compartido con ustedes nuestras experiencias y aprendizajes con respecto a la enseñanza indagatoria de la Ciencia, considero pertinente rescatar algunos aspectos como parte final de mi intervención. Considerando las exigencias de un mundo globalizado, es urgente la implementación de actividades de capacitación a docentes en servicio, respecto al fortalecimiento de sus competencias profesionales, con la finalidad de que se diseñen estrategias didácticas innovadoras que ofrezcan a los alumnos un enfoque creativo, colaborativo y diversificado del conocimiento científico.

Es indispensable incorporar tecnologías en las aulas como herramienta, para potenciar las posibilidades de aprender de los alumnos, usar sus posibilidades, su plasticidad, su capacidad de transformarse en múltiples objetos para modelar, ensayar, experimentar

y verificar datos. En el caso de nuestro estado, sin dejar ese gran laboratorio que tenemos al cruzar la puerta del salón, nosotros les pedimos a nuestros alumnos que toda investigación se haga con las plantas en vivo, no en la tableta, es sólo una herramienta.

Es necesario tender puentes permanentes que comuniquen las escuelas con la comunidad científica. Cierro mi participación con una nota de alto optimismo, en las condiciones de marginación, pobreza y carencia donde están ubicadas algunas de las escuelas públicas de nuestro país, muchos pensarían que pedir que se interesen por la ciencia es una idea superflua o innecesaria. En Veracruz hemos demostrado lo contrario, que precisamente en esas comunidades se encuentran las soluciones más ingeniosas, las propuestas más arriesgadas, las ideas más innovadoras, porque la necesidad material muchas veces posibilita la riqueza en imaginación. Ahí pueden estar los semilleros de científicos esperando buena tierra, y esos jardineros pacientes que sin duda son nuestros maestros en todo el mundo.*

* Transcripción de su presentación



Panelista:

SHELLEY PEERS

Directora del Programa *Primary Connections*

¿Cómo se ven la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación cuando son efectivos?

Mucha gente relacionada con la educación en ciencias cree actualmente que los enfoques basados en la indagación para la enseñanza y el aprendizaje son los más efectivos. Hay un volumen cada vez mayor de investigación que nos muestra la manera en que aprenden los estudiantes, y los educadores se han basado en eso para sugerir que el docente debe construir un repertorio de respuestas adecuadas para los esfuerzos de los alumnos por comprender la ciencia. Sin embargo, hay ideas muy distintas sobre cómo debe tener lugar dicha enseñanza en el aula.

La enseñanza de la ciencia basada en la indagación no es una simple serie de actividades, aunque haya actividades participativas involucradas. El término “basada en la indagación” significa que los estudiantes hacen preguntas y aprenden a encontrar explicaciones de la manera en que funciona el mundo, a partir de evidencia concreta.

Basada en actividades	Basada en la investigación	Basada en la evidencia	Basada en argumentos
Actividades prácticas divertidas, diseñadas para motivar a los estudiantes mediante la acción física	Habilidades para realizar una indagación; hacer preguntas que puedan responderse mediante experimentos y planear experimentos adecuados; enfocarse en recolectar datos	Necesidad de apoyar las afirmaciones con evidencia; no se cuestiona la evidencia en términos de calidad, coherencia, etc.	La construcción de argumentos es crucial; coordinar evidencia y afirmaciones se considera importante; surge la idea de tomar en cuenta alternativas

Tabla 1: Escala sobre la enseñanza de la ciencia basada en la argumentación. Zembal-Saul, C. (2009).

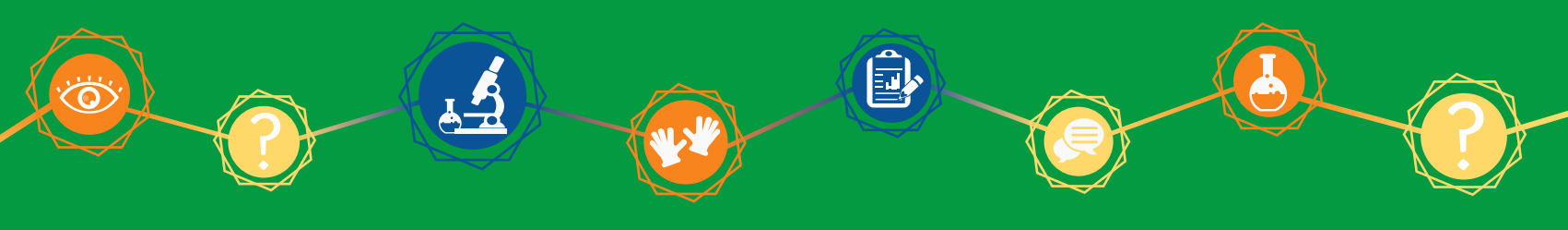
La Tabla 1: Escala sobre la enseñanza de la ciencia basada en la argumentación identifica algunas características de distintos entornos educativos. Para que la enseñanza basada en la indagación sea de calidad, los profesores necesitan apoyo para transformar su práctica recorriendo el camino hacia la construcción de argumentos.

¿Qué es *Primary Connections*?

Primary Connections es un programa basado en la indagación dirigido a la

educación básica. Fue iniciado por la Academia Australiana de Ciencias (AAS, por sus siglas en inglés) y relaciona la enseñanza de la ciencia con enseñar a los estudiantes sobre el “lenguaje científico”. *Primary Connections* empezó en 2004 y tiene tres componentes principales: un programa de aprendizaje profesional; fuentes para apoyar los temas del programa; investigación y evaluación continuas. <https://primaryconnections.org.au/>

En este artículo compartimos lo que hemos aprendido al trabajar con docentes y escuelas.



El profesor como detonante del cambio: ¿cómo y por qué?

De las causas relacionadas con la escuela que influyen en el aprendizaje de los estudiantes, el profesor es el más importante (Hattie, J.A.C, 2009). Al mejorar la calidad de la enseñanza observaremos un cambio positivo en cuanto al aprendizaje de la ciencia. Pero, ¿cómo apoyar a los docentes para que se conviertan en un detonante del cambio? A partir de la investigación realizada en *Primary Connections* (Skamp, K., 2012) y de nuestro trabajo de campo, hemos identificado algunas sugerencias que podemos agrupar bajo las siguientes categorías:

1. Recursos de apoyo al Currículo
2. Aprendizaje profesional
3. Estrategias para enseñar en el aula

1. Recursos de apoyo al Currículo

Hay una cantidad enorme de recursos disponibles para apoyar la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación, como Internet, visitas a lugares, el medio ambiente local, científicos y material pedagógico. Sin embargo, un reto clave para el profesor de educación elemental es tener el tiempo y la capacidad para utilizar, criticar y seleccionar material que le permita diseñar programas adecuados para su salón de clase. Además, transformar los hallazgos y recomendaciones de la investigación en programas educativos requiere tiempo y esfuerzo.

Por lo tanto, en este proyecto hemos tratado de salvar esa brecha desarrollando material de apoyo con “características educativas”, es decir, que enseña a enseñar. Las estrategias de enseñanza están al alcance de los docentes más novatos y el equipo concreto requerido es fácil de conseguir. Esto hace que el programa

sea operativo y sustentable. Las unidades del programa están organizadas de manera sencilla, pero engloban una síntesis de la investigación realizada en ese campo, incluyendo lo que sabemos sobre enseñanza práctica.

Nuestras unidades curriculares incorporan varios recursos, como el modelo de enseñanza 5Es, información científica específica para el profesor de las unidades, información científica general en nuestro sitio web (<https://primaryconnections.org.au/science-background-resources/data/>), tablas que vinculan su contenido con el programa educativo a nivel nacional, aprendizajes esperados sobre ciencia y lenguaje, listas de materiales necesarias e información preparatoria para la enseñanza, “recuadros informativos” en las lecciones, hojas de trabajo para los estudiantes, y una sección de anexos llamados “Cómo se hace”, que explican estrategias clave de enseñanza.

En este artículo observaremos con cuidado tres de estos recursos:

- a) El modelo de enseñanza 5Es
- b) “Recuadros informativos” e integración del “lenguaje científico”
- c) “Cómo se hace” que aparece en la sección de anexos de cada unidad

a) El modelo de enseñanza 5Es

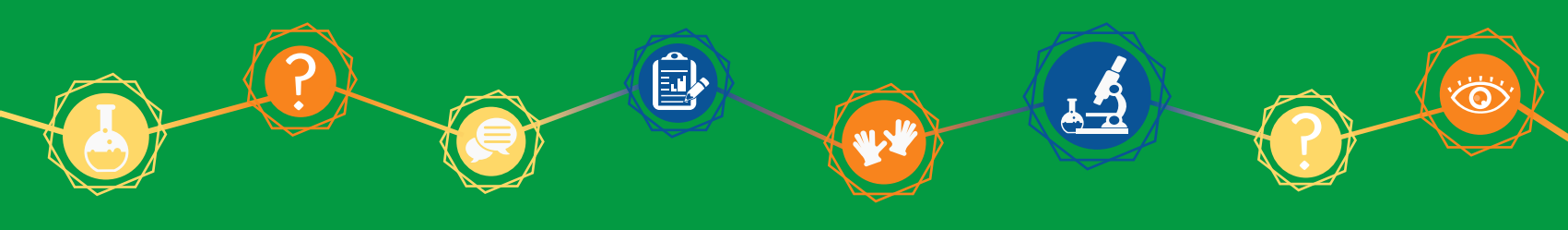
Hay varios modelos de enseñanza que poseen características similares. Nuestros docentes han encontrado que el modelo 5Es es muy efectivo. Las cinco fases que plantea son: enganchar, explorar, explicar, elaborar y evaluar. Algunas recomendaciones clave para utilizar dicho modelo es dedicar más tiempo a explorar que a explicar, y siempre explorar antes de explicar.

Hemos expandido el modelo 5Es para incluir “lenguaje científico” y evaluaciones en distintas fases para que sean una prioridad del profesor en lugar de dejarlo al azar (<https://primaryconnections.org.au/about/teaching/>). Hemos descubierto que utilizar un modelo de instrucción claro y saber por qué es efectivo representa uno de los factores más importantes al mejorar la práctica del docente.

b) “Recuadros informativos” e integración del “lenguaje científico”

El programa *Primary Connections* incorpora bajo el apartado “lenguaje científico” diversos temas relacionados con el lenguaje. Este apartado aborda procesos, prácticas y productos que los estudiantes utilizan para representar su comprensión. Además de ser capaces de describir lo que observan y lo que pueden hacer, los estudiantes deben poder representar su comprensión con otros recursos. Su capacidad para ello se desarrolla paulatinamente, de manera cada vez más científica, construyendo y analizando gráficas, tablas, diagramas con anotaciones y diagramas de flujo.

Cuando los “recuadros informativos” aparecen por primera vez en una unidad, se destina un momento específico de la lección donde el grupo discute el propósito y las características correspondientes. Las notas para el profesor incluyen un recuadro. Por ejemplo, véase la Figura 1: Recuadro informativo para el uso de un diagrama con anotaciones como recurso de apoyo para la enseñanza de un tema específico.



Recuadros informativos

¿Por qué utilizamos un diagrama con anotaciones?

Utilizamos los diagramas con anotaciones para mostrar la forma, el tamaño y las características de un objeto.

¿Qué elementos contiene un diagrama con anotaciones?

Un diagrama con anotaciones puede incluir un título, un dibujo preciso, una escala para mostrar el tamaño del objeto y anotaciones con información sobre sus características principales. Una línea o una flecha conecta cada anotación con la característica referida.

Figura 1: Recuadro informativo para el uso de un diagrama con anotaciones

La representación del pensamiento de los estudiantes puede realizarse por escrito o de otras maneras, como la construcción de modelos, explicando o diseñando animaciones (por ejemplo, para los ciclos de vida de plantas y animales). La Tabla 2 muestra otros “recuadros informativos” que aparecen en unidades del programa Primary Connections.

relevantes para una unidad aparecen en su anexo.

La unidad de quinto año “La luz muestra” (http://www.scootle.edu.au/ec/viewing/S7084/Light-shows-2012/resources/light_shows_comp_150.pdf) presenta algunas de estas características de instrucción. De manera alternativa, si buscamos en Google “light shows

- esquema	- mapa conceptual	- juego de representación
- corte transversal	- reporte informativo	- bitácora científica
- corte en sección	- entrevista	- guión
- portafolio de diseño	- diagrama con anotaciones	- síntesis
- dibujo	- mapa	- tabla
- recuento de hechos	- escrito	- línea de tiempo
- narración	- presentación oral	- diagrama en T
- diagrama de flujo	- mapa gráfico	- diagrama ramificado (árbol)
- vectores	- cartel	- diagrama de Venn
- glosario	- diagrama radial	- periódico mural
- gráfica	- reporte	

Tabla 2: Recuadros informativos en unidades curriculares de Primary Connections

c) “Cómo se hace” que aparece en la sección de anexos de cada unidad

La sección de anexos “Cómo se hace” presenta explicaciones breves del propósito y las características principales de cada estrategia pedagógica. Algunos ejemplos son: “Cómo organizar grupos de aprendizaje”, “Cómo utilizar un periódico mural”, “Cómo utilizar una bitácora científica”, “Cómo diseñar un experimento”, “Cómo trazar y utilizar una gráfica”, “Cómo facilitar discusiones basadas en la evidencia” y “Cómo formular preguntas para la investigación”. Los “Cómo se hace”

Primary Connections”, la primera opción que aparece es “Year 5 pdf”.

2. Aprendizaje profesional

El aprendizaje profesional de calidad explora la manera en que aprenden los estudiantes. Ayuda a los profesores a ampliar su repertorio de respuestas a las inquietudes de los alumnos, en lugar de presentar “pistas” o series de actividades.

Nuestro programa de aprendizaje profesional capacita a profesores en servicio y profesores en formación para que comprendan los roles que el docente desempeña en un aula, los principios pedagógicos subyacentes al programa y la manera de utilizar estrategias de enseñanza

en las distintas unidades. Por ejemplo, se proporcionan estrategias y herramientas como los “detonadores de preguntas”, que ayudan a los estudiantes a razonar cómo se relacionan distintas ideas con la evidencia (es decir, construcción de argumentos). Estas herramientas ayudan a los profesores a establecer un entorno en el aula donde se valora el aprendizaje y donde evidencia nueva puede generar un cambio en la concepción del mundo que tienen los estudiantes. De eso se trata el aprendizaje de la ciencia, no de memorizar una cantidad enorme de datos.

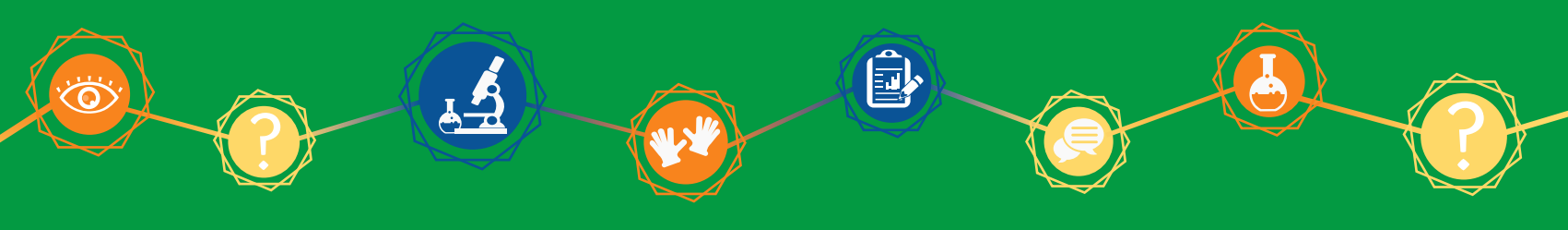
3. Estrategias de enseñanza en el aula

Las estrategias de enseñanza efectivas son las que mejoran el aprendizaje. Los profesores de enseñanza básica son muy hábiles con varias estrategias de indagación. Por ejemplo: involucrando a los estudiantes, generando interés y realizando evaluaciones formativas. Necesitan apoyo para mejorar sus habilidades para:

- involucrarse en el pensamiento de los estudiantes
- ayudar a los estudiantes a formular preguntas para la indagación
- ayudar a los estudiantes a presentar evidencia de su razonamiento
- ayudar a los estudiantes a comparar sus explicaciones con las de otros
- ayudar a los estudiantes a modificar sus ideas a la luz de la evidencia

Otros elementos que ayudan a desarrollar un entorno de enseñanza efectivo en el aula son (Skamp, K., 2012):

- no acelerar el ritmo, limitándose a realizar las actividades de la lección
- asegurarse de que los estudiantes tengan tiempo para pensar, discutir y razonar
- dar tiempo al final de la lección para que los estudiantes reflexionen y discutan lo que han aprendido y la



razón de que cambiaran sus ideas respecto a la ciencia

- asistir a los estudiantes para que comparen sus explicaciones con las de otros
- desarrollar varias habilidades relacionadas con la indagación científica, como predecir, investigar, analizar datos y comunicarse
- introducir explícitamente el concepto de “evidencia” y la forma en que se relaciona con el proceso de investigación, especialmente con estudiantes de los últimos años de enseñanza básica

Entonces, ¿cuáles son los retos?

En general, los resultados de nuestra investigación y nuestra evaluación han sido muy positivos. Estadísticamente, muestran un avance significativo en el aprendizaje conceptual, las actitudes, el lenguaje científico, los procesos científicos y el tiempo empleado en enseñar ciencia.

Según lo que hemos observado, los retos principales a los que se enfrentan los docentes al implementar la enseñanza basada en la indagación son “tiempo” y “conocimiento del profesor”. El tiempo representa uno de

los mayores retos: tiempo para planear, para diseñar una unidad coherente, para preparar los materiales necesarios, para resolver las propias dudas sobre el tema e identificar las ideas conceptuales más importantes, para encontrar un contexto que sea significativo, para facilitar el aprendizaje profundo y, tiempo para modificar su propia práctica docente.

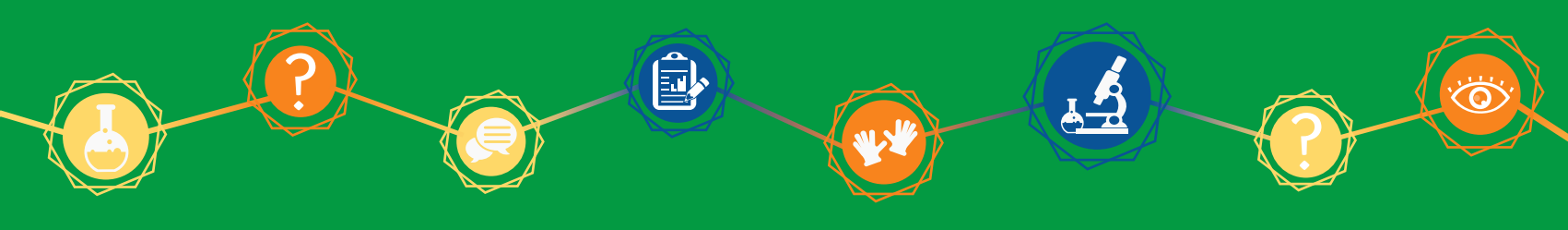
Es importante que los directores de escuela y autoridades educativas sean conscientes de que toma mucho tiempo implementar estrategias de enseñanza nuevas. La investigación muestra que puede ser necesario más de un año para que los docentes adopten de manera efectiva métodos de enseñanza basada en la indagación (Marek, 2009), y que un profesor requiere entre 40 y 80 horas de aprendizaje profesional para modificar sus creencias y sus hábitos de enseñanza.

Sin embargo, cuando los profesores persisten en la enseñanza basada en la indagación, descubren que los satisface más, y que sus estudiantes están más interesados, se divierten más, aprenden más.

Los conocimientos del profesor son sólo un aspecto de su experiencia: en particular, el conocimiento relacionado con la teoría del aprendizaje y las estrategias de enseñanza. Nos dimos cuenta de que muchos docentes no entendían la teoría del aprendizaje subyacente a nuestro programa, y pensaban que las unidades eran simplemente una serie de actividades, como la mayor parte del material curricular disponible. Sin embargo, en 5Es cada unidad consiste en una secuencia sofisticada de aprendizaje, que ayuda a los estudiantes a construir significado para sucesos y fenómenos diversos, apoyándolos para que desarrollen una comprensión profunda.

También encontramos que la manera en que los profesores utilizaban las unidades estaba influida por sus creencias y su conocimiento. Muchos docentes creen que enseñar es “exponer” (relatar una gran cantidad de hechos sobre un tema) y que aprender es “recordar” (dichos hechos). Al aplicar la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, el papel que desempeña el profesor en el aula es muy importante. Si el propósito de la enseñanza de la ciencia es que los estudiantes desarrollen una visión científica de la manera en que funciona el mundo (es decir, que conozcan las grandes ideas de y acerca de la ciencia), entonces el papel del profesor es entender la visión actual de los alumnos y la visión de los científicos, para ir aproximando poco a poco dichos puntos de vista. En general, el cambio no será instantáneo, pues las ideas no científicas de los estudiantes se resisten a ser modificadas. Sin embargo, con un repertorio adecuado de respuestas para el razonamiento de los estudiantes, los profesores pueden facilitar el cambio conceptual en ellos.





Conclusión

En resumen, hay una gran variedad de estrategias para enseñar de manera efectiva, y muchas de ellas están integradas en los materiales del programa *Primary Connections*. Sin embargo, es invirtiendo en la calidad de los docentes que podemos hacer una diferencia mayor en la enseñanza de la ciencia a nivel elemental. Los profesores necesitan apoyo constante durante largos periodos de tiempo; deben desarrollar una cultura de Desarrollo Profesional Continuo (CPD, por sus siglas en inglés), y requieren de iniciativas de apoyo que se adapten a sus propias necesidades. A menos que haya evidencia de que una estrategia o iniciativa mejora

el aprendizaje de los estudiantes, debemos dejar de aplicarla y enfocarnos en lo que sabemos que hace una diferencia.

Sin la disposición para tratar de entender las cosas de manera crítica y creativa, nuestros estudiantes se volverán consumidores del conocimiento y las innovaciones de otros, en lugar de convertirse en los pensadores e innovadores de mañana. Claramente le haremos daño a los estudiantes si reducimos la educación científica básica a una serie de “actividades”: “experimentos” divertidos y extravagantes, en lugar de encauzarlos en las formas de pensar que se utilizan en la ciencia.*

Agradecimiento: Primary Connections ha recibido apoyo del Departamento de Educación y Formación del gobierno australiano (14.7 millones de dólares australianos entre finales de 2004 y junio de 2018), así como de filántropos generosos como el profesor Brian Schmidt (Premio Nobel en 2011) y Sir David Attenborough, quien también es miembro del Patronato la Academia Australiana de Educación Científica y varios programas públicos de toma de conciencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Hattie, J.A.C. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Londres: Routledge.
- Marek, E. (2009). *Genesis and evolution of the learning cycle*. En Roth, W & Tobin, K. (Eds.). *Handbook of research in North America* (pp. 141-156). Rotterdam: Sense Publishers.
- Skamp, K. (2012). *Teaching primary science: Trial teacher feedback on the implementation of Primary Connections and the 5E model*. Canberra: Australian Academy of Science.
- Zembal-Saul, C. (2009). *Learning to teach elementary school science as argument*. *Science Education*, 93(4), pp 687-719.

* Documento de su presentación



PANEL IV

LA CONTRIBUCIÓN DE LAS NEUROCIENCIAS
PARA UN APRENDIZAJE EFECTIVO

Conferencista:

Wenming-Zheng

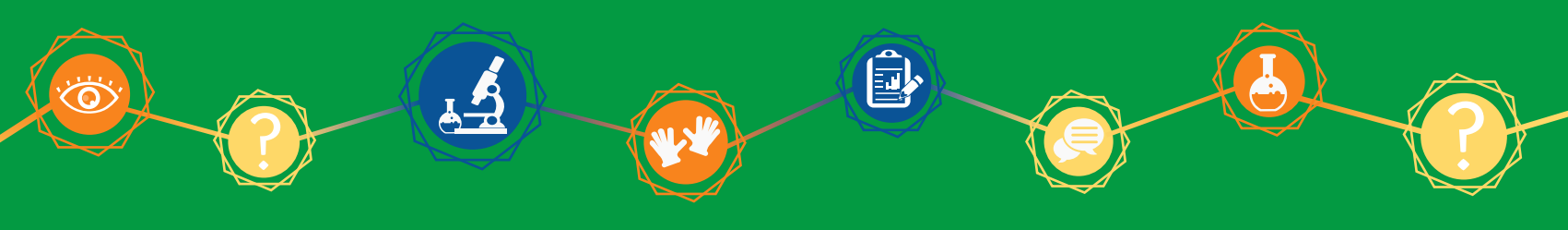
Panelistas:

Pablo Rudomín

Lucas Malaisi

Moderadora:

Cimenna Chao Rebolledo



Conferencista:

WENMING-ZHENG

Centro de Investigación para el Aprendizaje de la Ciencia

El desarrollo de la neuroeducación en China y su impacto en el proyecto “*Learning by Doing*” (Aprender haciendo)

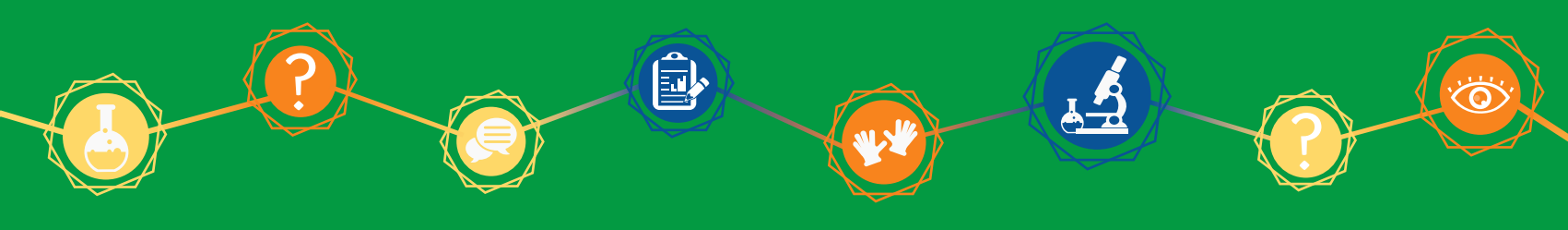
En 2002, la profesora Yu Wei de la Universidad del Sureste (Southeast University) fundó un instituto llamado Centro de Investigación para el Aprendizaje de la Ciencia (Research Center for Learning Science), con la meta de realizar investigación traslacional en el desarrollo del niño y el aprendizaje de la ciencia. Fue el primer instituto en China que realizó investigación en neuroeducación. Cuatro años después, la profesora Yu Wei fundó un laboratorio clave en la Universidad del Sureste que depende del Ministerio de Educación. Dicho laboratorio se dedica al desarrollo del niño y al aprendizaje de la ciencia, a través de investigación traslacional multidisciplinaria en el área de la neuroeducación. Su objetivo es proporcionar estudios basados en evidencia concreta, que apoyen tanto el desarrollo del niño como una reforma en la educación básica, además de cultivar en los

estudiantes chinos la habilidad de ser innovadores. Tras más de 10 años de trabajo, RCLS y el laboratorio han conseguido grandes logros en el proyecto “*Learning by Doing (LBD)*”, la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (ECBI) ^{[1][2]}, la evaluación de las competencias sociales y emocionales del niño ^[3] y la evaluación del aprendizaje de conceptos científicos clave ^[4]. En este texto se hará un breve recuento de dichos logros.

El proyecto LBD fue iniciado conjuntamente por el Ministerio de Educación (MOE, por sus siglas en inglés) de la República Popular China y por la Asociación China de Ciencia y Tecnología (CAST, por sus siglas en inglés) en agosto de 2001. Es el resultado exitoso de un proyecto piloto de colaboración internacional, con el fin de promover la educación científica en los niños, así como su desarrollo holístico y su bienestar.

LBD es un proyecto ECBI dirigido a niños de entre cinco y doce años, de preescolar y escuela primaria. A lo largo de 10 años, LBD se ha extendido por 22 provincias y ha beneficiado a más de 200,000 estudiantes, así como a miles de profesores. Se ha convertido en una base sólida para revisar los estándares nacionales de educación científica en la escuela primaria, y ha facilitado el cambio de política a nivel nacional en lo que se refiere al desarrollo de la infancia. El proyecto LBD recibió el premio Purkwa en 2006 y un reconocimiento de primera clase en investigación educativa por parte de MOE en 2010 ^[2].

El desarrollo de ECBI ha enfrentado varios retos nuevos en pedagogía, como los prejuicios, la construcción de conceptos, el papel de la interacción entre profesores y estudiantes, la elección de conceptos clave y la construcción de



modelos de aprendizaje científico. Al tener la investigación científica en mente, el cerebro y la educación pueden acceder a argumentos más confiables y claros, que resultan del proceso de implementar LBD. La investigación empieza a mostrar la manera en que aprenden los estudiantes, además de proporcionar apoyo para entender las preguntas controvertidas de la educación en ciencias. El hecho de que la capacidad de la memoria humana sea limitada, así como la investigación en el comportamiento y los mecanismos neurológicos, que muestran que los expertos utilizan conceptos nucleares, modelos y habilidades de indagación para resolver sus problemas, hablan en favor de la importancia de los conceptos clave en la ciencia [3-5]. La biología de la memoria a largo plazo enfatiza el aprendizaje basado en los conocimientos previos de los estudiantes y la evaluación de su progreso. Todas estas pedagogías son enfatizadas en LBD.

Además, en LBD hacemos hincapié en cultivar las competencias sociales y emocionales del niño [6]. Aunque se sepa que las competencias sociales y emocionales son lo que mejor predice el éxito y la felicidad de los niños en un futuro, los programas educativos actuales se enfocan en el desarrollo académico más que en cultivar las competencias sociales y emocionales del niño. A partir de nuestro conocimiento de la influencia de las emociones en el aprendizaje y el desarrollo, hemos incluido por primera vez el estándar de aprendizaje social-emocional en el programa LBD de educación en ciencias. Se espera que mejoren las habilidades sociales de los niños durante la práctica científica basada en la indagación. Tomando en cuenta la política de control



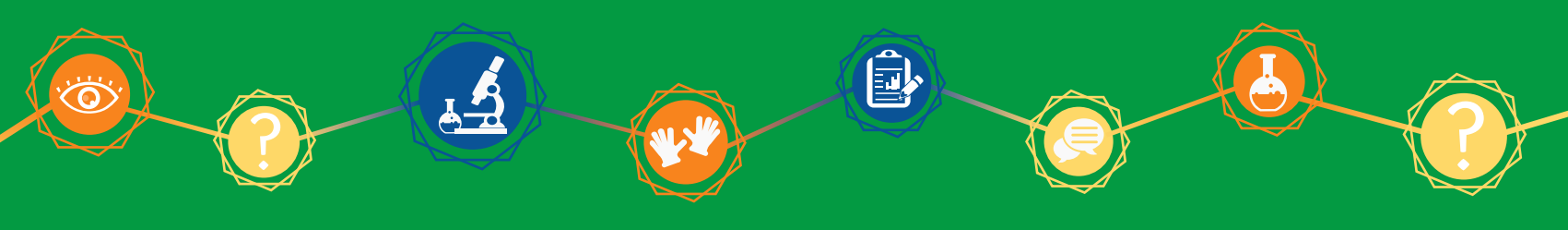
demográfico actualmente en vigor en la República Popular China, que permite un único hijo por pareja, se le da prioridad a la empatía, las competencias emocionales, la autoestima y la aceptación de las características personales propias. Los requerimientos y las fases de aprendizaje también se sugieren en el programa. La investigación ha mostrado que ECBI promueve efectivamente el desarrollo de las competencias sociales y emocionales de los estudiantes, particularmente la empatía y la cooperación.

Recientemente, investigación que captura imágenes del cerebro para descubrir la actividad neurológica que tiene lugar durante el aprendizaje de la ciencia, empieza a dilucidar los procesos mentales que se llevan a cabo cuando un estudiante adquiere un concepto científico nuevo [7-9]. A partir de este conocimiento, hemos diseñado y realizado investigación en educación en ciencias desde la perspectiva de la neuroeducación [10]. Presentamos fenómenos científicos consistentes o inconsistentes con el concepto

clave que aparece en la pantalla de la computadora. Los estudiantes observan los fenómenos y realizan las tareas correspondientes de acuerdo con la instrucción experimental. Mientras tanto, se registran sus ondas cerebrales. Después examinamos las diferencias en los parámetros EEG y ERP relacionados con la comprensión de un concepto científico. Los resultados del experimento piloto reflejan los indicadores ERP potencialmente relevantes para la comprensión de conceptos científicos.

Además de apoyar la pedagogía de ECBI y cultivar las competencias sociales y emocionales del niño, la investigación interdisciplinaria en neuroeducación crea herramientas científicas que permiten medir el aprendizaje neto durante las prácticas en el aula. Actualmente, RCLS desarrolla cuatro series de instrumentos y software:

1. Un sistema de registro y evaluación para educación basada en la indagación, que permite varios usuarios al mismo tiempo. Puede proporcionar la capacidad



de respuesta de más de 40 estudiantes. El profesor puede registrar y analizar las respuestas de todos al mismo tiempo. Estos resultados muestran a los profesores los logros cognitivos y el progreso del aprendizaje, lo que les permite decidir el momento de aplicar métodos nuevos de educación basada en la indagación.

2. Un sistema de evaluación de competencias sociales y emocionales. El sistema se enfoca en evaluar la empatía y la comunicación. Además del cuestionario tradicional, el sistema utiliza análisis de aspectos

psicológicos, del comportamiento y de la expresión facial. De esta manera, la evaluación de la empatía y de las competencias sociales y emocionales relacionadas es más confiable.

3. Un sistema de evaluación de ejecución de funciones. Se presentó a los estudiantes realidad virtual creada por computadoras y se registraron sus ondas cerebrales utilizando sensores EEG. Se estableció una base de datos con esta información.

4. Sistema para estimar la eficiencia en conceptos clave. Se presentó a los estudiantes realidad

virtual creada por computadoras. Se combinó tecnología EEG y ERP para evaluar la comprensión que tiene cada estudiante de los conceptos científicos.

En resumen, nuestra investigación en neuroeducación durante los últimos 10 años ha promovido de manera significativa el desarrollo de la educación temprana y de la investigación en estrategias para la educación en ciencias en China. Continuaremos trabajando en esta investigación para seguir apoyando el desarrollo de la neuroeducación en China.*

BIBLIOGRAFÍA

[1] Wei Y., The impact of neuroeducation on "learning by doing" project. International Conference of East-Asian Association for Science Education (EASE), 4-6 de julio de 2013.

[2] Wei Y., Lo que nos dicen diez años de práctica (original en chino), China Science and Technology Press, ISBN 978-7-5046-5975-0/G.570, enero 2012.

[3] Wan X, et al. The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts. Science, 2011, 331(6015): 341-346.

[4] Wan X, et al. Developing Intuition: Neural Correlates of Cognitive-Skill Learning in Caudate Nucleus. The Journal of Neuroscience, 2012, 32(48): 17492-17501.

[5] Dandan T, et al. Brain activity in using heuristic prototype to solve insightful problems. Behavioural brain research, 2013.

[6] Yang Y. Considering students empathy in inquiry based science education. Encuentro del EARLI SIG 22 (Neuroscience and Education), ETH Zürich, Suiza, 2010.

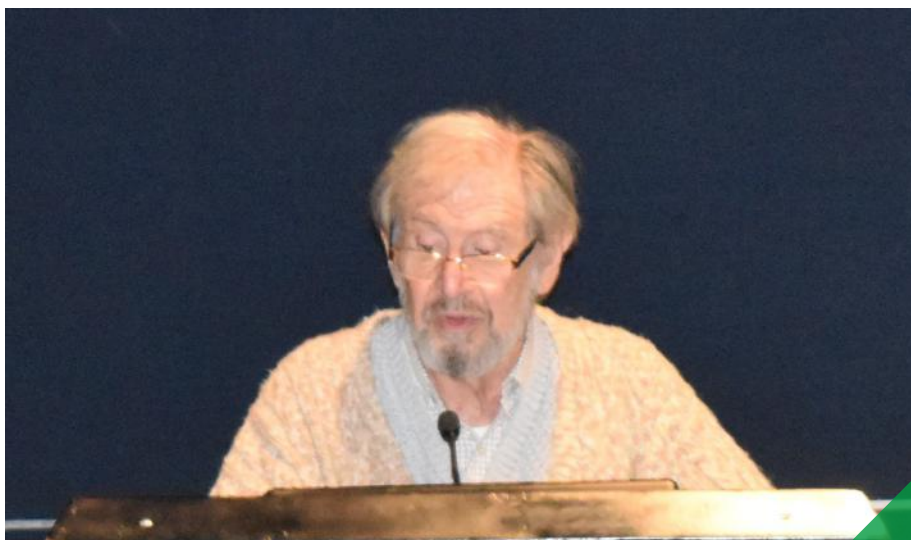
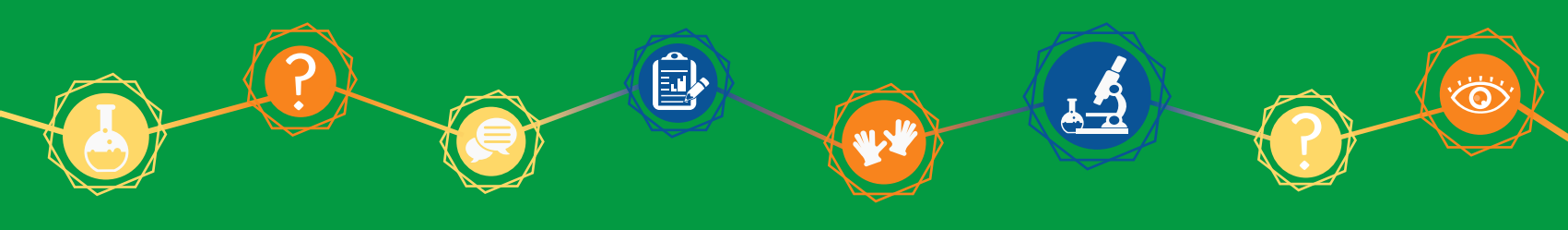
[7] Fugelsang J, Dunbar K. Brain-based mechanisms underlying complex causal thinking. Neuropsychologia, 2005, 43(8): 1204-13.

[8] Dunbar K. The Biology Of Physics: What The Brain Reveals About Our Understanding Of The Physical World, en 2009 Physics Education Research Conference. 2009: 15-18.

[9] Roser M, et al. Representations of physical plausibility revealed by event-related potentials. NeuroReport, 2009, 20(12): 1081-1086

[10] Zhu Y., Qian X., Yang Y., Leng Y. The influence of explicit conceptual knowledge on perception of physical motions: An ERP study. Neuroscience Letters, 2013(541): 253-257.

* Documento de su presentación



Panelista:

PABLO RUDOMÍN

El Colegio Nacional

Yo les voy a hablar de neuronas, redes sociales y la diferencia entre información y conocimiento. Lo que ven ustedes en la imagen, son unas esculturas que estando juntas nos dan una impresión diferente que si las ven por separado en donde se aprecia su belleza. Eso pasa con las neuronas, interaccionan, entonces surge lo que se llama propiedades emergentes. En este caso cada una de ellas tiene una historia que podemos contar, obviamente estamos viviendo la Revolución de la Información y el desarrollo de la Biología, la Nanotecnología, la Computación, el Internet y la Comunicación han sido la base de esta Revolución.

La información generada por la investigación científica y tecnológica crece exponencialmente. El aumento en la información no necesariamente implica un aumento en conocimiento. La acumulación de información sin conocimiento conduce a la confusión, esto se ha llamado Síndrome de la Torre de

Babel. Desde los textos bíblicos decían que cada quien hablaba su propio idioma y no se entendían, es un poco lo que nos está pasando ahora. Dentro de las mismas neurociencias cada grupo habla su propio idioma y es muy importante que si queremos relacionarlas con educación, debemos aprender a usar un lenguaje común, no es sencillo. Resulta un reto para los maestros el cómo integrar esta información y transformarla en conocimiento.

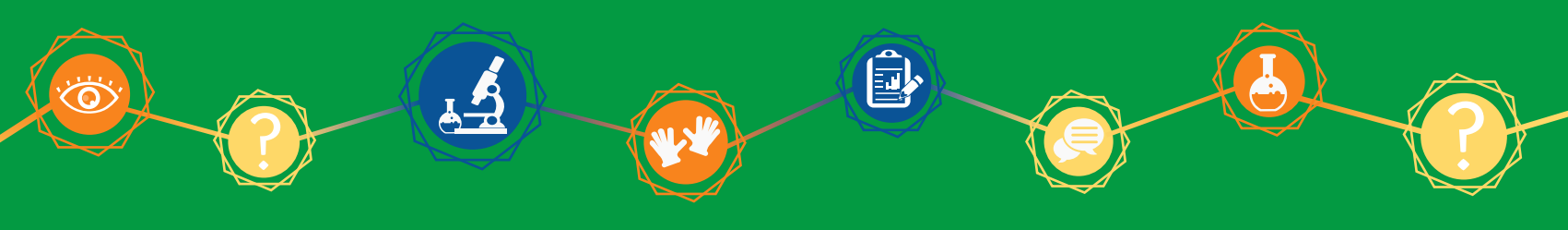
¿Cuál es la diferencia entre información y conocimiento?

Información es el conjunto de datos procesados que constituyen un mensaje, podríamos tener los mismos datos pero si no hay un decodificador que los entienda no significan nada para nosotros. Conocimiento, ¿qué entendemos por conocimiento? es la representación interna de un proceso cognoscitivo. La definición que a mí me gusta más es la que se refiere al conocimiento como el conjunto organizado de datos e información destinados a

resolver un problema específico. Eso es lo que nos ha permitido en la escala evolutiva diferenciarnos un poco de otros parientes próximos que tenemos en la escala biológica. El proceso asociado a la generación de conocimiento requiere de:

- Información, si no hay información no hay conocimiento
- Procesamiento e integración de la información
- Aprendizaje, si no hay aprendizaje no podemos tener conocimiento
- Formulación de hipótesis (modelos), nuestro sistema nervioso genera modelos. Cuando yo quiero hacer un movimiento, en nuestra corteza cerebral se genera una representación de la intención del movimiento
- Validación de las hipótesis

El conocimiento anticipado permite a los individuos (y a las sociedades) reaccionar de forma anticipada a los retos del entorno, aumentando con ello sus probabilidades de



supervivencia. Piensen en este momento en el cambio climático, tenemos conocimiento suficiente para anticiparlo, pero si no lo hacemos como sucede en algunos casos, sabemos cuáles pueden ser las consecuencias. Entonces, precisamente el conocimiento es el que nos permite a los individuos y a las sociedades aumentar nuestras probabilidades de sobrevivencia.

El reaccionar en forma anticipada requiere de la toma de decisiones; si hablo de un trapequista que va a brincar, éste tiene que decidir en qué momento se va a sujetar del columpio, un milisegundo antes o un milisegundosegundo después se acabó, no sería exitoso. Hay toda una serie de estudios neurofisiológicos de los procesos nerviosos, neuronales involucrados en la toma de decisiones. Aquí en México tenemos un especialista en eso, Ranulfo Romo miembro de El Colegio Nacional, que precisamente analiza en monos entenados cómo son los mecanismos neuronales de la toma de decisiones. Sería ideal que a nuestros diputados les pusieramos electrodos para saber si tienen conciencia y son capaces de tomar decisiones y cuáles son las decisiones adecuadas, pero en fin.

Una decisión equivocada puede acarrear graves consecuencias, esta es la primera decisión que se registra en nuestra cultura occidental, ¿fue buena o mala la decisión de Adán y Eva de desobedecer?. Se equivocaron y nos sacaron del paraíso, existen dos versiones de este hecho, algunos dicen que los castigaron porque desobedecieron y otra interpretación es que los castigaron porque querían conocer la diferencia entre el bien y el mal, eso implicaba conocimiento. Los castigaron por querer conocer, por querer saber. Yo pienso que esa maldición bíblica fue manipulación de los sacerdotes de entonces que querían tener el conocimiento. Tenían el conocimiento de la agricultura, de los eclipses y lo usaban para lo que ustedes ya saben. En fin, eso ha seguido, acuérdense de la inquisición y lo que está pasando en este momento con las culturas islámicas en las que el conocimiento está penalizado. A veces eso se hace en forma consciente o a veces en forma subconsciente.

El miedo al conocimiento, les presenté una caricatura que me parece muy simpática que dice: mientras más sabes más difícil es

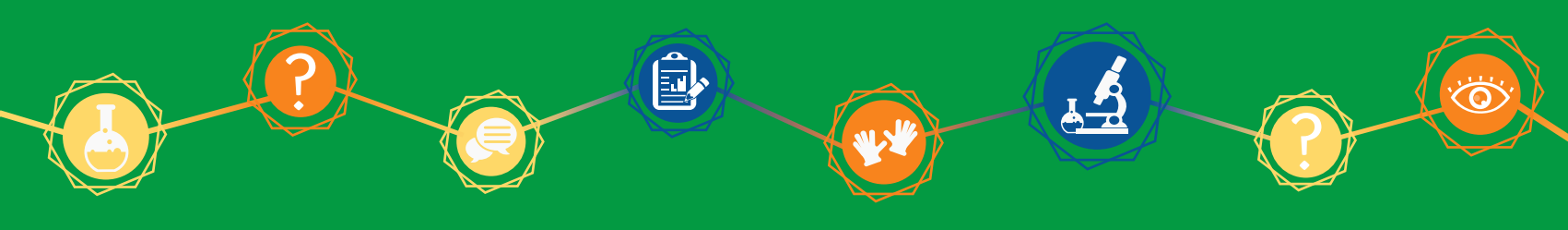
actuar en forma decidida. Una vez que te informas empiezas a darte cuenta de las complejidades y claroscuros. Te das cuenta que nada es tan claro y simple como parece a simple vista, después de todo el conocimiento es paralizante. Siendo un hombre de acción no puedo darme el lujo de arriesgarme. Es uno ignorante pero al menos actúas.

Hay modelos para la toma de decisiones, tenemos el **Modelo jerárquico**: se colapsa en ausencia de la más alta jerarquía. Tenemos muchos ejemplos en nuestra propia historia, acuérdense cuando llegó Cortés, ya estaba Moctezuma, el gran Tlatoani quitó la cabeza y todo se colapsó. El **Modelo Distribuido** permite la generación de acciones cooperativas, ya vimos algunos ejemplos de cuando hay acciones cooperativas el desempeño de las personas mejoran mucho. Esta es una cuestión muy importante para los procesos educativos.

La imitación de las acciones observadas es un elemento importante en la evolución dado que aumenta las probabilidades de sobrevivencia individual y poblacional. Hay experimentos muy interesantes que demuestran cómo nuestros parientes más próximos los primates, aprenden a alimentarse o a pescar. Aquí en México hay una historia muy interesante, hace muchos años Frank Ervin y Carlos Guzmán tenían una colonia de monos en la laguna de Catemaco, y entonces terminó el proyecto y dejaron a los monos ahí, varios años después aprendieron a pescar para sobrevivir, a través de la imitación. Entonces, la imitación de las acciones observadas en nuestros procesos educativos son fundamentales.

La pregunta es si este comportamiento ¿es determinado





genéticamente o está impreso durante los periodos críticos del desarrollo? Son ambos. Saben ustedes que los primeros años del crecimiento de los niños son fundamentales, es cuando aprendemos idiomas, sonidos y a movernos. Entonces es cuando esos 3-4 primeros años de un niño son fundamentales.

Les muestro un ejemplo en el siguiente video de Konrad Lorenz, uno de los grandes premios Nobel y quien realizó un trabajo acerca del comportamiento; en el video se pueden observar a unos pollitos que nacieron junto a él y lo identifican como su mamá, lo siguen a todas partes. También ha habido otros estudios que a mí me parecen igual de impactantes.

Hay otro experimento interesante con salmones. Ustedes saben que se dice que el salmón regresa a poner sus huevos al lugar en donde nació. Hicieron un experimento en el que tomaron a algunos salmones y en el sitio en el que nacieron colocaron una sustancia (producto derivado de la gasolina) que les gusta mucho a los salmones, los salmones crecen con esta sustancia y posteriormente sueltan a los salmones. Los salmones viajan y les ponen unos frascos con la misma sustancia que les gusta, entonces el salmón llega y se queda ahí por dicha sustancia. A los salmones que no les pusieron la sustancia en el lugar que nacieron, pasan los frascos y no reconocen la sustancia, a diferencia de los otros salmones que fueron expuestos a esta sustancia desde su nacimiento y en algunos momentos de su desarrollo sus neuronas registraron ese suceso. Lo interesante es ver el registro del electroencefalograma de los salmones que muestra que cuando están en contacto con la sustancia se activa el cerebro. Es

decir, asociado a lo que nos gusta y no nos gusta hay este proceso de memoria, en este caso memoria olfativa y memoria de gusto. Los sabores que aprendemos de recién nacidos y de muy jóvenes recordamos toda la vida.

En esto existe una base neurofisiológica, se han encontrado las neuronas espejo. Rizzolatti, un investigador italiano quien ha sido el pionero en estas ideas. ¿Qué es lo que han encontrado? Poblaciones de neuronas cerebrales que responden tanto cuando el mono realiza una acción determinada, como cuando este observa a otro individuo realizar la misma acción. Esto de observar es muy importante, esta propiedad neuronal promueve el aprendizaje por imitación, y es lo que se llama comportamiento resonante.

Las neuronas espejo se activan tanto al observar la ejecución de movimientos manuales como al inferir dichas acciones. El sistema de neuronas espejo permite al individuo detectar ciertos estados mentales de otros individuos. Esta capacidad permite anticipar las acciones futuras de otros individuos, que pueden ser cooperativas, no cooperativas o incluso amenazantes. Ello permite una mejor adecuación de la respuesta propia a las actitudes e intenciones de los otros, lo cual es fundamental para la interacción social y para el desarrollo del lenguaje.

Ya vimos algunos ejemplos de cómo están investigando en los laboratorios en China las cuestiones faciales.

Inclusive nosotros leemos expresiones faciales, lenguaje no hablado, el lenguaje corporal, y se usa para saber cuál es el desempeño de los niños en la escuela. Entender las acciones (conocer) las acciones o estados de

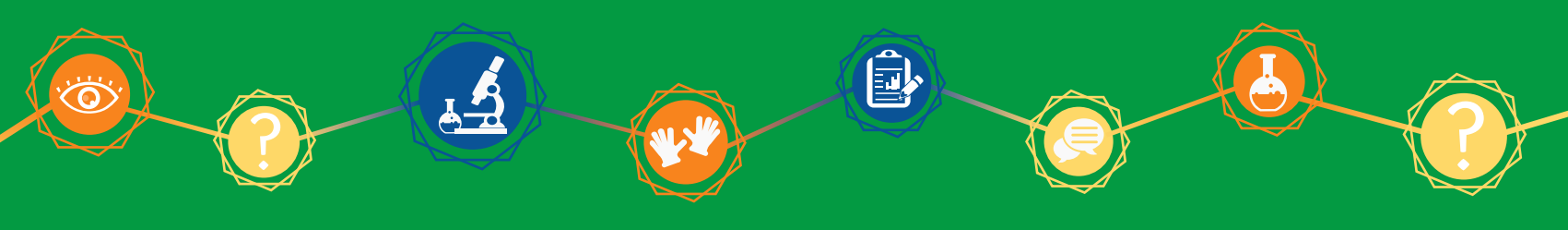
ánimo de los otros es importante para la instrumentación de acciones anticipatorias. Por ejemplo en un combate de box, con la intensión del movimiento podemos ver cómo se esquiva un golpe.

Ello permite aprender a moverse al observar los movimientos realizados por otros individuos, por ejemplo en la cuestión de Artes Marciales, antes de que la persona este peleando en sí, tiene un tiempo en que está observando a los demás, y al observar hay evidencia de como se activan las mismas zonas cerebrales que si se estuviera haciendo ese movimiento.

En niños con desordenes autistas, presentan una disfunción de las neuronas espejo, se activan en menor cantidad. Los autistas con un nivel severo de comunicación verbal presentan un déficit marcado en la actividad magneto-encefálica de alta frecuencia (20Hz), sobre todo en el área de Broca.

Es un problema social, serio, que tiene que ver con la educación, un niño hiperactivo en mis tiempos se decía “este niño no hay quien lo discipline”, ahora sabemos que hay una serie de fenómenos neurológicos asociados a eso. Y es muy importante que los maestros lo sepan, cada niño es en sí una situación única, no se puede generalizar, lo que cada niño hace y sus limitaciones es diferente. Los niños autistas no desarrollan esta empatía social.

También se asocia a lesiones del sistema nervioso, el daño a la amígdala afecta el contacto visual. Los patrones de movimientos oculares en chimpancés son muy parecidos a los movimientos en humanos, hay factores genéticos heredados acerca de cómo exploramos el entorno.



Tanto en los antropoides como en los humanos el sistema de neuronas espejo se especializa no solo en el procesamiento de estímulos animados, sino específicamente en el procesamiento de estímulos con relevancia social. El temor adquirido indirectamente a través de observación social activa mecanismos neurales semejantes a los desenmascarados por el temor experimentado personalmente.

El nivel de actividad Dopaminérgica en el estriado es modificado por las características de la interacción social. Este es un experimento muy interesante; en una colonia de monos donde había un macho alfa, los hicieron drogadictos con cocaína y al mismo tiempo median en su cerebro la cantidad de dopamina que se liberaba en los grupos estriados. En un primer escenario se encontraban el macho alfa y los subordinados cada quien en su jaula, el macho alfa tenía un poco más de dopamina y los subordinados un poco menos, al momento de poner a los dos juntos (macho alfa y subordinados) aumenta la cantidad de dopamina en el macho alfa y en los otros se disminuye.

Este comportamiento se puede observar en la actualidad, el consumo de drogas, el comportamiento en grupo es muy diferente al comportamiento que tenemos cuando estamos solos. Esto es muy importante cuando se lidia con los jóvenes, muchas veces el profesor les puede decir que no, los padres les pueden decir que no, para ellos ir en contra de su grupo es muy difícil. Se requiere entonces una atención especial, cuando están juntos es otra psicología y ustedes lo conocen bien.

Realmente lo que somos depende en buen grado de con quién nos asociamos, a esto se le llama *león*

Argentino, y es positivo en el sentido que uno no se está menospreciando, sino al contrario, es tener una buena imagen de sí.

En el video que les presento pueden ver como imitamos a los demás subconscientemente cuando estamos en grupo. En el video puede observarse la experiencia en un elevador, hay una persona dentro y entran más personas que son parte del estudio, estas personas se ponen de cara contra la pared y la otra persona termina imitándolos sin saber por qué.

Existen modelos de sociedades artificiales en los cuales se ponen algunos de esos parámetros. En el modelo distribuido de inteligencia social, el sistema puede adquirir una configuración estable y ordenada (por prioridades) cuando los agentes, es decir, los individuos de la sociedad, generan expectativas basadas en la actividad de otros agentes y cuentan con mecanismos de **proliferación de información**, en este caso creado por la **observación del comportamiento** de los otros.

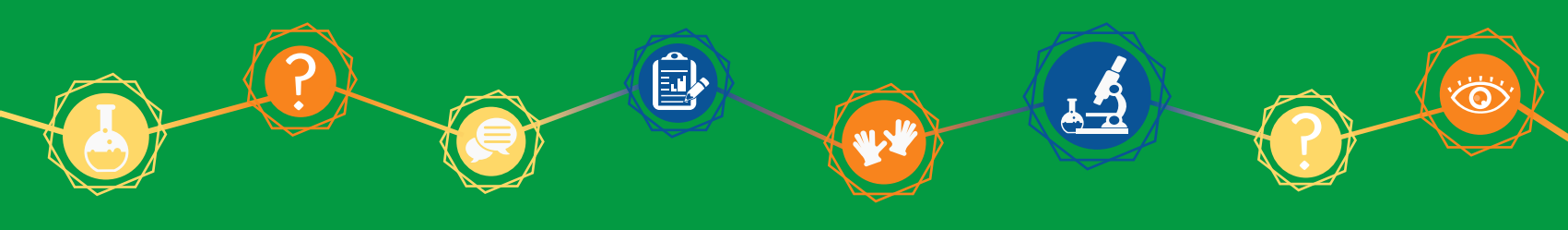
¿Cuáles son las conclusiones de todo esto?

El estudio del Sistema Nervioso ha aportado elementos fundamentales sobre los eventos neuronales asociados con la generación de movimientos voluntarios y procesos cognitivos. Este conocimiento permite conocernos más a nosotros mismos y la forma en que interaccionamos con el entorno. Cada vez es más claro que la interacción con el entorno y sobre todo con otros individuos de la misma especie influye en la integración de la autoconciencia y en los procesos cognoscitivos sobre todo en las etapas tempranas del desarrollo.

El comportamiento social no es necesariamente la suma de los comportamientos individuales. Es más bien una propiedad emergente consecuencia de la interacción entre los individuos que forman la población. Esta interacción puede ser positiva o negativa; la interacción positiva, por ejemplo incentivos, tiende a aumentar el conocimiento social disponible, mientras que la interacción negativa como factores históricos y culturales tiende a disminuirlo. El conocimiento científico y tecnológico, aunado a una ética social y biológica responsable, también puede constituirse en un instrumento idóneo para lidiar con una variedad de problemas sociales y ambientales. Y obviamente los maestros juegan un papel fundamental.

La pregunta es si tenemos la suficiente inteligencia colectiva para abordarlos exitosamente. Y por eso estamos aquí, tratando de generar esa conciencia colectiva a través de ustedes y de ustedes hacia todos los estudiantes. Si tenemos la capacidad de utilizar el conocimiento para anticipar riesgos, proponer soluciones y actuar en consecuencia. De utilizar el conocimiento para poder interaccionar en forma positiva con el entorno y usarlo para lograr una mayor convivencia entre individuos y sociedades.

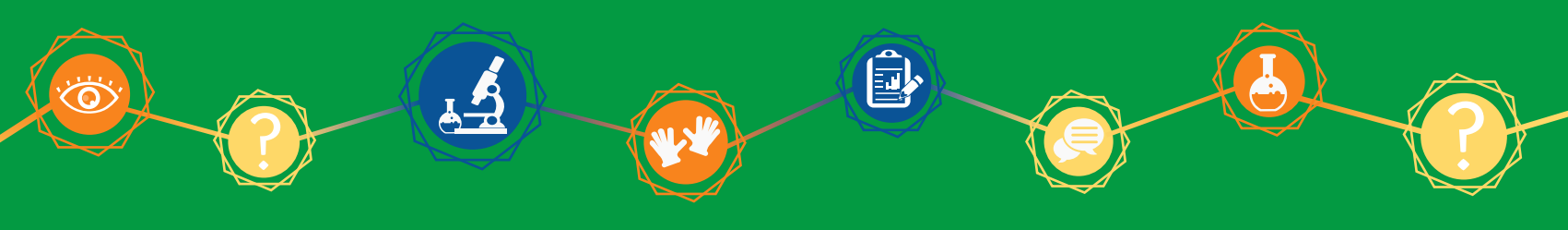
Brevemente para concluir, ¿cuáles son algunos de los problemas que tenemos que vivir por falta de conocimiento?, analfabetismo, racismo y fundamentalismos ideológicos, terrorismo, drogadicción, violencia, deterioro del medio ambiente, destrucción de ecosistemas, calentamiento global, salud y pobreza extrema, desnutrición y hambruna, enfermedades emergentes y el autismo social; las murallas que



ponemos para separar países, comunidades e individuos.

Y la pregunta que debemos hacernos es ¿qué sigue? y sobre todo preguntarnos ¿y yo, por qué?, es algo que nos toca a todos, cada quien en su esfera y en sus limitaciones.*

** Transcripción de su presentación*



Panelista:

LUCAS MALAISI

Fundación para la Educación Emocional

SOBRE EL POR QUÉ DE HACER EDUCACIÓN EMOCIONAL EN LAS AULAS

¿Qué es la Educación Emocional?

Es una estrategia educativa de promoción de la salud que tiene por objetivo mejorar la calidad de vida de las personas a partir del desarrollo de habilidades emocionales.

¿Por qué hacer Educación Emocional ahora?

Porque tenemos una sociedad con claros síntomas de enfermedad: violencia, depresión, consumo de drogas, consumismo, culto de la

imagen, delincuencia, etc.

¿Quién sugiere hacerlo?

La OMS (Organización Mundial de la Salud) propone el desarrollo de las “Habilidades para la vida” (*life skills*) en 1986, luego en el 1993 elabora un nuevo documento centrado en la Educación (*Life Skills Education in School*) en el cual define dichas habilidades como “Capacidades para adoptar un comportamiento adaptativo y positivo que permita a los individuos abordar con eficacia las exigencias y desafíos de la vida

cotidiana”. Luego en 1998 en un Glosario sobre promoción de la salud especifica desarrollar en el ámbito educativo 10 habilidades para la vida, de las cuales al menos 6 son habilidades emocionales en forma específica¹.

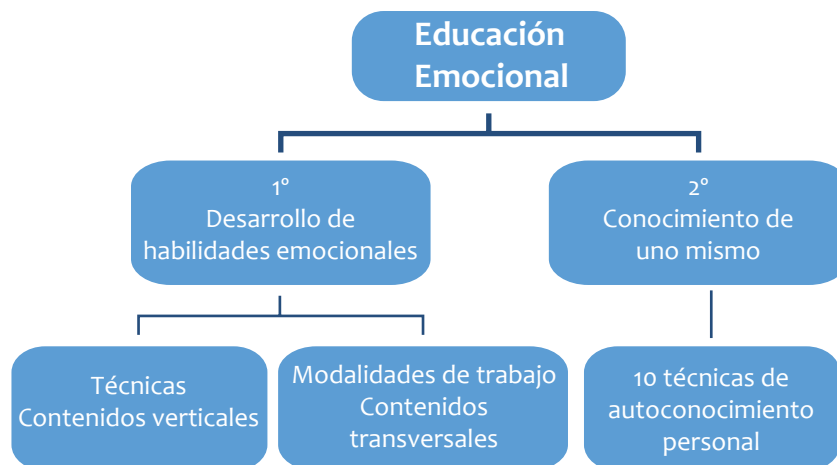
Estos documentos se basan en una contundente e incuestionable evidencia científica de los beneficios de hacer Educación Emocional.

¹ Las habilidades para la vida propuestas por la OMS son: (las subrayadas son habilidades emocionales)

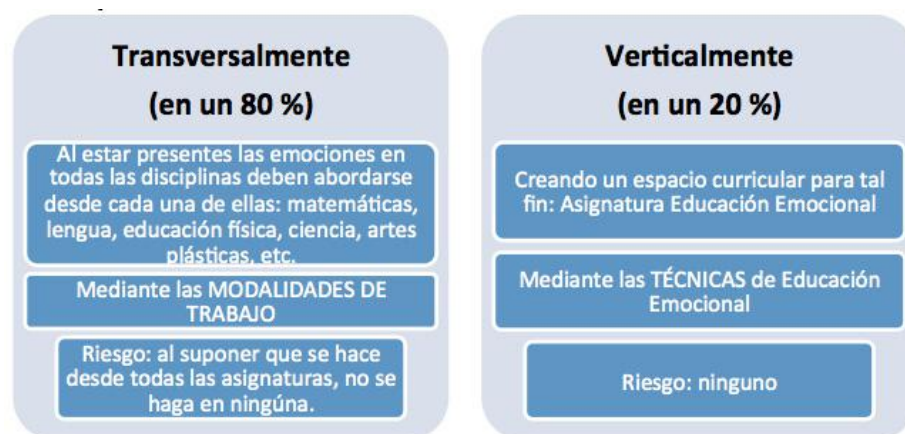
1. Capacidad de tomar decisiones
2. Habilidad para resolver problemas
3. Capacidad de pensar en forma creativa
4. Capacidad de pensar en forma crítica
5. Habilidad para comunicarse en forma efectiva
6. Habilidad para establecer y mantener relaciones interpersonales
7. Conocimiento de sí mismo
8. Capacidad para establecer empatía
9. Capacidad para manejar las propias emociones
10. Habilidad para manejar las tensiones o estrés

¿En qué consiste la estrategia educativa de la Educación Emocional?

Consta de dos ejes troncales: Desarrollo de las habilidades emocionales (lo propuesto por la OMS) y el Autoconocimiento: es el descubrimiento y valoración de la propia unicidad.



¿Cómo implementarlo? Debe hacerse de dos formas:



¿A quiénes capacitar para desarrollar las habilidades emocionales?

Para llegar eficazmente a desarrollar la Inteligencia Emocional en niños, es necesario abordar los cuatro pilares de la Educación Emocional:

- 1. Educación Emocional del Docente:** Desarrollo de habilidades emocionales en el educador, donde aprenda cómo manejar sus emociones y a automotivarse.
- 2. Escuela para Padres:** Desarrollo de habilidades emocionales en tutores de los niños como conocimiento de claves para una crianza sana.

3. Educación Emocional en las Relaciones Interpersonales:

Abordaje de las dificultades organizativas.

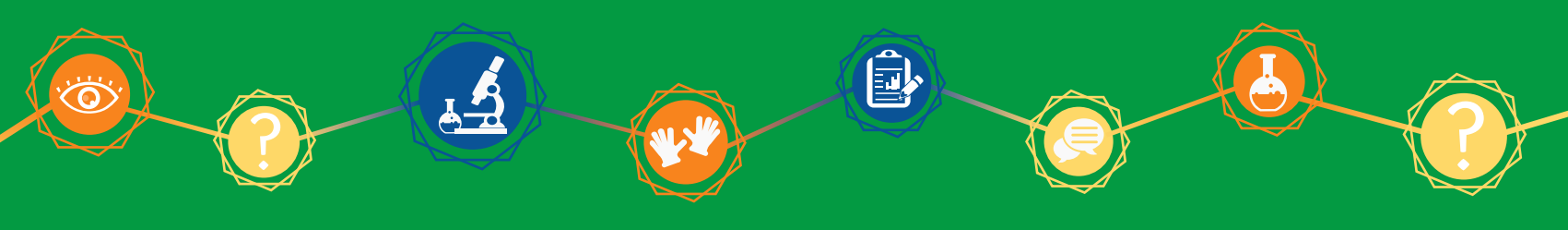
4. Educación Emocional de niños: Técnicas y modalidades de trabajo para aplicar con niños y adolescentes en el aula (como contenido curricular y en forma transversal).



¿A qué se debe el fracaso del sistema educativo actual?

Son prácticas anacrónicas que insisten en lo académico y en la transmisión de conocimientos, siendo que en el Siglo XXI las tecnologías hacen accesible la información a todos. Además pretenden la preparación de una persona para la "productividad".

Ambos enfoques no se condicen con las necesidades del mundo actual, considerando que el 80 % de los conocimientos que necesitarán los niños de hoy cuando tengan 18 años, aún no existe, aún no está siquiera pensado, dado que el conocimiento mundial se duplica cada 10 años.



¿Qué tipo de educación necesitamos en el Siglo XXI?

Además de lo realizado al momento (lo académico) es menester abordar una educación que favorezca el desarrollo de la resiliencia, salud emocional y satisfacción personal, dinamización de recursos y el entrar en acción, tolerancia a la frustración y automotivación, considerando que del 70 al 80 % del éxito que obtenemos en la vida depende de las habilidades emocionales.

HEMOS DE PROMOCIONAR LA SALUD PARA EVITAR A FUTURO LA PROLIFERACIÓN DE CONDUCTAS SINTOMÁTICAS.

Reflexiones finales:

En un delicado entramado de innumerables variables interconectadas e intervinientes que afectan a las sociedades, pululan nefastas e impensadas problemáticas de niños, adolescentes y adultos. Conductas violentas, delictivas, suicidas, promiscuas, adictivas, depresivas, evasivas, entre otras, proliferan entre todos, erigiéndose en una realidad que ya no es ajena a casi ningún rincón de este planeta. La inhabilidad de algunos padres para educar; el agotamiento que sufren, el abuso, la fragmentación familiar, la desintegración de las redes de apoyo comunitario, la urbanización, la implacable inseguridad social, los cambios económicos, la inequidad, marginación y discriminación social, condiciones de hacinamiento, etc. se combinan con cambios valórico-culturales que fomentan el consumismo, individualismo, materialismo, hedonismo, relativismo, permisividad, masificación, frivolidad, búsqueda del placer inmediato, culto de la imagen, entre innumerables situaciones que influyen adversamente, haciendo cada vez más difícil llevar a cabo una clase en paz con los niños y mantener una buena relación con sus padres como con las autoridades del establecimiento educativo.

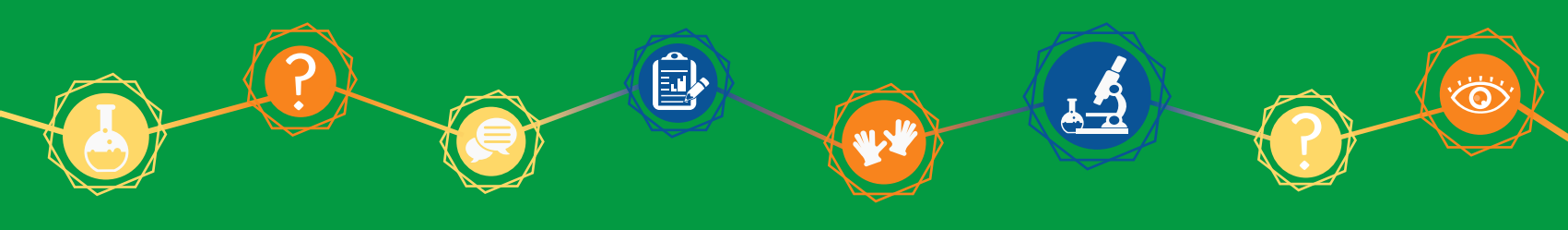


Estos cambios sociales y culturales requieren de una preparación en los niños, docentes y padres que excede la practicada hasta el momento; se necesita de una Educación Emocional para que puedan afrontar situaciones sociales que no tienen precedentes.

Una política que pueda dar cuenta de la compleja red de actores y variables que influyen sobre los niños y familias, y que logre un cambio radical combatiendo el mercado de la enfermedad e inseguridad, sabemos, no se agota en un programa ni termina al implementarlo en algunas escuelas. Para asegurar los resultados que nos proponemos es necesaria una continuidad y mantenimiento en el tiempo de estas propuestas logrando llegar a todas las escuelas. Es por ello esencial el compromiso de autoridades políticas y gubernamentales para llevarlo a cabo a gran escala y mantenerlo en el tiempo, dado que si sus esfuerzos se concentran en los periodos electorales o bien buscan resultados inmediatos

dentro del propio mandato, la solución es superficial y efímera, no alcanzando las raíces del problema, sino más bien, dejándolas intactas para que florezca posteriormente con aún más fuerzas. Si nos ocupamos de situaciones urgentes, y no de proyectos a futuro, procrastinamos el desarrollo y crecimiento de la sociedad. De este modo, las pululantes situaciones de precariedad imponen la emergencia de destinar recursos para lo urgente no dando la posibilidad de trabajar en lo estructural, arrojando como resultado una vulnerabilidad creciente, que justifica cada vez más las intervenciones de resultados efímeros, ante estas –curiosamente– más frecuentes situaciones “inesperadas”.

Está comprobado que los patrones de comportamiento familiar en general se transmiten de generación en generación, donde si por ejemplo existió abuso, este tiende a repetirse. Lo mismo ocurre con la violencia, física o verbal, abandono emocional, entre otras situaciones que, ya sea



por un aumento demográfico o porque empeora el escenario, cada vez son más frecuentes y en su mayoría terminan judicializándose sin resolver el problema, muy por el contrario, a menudo empeorándolo. Estas intervenciones judiciales no despliegan en toda su extensión una función educativa que permita evitar el problema, pues llegan tarde, cuando el daño ya está causado. Es por ello menester llegar antes a aquellos en situación de riesgo y a aquellos que todavía no lo

están también, asegurándonos que se mantendrán sanos y bajo control consciente de sus actos.

El fracaso del modelo educativo actual, basado en paradigmas obsoletos que no se condicen a las necesidades actuales, queda evidenciado por los constantes y perniciosos cambios y reformas que insisten en lo mismo: modificar una y otra vez proyectos y metodologías que se centran en lo cognitivo, ignorando la importancia de una

sana vida emocional del niño y sus tutores (padres y docentes). Es por ello de vital importancia que al niño se le provean las herramientas para ser consciente de su situación, sentimientos y pensamientos. Porque si sólo percibe su realidad familiar, creará que es la única realidad, la que indudablemente replicará en sus relaciones sociales, repitiéndose así esta funesta situación, entrampado en un círculo vicioso.*

* Documento de su presentación



PANEL V

LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL PARA MEJORAR LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Conferencista:

Sharifah Maimunah

Panelistas:

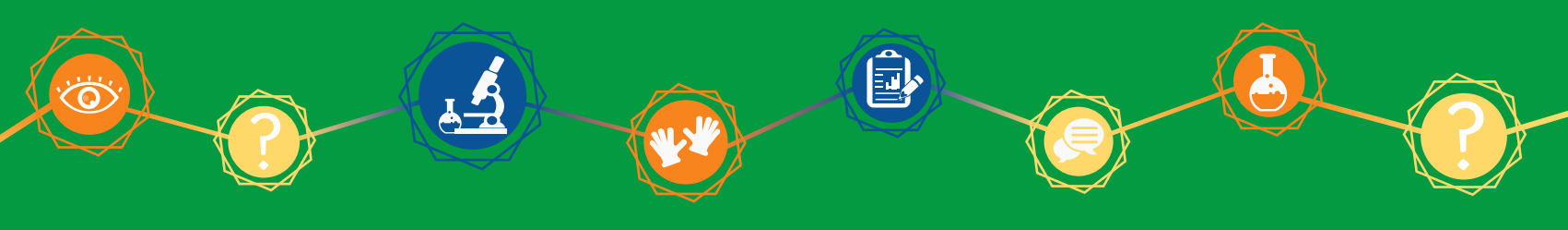
Juan Asenjo

Anders Hedberg

Guillermo Fernández

Moderadora:

Guillermo Hernández Duque



Panelista:

ANDERS HEDBERG

Consultora Hedberg

¿Cómo puede acelerarse un cambio positivo?

Se ha hecho un esfuerzo considerable para fortalecer la educación en ciencias en muchos países alrededor del mundo. Muchos de ellos se han beneficiado de la colaboración internacional entre individuos y organizaciones líderes, con resultados muy alentadores. Sin embargo, todavía puede y debe hacerse mucho más para que todos los estudiantes tengan acceso a una educación en ciencias efectiva.

Pueden mencionarse varios hechos que muestran qué tan lejos hemos llegado:

Concordamos en que el desarrollo del talento en las áreas de ciencia, tecnología e innovación es crítico para el desarrollo económico de todos los países y para el comercio global de bienes y servicios.

Tenemos evidencia contundente de que la enseñanza de la ciencia basada en la indagación K-12 (Preescolar-

Media Superior) conduce a un mejor aprovechamiento de los estudiantes [1,2,3,4,5,6], y que un mejor desempeño en la enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) es importante para alcanzar metas a nivel económico.

Los mecanismos más poderosos son el intercambio activo de las prácticas que resultan exitosas, la comunicación efectiva entre líderes de la educación y la colaboración estratégica que involucra a todos los participantes.

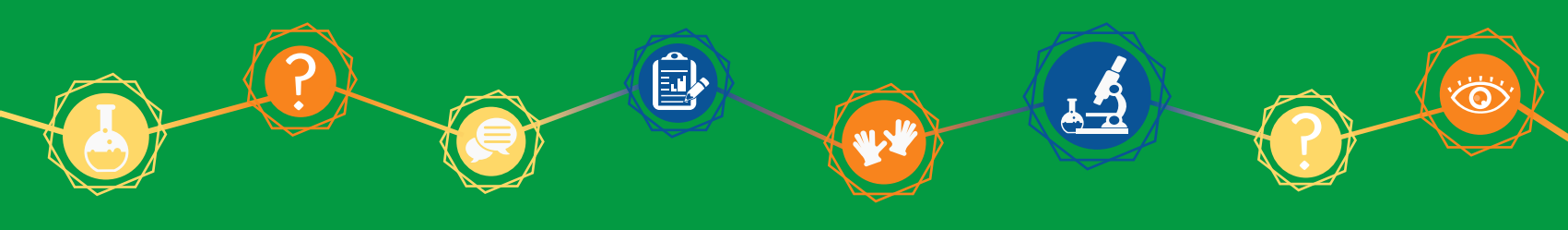
Conforme revisamos las oportunidades para acelerar este cambio positivo, debemos considerar con cuidado el significado del término STEM, que está en el centro de esta discusión.

Mientras que las siglas STEM representan cuatro materias claves en la educación (por sus siglas en inglés), el uso del término implica

mucho más que un simple principio organizativo para coordinar el currículo y la enseñanza en esas materias.

Entonces, ¿qué es STEM?

Desde que fue introducido en los primeros años del siglo presente, STEM se ha convertido en uno de los motores de cambio principales en la educación estadounidense K-12. Durante la administración del presidente Obama, se pusieron en marcha varios programas multimillonarios para apoyar la educación STEM en Estados Unidos de América. Como consecuencia, hay actualmente una gran cantidad de organizaciones, con y sin fines de lucro, dedicadas a promover, asistir y mejorar esta área de la educación. Muchas de estas entidades privadas dirigen sus servicios a estudiantes y profesores; otras se especializan en apoyar a las grandes compañías en su labor social vinculada con la educación, y también hay las que



ofrecen asistencia a los padres de familia y a otros líderes empresariales involucrados en la educación STEM. Para apoyar sus propios objetivos económicos, esta gran cantidad de organizaciones han introducido muchas definiciones distintas del término STEM, que confunden el significado del concepto original, en lugar de aclararlo.

Mientras estos cambios en el sector educativo son recientes, es interesante hacer notar que, durante los últimos 50 años, ha habido cambios significativos en el área laboral impulsados por la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Esta evolución del sector laboral ha sido determinada principalmente por la innovación global competitiva, el desarrollo tecnológico, la comunicación y la economía. Es interesante que este poderoso cambio nunca haya recibido un nombre. Sin embargo, visto a la luz de la prioridad educativa, puede contribuir con una definición nueva del término STEM:

Se trata del **comportamiento multidisciplinario genérico, tanto organizativo como individual, que conduce a la innovación y a un aumento de la productividad**, independientemente del producto o servicio finales. Esta definición es deliberadamente amplia y general, de manera que describe el proceso utilizado para transformar ideas en productos que puedan comercializarse, ya sea en empresas muy pequeñas o muy grandes, con manufactura sencilla o que utilizan tecnología avanzada, que producen objetos concretos o brindan un servicio de consultoría conceptual, privadas y gubernamentales, locales y globales. El “**comportamiento STEM**” efectivo involucra la transferencia de información, el

uso de herramientas, modelos y tecnología, la acumulación de experiencia, además de procesos para planear y coordinar, evaluar y proyectar, comercializar, invertir, organizar y administrar. Definido de esta manera, STEM es a un tiempo omnipresente e invisible, específico y general, tangible y elusivo. Aún así, cada lugar de trabajo puede describirlo en sus propios términos. Aún más importante, cada empleador puede describirlo en términos de lo que sus empleados deben saber y ser capaces de hacer.

Esto conduce a una conclusión ineludible: que la educación y el ámbito laboral (la primera prepara el talento que el segundo necesita y emplea) pueden obtener grandes beneficios mutuos de una estrecha colaboración y una comunicación frecuente. Sin embargo tal colaboración sigue siendo poco común, tanto en Estados Unidos de América como en otros países.

¿Quién impulsa la educación STEM?

Una vez reconocida la importancia de la colaboración y la comunicación cercana entre los sectores educativo y laboral, es claro que dicha importancia es la misma a niveles regional, nacional e internacional.

Esto hace que surja nuevamente la pregunta de cómo fortalecer el resultado del intercambio internacional entre los líderes de la educación.

Para empezar, observando los reportes PISA de años recientes y los sistemas de aprendizaje de Singapur y Finlandia, entre otras naciones con muy buen desempeño educativo, no puede sobreestimarse el valor de la profesión docente. Por lo tanto, tiene mucho sentido desde cualquier punto de vista invertir

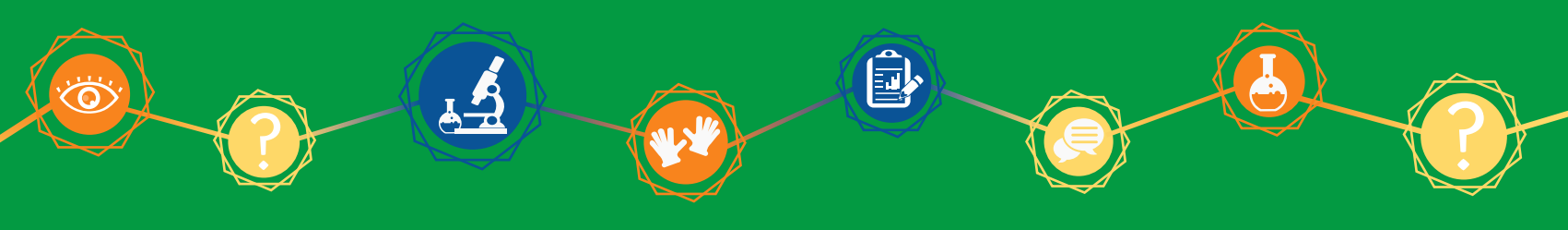
en la capacidad de liderazgo del profesor en el aula.

Se trata del profesional que está mejor capacitado para traducir la realidad STEM del lugar de trabajo a las circunstancias para el aprendizaje del estudiante en el entorno del aula.

Él o ella es también la persona fuera del hogar, responsable de sentar una base sobre la cual los estudiantes puedan crecer como ciudadanos del mundo.

La idea de enfocar el mejoramiento educativo en el profesor no es nueva. De hecho, es tan común que raramente genera algún debate entre los participantes del proceso educativo. Los reportes de OECD conducen a la conclusión de que la calidad de los docentes está íntimamente relacionada con la calidad de la educación, tanto desde el punto de vista de los propios docentes como del de otros actores involucrados en el proceso educativo. A su vez, esto se relaciona con el grado de influencia que el profesor tenga en el aula, aún si su enseñanza está regulada estrictamente por planes y estándares educativos nacionales. La profesión docente, con la influencia de todos estos factores es tan compleja y depende igualmente del talento como cualquier otra.

Consideremos las tres “R” del manejo del talento. Para empezar, el rclutamiento. Basta decir que cualquier puesto de trabajo, considerado por muchos como importante y que por lo tanto recibe mucho apoyo, siempre atraerá candidatos competentes. En segundo lugar, la rcompensa por un trabajo bien hecho debe ser proporcional para todos los



participantes. La recompensa no sólo se mide en unidades monetarias. De hecho, se dice que la generación del milenio suele dar más valor a otros aspectos, como la oportunidad para desarrollarse personalmente, condiciones de trabajo flexibles y el respeto por la necesidad individual de tener una familia y una vida de calidad. Finalmente, la retención de profesionales competentes depende de la manera en que sean valoradas sus contribuciones individuales, así como el grado en que el apoyo profesional y las condiciones de trabajo reflejen ese reconocimiento.

Desafortunadamente, muchos de esos factores no pueden modificarse a corto plazo. Sin embargo, es posible visualizar un cambio que podría implementarse con el fin de ampliar las posibilidades de los docentes en su trabajo cotidiano en el aula.

¿Por qué es importante la educación STEM en todos lados?

Cada una de las cuatro disciplinas de STEM son reconocidas internacionalmente, tanto en teoría como a nivel práctico, y salvan tanto fronteras políticas como barreras lingüísticas y culturales. Esta perspectiva no es obvia desde la posición ventajosa del aula K-12, pero es importante que los profesores de STEM sean capaces de transmitir esto a los estudiantes de manera efectiva. Hay varias razones importantes que apoyan esto:

En el mundo actual, debido a movimientos de población tanto voluntarios como forzados, los niños están expuestos a lenguas y culturas ajenas desde edades muy tempranas. Deben ser capaces de aprender juntos y de colaborar entre sí, tanto dentro como fuera de la

escuela. STEM brinda oportunidades únicas para desarrollar tanto la confianza en uno mismo como el respeto por las habilidades y capacidades de otros. Al preparar a los niños para la vida adulta del futuro, es de la mayor importancia que se relacionen tan pronto como sea posible con las complejidades de la ciudadanía global.

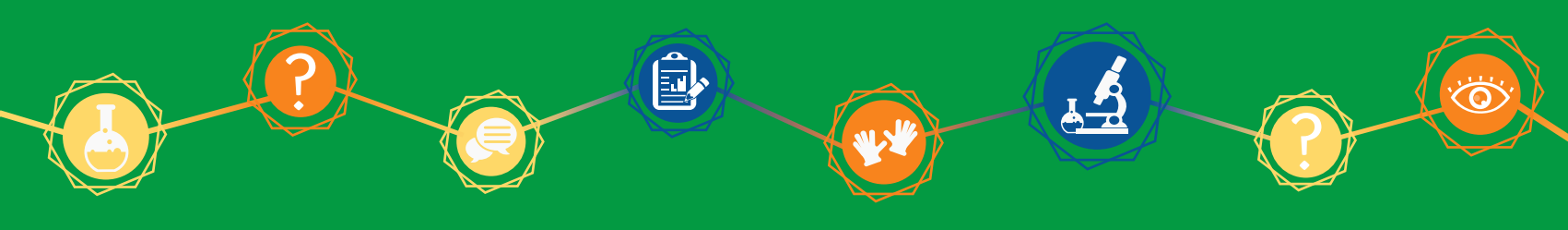
Por otra parte, los conocimientos, las habilidades y el comportamiento inducidos por STEM son competencias poderosas que pueden proporcionar a un individuo, una ventaja al competir por puestos de trabajo después de graduarse. La importancia de la transferencia de conocimientos STEM puede ser obvia para los profesionales que buscan oportunidades a nivel internacional. Sin embargo, la gente joven que vive en países con un futuro incierto, y cuyas ambiciones tal vez no incluyan una carrera internacional, también puede beneficiarse mucho de una sólida formación STEM.

El profesor de STEM puede ser un modelo a seguir en ambos escenarios. Buenos docentes de K-12 STEM que representen ellos mismos culturas extranjeras en el contexto del aula, pueden colaborar estrechamente con colegas “nativos” para modelar maneras efectivas de resolver problemas STEM más allá de los límites de cada materia. Para un estudiante joven y activo, nada es más inspirador que tener experiencias con personas que den relevancia al trabajo en el aula.

La globalización está predominantemente en función del comercio internacional, que a su vez es determinado por la industria y los negocios. De esta manera, la red corporativa internacional ofrece una estructura natural para iniciativas educativas

internacionales. Los programas corporativos de responsabilidad social (CSR) suelen tener un componente educativo, generalmente dirigido a las comunidades donde operan pero que con frecuencia también fomenta el desarrollo del liderazgo a niveles nacional e internacional. Las corporaciones multinacionales están interesadas en el desarrollo mundial de los talentos STEM, pues de esta forma podrán contratar empleados de muy diversos países con la confianza de que la colaboración mutua no representará un problema. Dichas compañías están organizadas como redes internacionales, diseñadas para utilizar de manera efectiva las vías de oferta y manufactura, así como distribuir productos y servicios a los consumidores, siempre compartiendo los principios básicos de la compañía. Este tipo de redes internacionales pueden ser efectivos para el aprendizaje K-12 STEM relacionado con el sector laboral.

Además, la red de academias de ingeniería constituye un enlace importante entre educación/ academia y el sector corporativo, que puede impulsar intereses públicos y privados en innovación, ingeniería y manufactura. Con frecuencia, miembros de dichas academias son también líderes empresariales. Entonces no es sorprendente que las academias de ingeniería están familiarizadas con los principios operativos de las grandes corporaciones. Por esta razón, dichas academias pueden ser buenos socios de las academias de ciencias que tradicionalmente han llevado la antorcha de ECBI, con el Programa de Educación en Ciencias (SEP, por sus siglas en inglés) del IAP. Una estrecha colaboración entre IAP/ SEP y la red de Academias Nacionales de Ingeniería podría atraer más



corporaciones multinacionales con voluntad de cooperar en iniciativas STEM/ECBI a niveles nacional e internacional.

¿Qué podemos hacer adicionalmente para avanzar en la educación ECBI y STEM?

Para empezar, enunciaré algunos asuntos clave:

- La ciencia, la tecnología y la innovación, fomentadas por la educación ECBI/STEM, son de importancia vital para la ciudadanía y para el crecimiento económico del futuro en todo el mundo.
- Los docentes son quienes mejor pueden impulsar ECBI y la educación STEM.
- STEM desempeña un papel muy importante en la industria y los negocios, así que una mayor colaboración con la educación resultará en beneficios mutuos.
- Una mayor colaboración internacional en la educación ECBI/STEM beneficiará a todas las naciones.

Tomando esto como base, propongo que los líderes nacionales de la educación ECBI/STEM (de todos los países), los programas corporativos de responsabilidad social, así como las redes internacionales de academias, colaboren para desarrollar las relaciones y el intercambio entre profesores de educación ECBI/STEM.

Para poder avanzar en esta área, debemos definir de manera clara los objetivos a lograr y los retos que deben superarse.

Primero enunciaré los **objetivos**:

- Mejorar la comprensión de los docentes respecto al conocimiento, las habilidades,

y las prácticas alternativas en el aula que puedan ser implementadas en sus escuelas.

- Informar a los profesores acerca de asuntos globales e internacionales que deban considerarse con el fin de preparar mejor a los estudiantes para una ciudadanía global.
- Explorar la manera en que las prácticas de la industria y los negocios, así como su comportamiento organizativo, pueden describirse e incluirse en ECBI y en la educación STEM en el aula.
- Desarrollar una red profesional internacional sustentable de docentes ECBI/STEM.

En segundo lugar, mencionaré **retos** importantes y algunas formas de enfrentarse a ellos:

Medición de la efectividad. ¿Qué constituye el éxito? Es obvio que el aprovechamiento de los estudiantes debe ser la base del programa de evaluación. Sin embargo, a corto plazo, puede ser la efectividad de un programa puede ser medida en términos de cómo se ha modificado la práctica de los participantes en el aula. Poco a poco, deben considerarse las actitudes del profesor y de los estudiantes en términos de una comprensión de STEM, así como de innovación, colaboración internacional y asuntos globales. Debe establecerse una definición de Prueba de Concepto, que incluya dichos parámetros pero no se limite a ellos.

Barreras lingüísticas. Dentro de cada uno de los grupos principales (inglés, español y francés) pueden formarse asociaciones que involucren a líderes y profesores de varios países,

procedentes de los sectores público y privado. Después de cierto tiempo, pueden establecerse redes globales de comunicación e intercambio en el lenguaje que se prefiera.

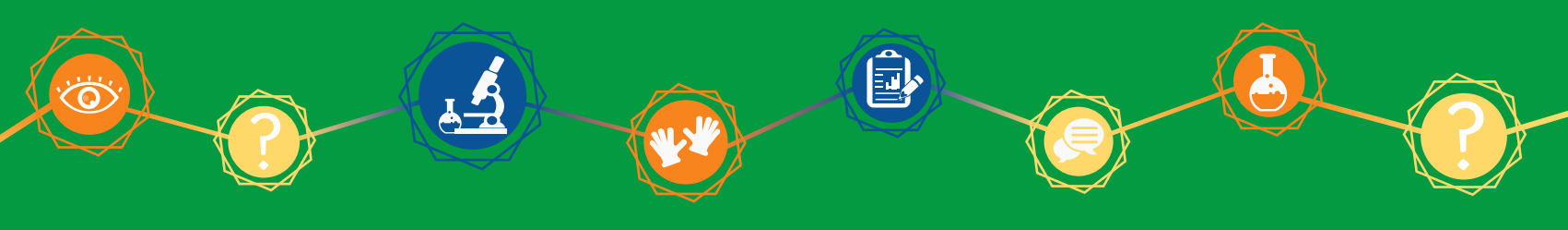
Liderazgo y administración. IAP/SEP está bien establecida como una organización líder a nivel internacional en el área de ECBI. Al explorar una colaboración con Academias de Ingeniería y programas CSR de compañías multinacionales, puede identificarse una estructura apropiada de liderazgo administrativo. Esto puede correlacionarse con programas IAP que funcionan actualmente.

Financiamiento. Durante la fase piloto, el financiamiento por parte del sector privado será importante. Por lo tanto, es necesaria la flexibilidad en el diseño de los programas educativos para que compaginen con programas corporativos en funcionamiento. Con la Prueba de Concepto (ver arriba), puede buscarse financiamiento adicional a través de fundaciones privadas y gubernamentales.

Objeciones varias:

“Primero debemos atender los asuntos relacionados con ECBI/STEM en nuestro país.” Todos los países tienen retos que enfrentar a este respecto, y ninguno será superado en la década presente. Mientras tanto, los retos STEM a nivel global requieren nuestra atención más que nunca antes. El cambio climático, la seguridad cibernética, la epidemiología, el acceso a agua y comida, la proliferación nuclear, etc. amenazan el futuro de nuestros niños, quienes necesitan una educación en mejora constante para estar preparados para ese escenario, y la necesitan AHORA.

“Las políticas de educación pública



hacen difícil implementar programas nuevos en el aula.” El objetivo del programa no será añadir o reemplazar contenido, ni del currículo actual ni del aprovechamiento estudiantil esperado. Al ampliar sus perspectivas y tener acceso a una comunidad internacional de aprendizaje, los profesores pueden mejorar su propia práctica profesional, en el tiempo que tengan disponible.

“Sería inviable el costo de un programa que incluyera a los profesores de todos los distritos y con mayor razón para cada salón de clases.” Es totalmente cierto. Inicialmente, el programa se enfocará en profesores ECBI/STEM que hayan demostrado la voluntad de guiar un cambio en sus comunidades. Su inversión en tiempo y esfuerzo para viajar a donde vayan a recibir apoyo en su desarrollo profesional, será recompensado con estímulos económicos adicionales, además de los viáticos. Se espera que al regresar a su comunidad, estimulen el desarrollo ECBI/STEM entre sus colegas. Una vez alcanzada determinada “masa crítica” de profesores capacitados en una región, el proceso se escalará por sí mismo de manera natural.

“La industria y los negocios generalmente sólo se interesan en ayudar a las escuelas de su entorno inmediato.” Es normal que las corporaciones hagan donaciones a nivel local, pues es de donde procede la mayoría de sus empleados y donde estudian sus hijos. Como estas escuelas deben ser tan buenas como sea posible, los líderes de los programas CSR tienden a aportar lo necesario siempre y cuando ayude a mejorar el desempeño de los docentes. Sin embargo, desde el punto de vista financiero es más conveniente donar a programas

grandes que reciban contribuciones también de otras empresas.

Un programa de intercambio internacional de docentes ECBI/STEM que sea sustentable, debe ser inicialmente diseñado como un proyecto demostrativo con un número limitado de acuerdos piloto de cooperación, entre países donde haya programas ECBI bien establecidos. Algunos ejemplos son México, Chile, Francia, Canadá, Reino Unido, Alemania, Suecia y Estados Unidos de América. Es fácil identificar en este conjunto tres grupos naturales de cooperación basados en el idioma, que pueden funcionar para proyectos piloto de colaboración a pequeña escala. En todos esos países hay academias de ingeniería que pertenecen a la red IAP SEP, así como ejemplos de apoyo corporativo a la educación.

Un diseño piloto podría verse de la siguiente manera:

Un programa de colaboración se establece entre dos países que hablen el mismo idioma. En la primera fase, deben considerarse al menos dos de tales programas.

Dos regiones separadas de cada país entrarán en relación con un socio corporativo, auxiliados por la Academia Nacional de Ingeniería y por la organización ECBI IAP. Así, cada distrito escolar tendrá un socio.

Cuando menos dos profesores destacados ECBI/STEM de cada distrito o región deben pasar un mes en el extranjero, trabajando con los profesores ECBI/STEM anfitriones. Los profesores anfitriones son candidatos para el intercambio que tenga lugar el año siguiente.

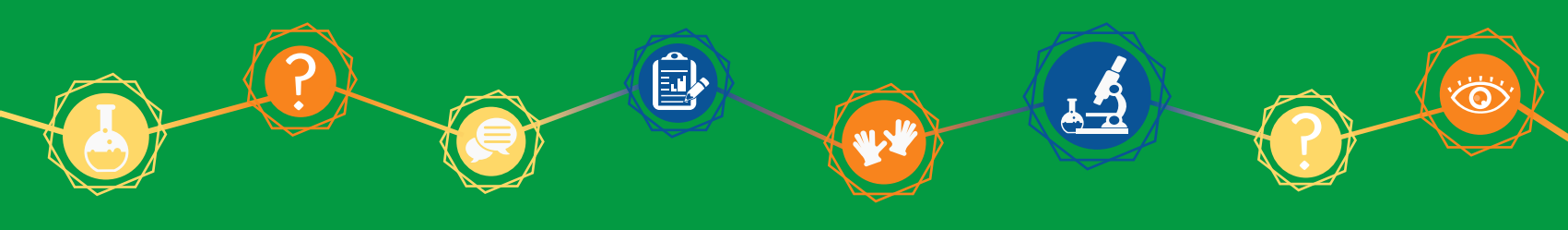
Al regresar del intercambio, el desarrollo colaborativo ECBI/

STEM continuará entre el distrito escolar, el socio corporativo, la comunidad y los representantes de la Academia. Esta actividad se enfocará en la educación STEM, utilizando lo aprendido en el proyecto y con participación de los representantes del entorno laboral en el aula. Se explorará la posibilidad de internados de verano para los profesores en la empresa que desempeña el papel de socio corporativo; de ser posible, serán implementados.

Durante el año escolar, y cuando éste termine, tendrá lugar una evaluación a profundidad, que involucre a los cuatro docentes participantes, así como a los socios corporativos, a los líderes educativos y a los socios académicos de cada país.

El liderazgo en la educación ECBI/STEM puede darse de muchas maneras e involucra una gran variedad de competencias. Además de la capacidad para trabajar de manera efectiva dentro del marco de las políticas nacionales, así como de las limitaciones económicas y organizativas, requiere una gran determinación, una orientación hacia los resultados y una dedicación enfocada en la mejoría constante. Al enfrentarnos al reto de preparar a los estudiantes para una realidad cotidiana futura cada vez más difusa, influida directamente por acontecimientos globales, es necesario innovar y asociarse con organizaciones que tradicionalmente no han sido invitados. Creo firmemente que es un paso necesario, y que es el momento de darlo.*

** Documento de su presentación*



REFERENCIAS

1. <https://assetinc.org/publications/393>
2. <https://ssec.si.edu/laser-i3>
3. Zoblotsky, T., Bertz, C. Gallagher, B. y Alberg, M. (2016). *The LASER Model: A Systemic and Sustainable Approach for Achieving High Standards in Science Education: SSEC i3 Validation Final Report of Confirmatory and Exploratory Analyses*. Memphis, TN: The University of Memphis, Center for Research in Educational Policy. Reporte sumativo preparado para Smithsonian Science Education Center, Washington, DC.
4. <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.htm>
5. http://www.iea.nl/timss_2011.html
6. http://www.iea.nl/timss_2015.htm



Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A.C.
San Francisco 1626 int. 205
Del Valle, 03100. Benito Juárez. Ciudad de México

www.innovec.org.mx