

Bringing Science, Engineering, Technology and Mathematics to School: Young Scientists

Izaskun Uzcanga, PhD¹, Margarita Gómez, Msc², Mauricio Duque, PhD²

¹ INTEC, República Dominicana, izaskun.uzcanga@intec.edu.do

² Universidad de los Andes, Colombia, mgomez@uniandes.edu.co

Abstract— Education in science, technology, engineering and mathematics in primary school aims for the education of students in fundamental aspects of literacy for all citizens of XXI century, which will allow for better integration into the academic and work world and build capacity for innovation and entrepreneurship, as these processes are based on technology and scientific knowledge in this century. Additionally, the quality and quantity of engineers who graduate depends on the interest and promote quality education system in primary and secondary level. Being enlightened citizens on issues of science, technology, engineering and mathematics (STEM) is consequently a need for nations and engineering schools. This is the reason for the increasingly large share of the Engineering Schools with programs to improve STEM education in school. Pequeños Científicos Program was born 12 years ago to respond to this challenge. This paper gives an overview of both the conceptual basis, and the structure and results of the program, which has achieved significant results including the development of citizenship skills.

Keywords— Inquiry, elementary school, STEM education, inquiry based STEM education

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.084>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.084>

Llevando las Ciencias, la Ingeniería, la Tecnología y la Matemática a la Escuela: Pequeños Científicos

Izaskun Uzcanga¹, PhD, Margarita Gómez², Msc, Mauricio Duque², PhD

¹ INTEC, Santo Domingo, República Dominicana, izaskun.uzcanga@intec.edu.do

² Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, mgomez@uniandes.edu.co

RESUMEN- *La educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en la escuela básica propende por la educación de los estudiantes en aspectos fundamentales de la alfabetización para el siglo XXI de todo ciudadano, lo cual les permitirá una mejor inserción en el mundo académico y laboral, así como desarrollar capacidades de innovación y emprendimiento, dado que estos procesos se sustentan en tecnología y conocimiento científico en este siglo. Adicionalmente, la calidad y cantidad de los ingenieros que se gradúan depende del interés y calidad que promueva el sistema de educación en su nivel primario y secundario. Formar ciudadanos ilustrados en temas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, (CTIM) es, en consecuencia, una necesidad de las naciones y de las escuelas de ingeniería, razón que explica la participación cada vez más grande de las Facultades de Ingeniería con programas orientados a mejorar la educación CTIM en la escuela. El programa Pequeños Científicos nace hace 12 años para responder a este reto. Este documento presenta de forma breve tanto las bases conceptuales, como la estructura y los resultados importantes del Programa incluyendo el desarrollo de competencias ciudadanas.*

Palabras claves-- *escuela básica, educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, enseñanza STEM basada en indagación.*

ABSTRACT- *Education in science, technology, engineering and mathematics in primary school aims for the education of students in fundamental aspects of literacy for all citizens of XXI century, which will allow for better integration into the academic and work world and build capacity for innovation and entrepreneurship, as these processes are based on technology and scientific knowledge in this century. Additionally, the quality and quantity of engineers who graduate depends on the interest and promote quality education system in primary and secondary level. Being enlightened citizens on issues of science, technology, engineering and mathematics (STEM) is consequently a need for nations and engineering schools. This is the reason for the increasingly large share of the Engineering Schools with programs to improve STEM education in school. Pequeños Científicos Program was born 12 years ago to respond to this challenge. This paper gives an overview of both the conceptual basis, and the structure and results of the program, which has achieved significant results including the development of citizenship skills.*

Keywords-- *Inquiry, elementary school, STEM education, inquiry based STEM education*

I. INTRODUCCIÓN

Cada vez más declaraciones, estudios y documentos insisten sobre la demanda creciente de profesionales CTIM por parte de la sociedad (STEM por su sigla en inglés). En efecto, en la ingeniería, las ciencias y la tecnología se sustenta buena parte de la construcción de capacidad de una nación en el marco de un mercado cada vez más global, donde la habilidad de innovar, emprender y ser competitivo son atributos esenciales [1, 2]. Aun países como China, con 600.000 egresados de ingeniería por año, encuentran la cifra insuficiente y el perfil inapropiado para sus necesidades de crecimiento [3].

Pero desarrollar una sociedad con capacidad de innovación, emprendimiento y orientada a la competitividad implica más que formar buenos ingenieros, se requiere de toda una sociedad sintonizada con estos procesos [4]. Más aun, la capacidad de una nación para innovar no sólo depende de las élites profesionales, sino de la educación general de todos los ciudadanos, por lo que limitarse a formar buenos ingenieros es una solución incompleta y en consecuencia no es una solución [5]. En efecto, la educación para todos es un factor relevante entre los factores asociados a la competitividad [6].

El Programa de Pequeños Científicos, nacido en el año 2000 desde la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Colombia, en asocio al Liceo Francés Louis Pasteur y al museo de ciencias Maloka, y concebida como una respuesta a las acciones estratégicas que la Facultad de Ingeniería debería desarrollar para apoyar al sistema educativo del país en modernizar sus procesos de enseñanza, inicialmente en ciencias y tecnología, incluyendo posteriormente matemáticas, en una reflexión sobre el papel creciente de la ingeniería en la educación para todos, tanto como utilizador intensivo de las ciencias y las matemáticas, como generador de tecnología para la educación en el siglo XXI.

A medida que el programa fue creciendo, se fueron asociando varias universidades del país y empresas privadas que a través de sus fundaciones, han apoyado el Programa.

En el desarrollo de este programa piloto, el cuál ha sido examinado en varios países como un modelo exitoso y que igualmente ha obtenido varios premios, se han consolidado tanto su marco conceptual de enseñanza por indagación, como la estrategia de desarrollo profesional situado de los

docentes, tratando de incorporar el estado del arte en cada uno de sus pasos.

Durante los últimos años, el número de países involucrados en estos movimientos de renovación educativa ha seguido creciendo. Actualmente, más de 30 países adelantan proyectos de introducción de la indagación como estrategia de enseñanza-aprendizaje de la ciencia y la tecnología en la escuela primaria. En Latinoamérica la red ha venido creciendo, y hoy incluye a Chile, Argentina, Brasil, Venezuela, Bolivia, Perú, Panamá, Costa Rica y república Dominicana.

Gracias al esfuerzo del sector privado y la academia, han logrado darse pasos importantes en la República Dominicana desde el año 2011, en esta renovación de la enseñanza de la ciencia, las matemáticas y la tecnología, en virtud de los retos que la sociedad dominicana enfrenta.

En este contexto, el país tiene una economía de servicio cada día más grande y diversa que exige recursos humanos calificados para poder competir. En la actualidad, se buscan jóvenes que como requisito mínimo posean el grado de bachiller, que manejen bien el inglés y la informática. No obstante, por más esfuerzos que los sectores públicos y privados realizan para capacitar a la juventud, si la base educativa durante los primeros años no se desarrolla bien, se hace más difícil desarrollar estos recursos humanos que la República Dominicana precisa.

Aunque existen las pruebas nacionales en nivel básico y medio que ofrecen datos sobre el rendimiento de los estudiantes en diferentes materias, actualmente no existen pruebas estandarizadas que permiten evaluar las habilidades de los estudiantes en los primeros grados, los cuales constituyen los cimientos para su futuro aprendizaje.

II. LA EDUCACIÓN EN CIENCIA, INGENIERÍA Y MATEMÁTICAS EN COLOMBIA Y REPÚBLICA DOMINICANA

A. *El caso de Colombia*

Los resultados de pruebas estandarizadas muestran que Colombia tiene muchos retos en relación con la educación en áreas como la ciencia, las matemáticas y el lenguaje. El desempeño de los jóvenes de 15 años en Colombia es bajo en relación con países desarrollados e incluso algunos en vías de desarrollo como lo muestra la prueba PISA 2009 [1] (Ver Figura 1). De hecho, menos del 1% de los alumnos logra desempeños sobresalientes en las tres áreas evaluadas en PISA 2009, lo que también muestra una seria desventaja del país en cuanto a su capacidad de realizar innovaciones y de competir en igualdad de condiciones con otras regiones [7].

En el mismo sentido la prueba TIMMS 2007 no muestra resultados sustancialmente diferentes [1] (Ver Figura 2).

Esta situación requiere de acciones contundentes debido a que afecta de forma considerable tanto la calidad de los que ingresan a los programas de ingeniería, como la “elitización” de los ingenieros que provienen cada vez menos de regiones que de hecho lo necesitan más. Es

necesario por razones de responsabilidad social y de interés, contribuir a encontrar soluciones.

Las facultades de ingeniería tienen la responsabilidad de contribuir a disminuir las brechas que separan sociedades más desarrolladas de otras que no tienen los medios básicos de supervivencia. La participación de las escuelas de ingeniería y de la ingeniería en la alfabetización en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas no sólo es importante sino pertinente, pues se enmarca en su propia misión: ayudar a resolver con tecnología los grandes problemas de la humanidad [8].

Igualmente, las universidades deben velar por que la formación de todos los ciudadanos esté a la altura de los retos de la sociedad actual que implica innovación permanente para ser competitivos.

Aplicaciones de la prueba EGRA en lectura y EGMA en matemáticas mostró resultados muy bajos, si bien esta prueba se aplicó en una de las ciudades con mejor desempeño educativo del país.

B. *El caso de República Dominicana*

Por otra parte, en la República Dominicana, país que se prepara para participar en las pruebas PISA, ha exhibido un comportamiento preocupante en otras pruebas estandarizadas para la evaluación de desempeños fundamentales de lenguaje y matemáticas en los primeros grados del ciclo básico escolar [9] (Ver Figura 3 y 4).

En cuanto a competencias básicas de lenguaje, existe abundante evidencia generada por la investigación que muestra que la comprensión de lo que se lee requiere que se lea con cierto nivel de fluidez. A la luz de los resultados obtenidos en la prueba EGRA, el nivel de esta competencia en los estudiantes evaluados fue realmente preocupante. En cuanto a la prueba EGMA, como se puede apreciar (Ver Figura 4), en todos los casos se observa que los estudiantes lograron responder menos de la mitad de las preguntas planteadas las mismas fueron revisadas y piloteadas a efectos de determinar su correspondencia con el tipo de aprendizajes esperados para los estudiantes de estos niveles.

A estos dos resultados se unen las observaciones de clase realizada, en la cual se determinó que en las clases de lenguaje sólo un 10% de la misma se destina a tareas de lectura comprensiva. En el caso de las clases de matemáticas, llama la atención que menos del 10% de la misma se destina a actividades de sustracción [10].

Estos resultados se corresponden con los obtenidos en las pruebas TERCE y SERCE, en las que además de evaluarse lengua y matemáticas, se evalúa ciencias en sexto grado y en los que la República Dominicana exhibió los resultados más bajo de la región [11] (Ver Figuras 5, 6 y 7).

En virtud de estos resultados, resulta claro que debe procurarse cambios importantes en las prácticas de aula, dado que las actuales no están permitiendo los resultados esperados, con el fin de poder formar ciudadanos competentes y que tengan capacidades que les permitan tomar decisiones informadas en su vida cotidiana. Este tipo

de transformación implica transformaciones en las creencias de los docentes, aspecto que es difícil de lograr como lo indica [12].

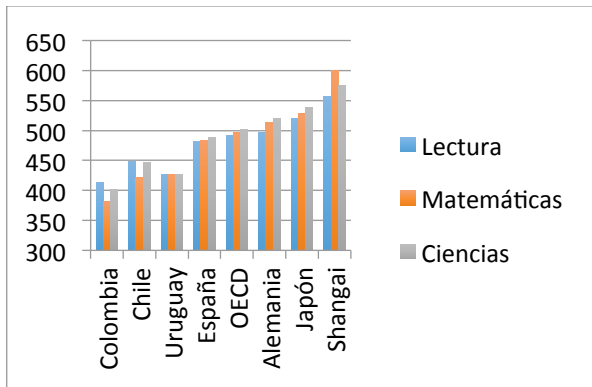


Figura 1. Resultados comparativos PISA 2009 (Duque & Celis, 2012)

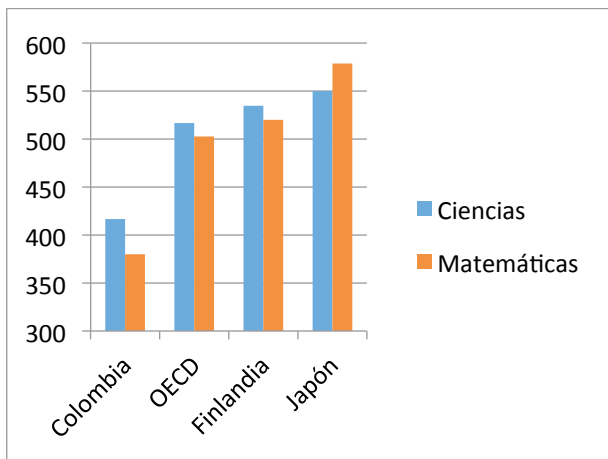


Figura 2 Resultados comparativos TIMMS 2007 (Duque & Celis, 2012)

Subtarea	Grado 1	Grado 2
Comprensión de lectura (máx. 5)	.2	.6
Comprensión auditiva (máx. 5)	3.0	3.3
Sonidos de letras (clspm)	3.0	2.3
Decodificación de pseudopalabras (cnonwpm)	1.9	4.3
Decodificación de palabras comunes (cwpm)	2.1	6.4
Fluidez lectora oral (cwpm)	3.0	9.6

clpm = número de letras correctamente pronunciadas por minuto;
cnonwpm = número de pseudopalabras correctamente pronunciadas por minuto;
cwpm = número de palabras correctamente pronunciadas por minuto.

Figura 3 Resumen de puntajes medios en pruebas EGRA para 1er y 2do Grado [9]

Subtarea	Grado 1	Grado 2
Conteo	23.7	40.8
Identificación de números	17.0	43.6
Comparar cantidades	9.0	28.6
Número faltante	6.9	16.0
Sumas (nivel 1)	5.4	18.3
Sumas (nivel 2)	1.0	5.6
Restas (nivel 1)	2.6	7.0
Restas (nivel 2)	.2	1.0
Problemas textuales	12.1	20.8

Figura 4 Resumen de puntajes medios en pruebas EGMA para 1er y 2do Grado [9]

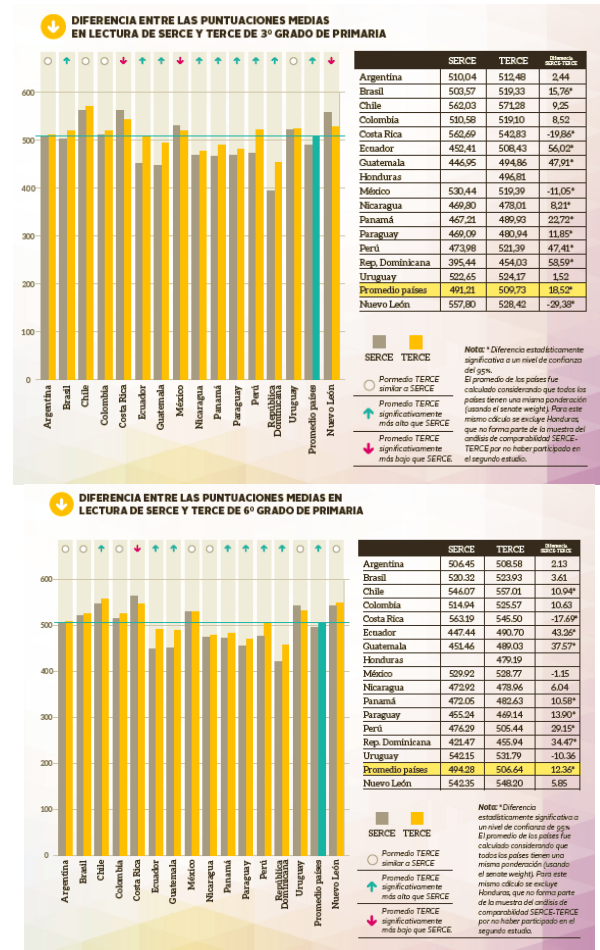


Figura 5 Resultados obtenidos en LECTURA para 3º grado (izquierda) y para 6º grado (derecha) [11]

III. PEQUEÑOS CIENTIFICOS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LA EDUCACIÓN

El Programa Pequeños Científicos nace como respuesta a la necesidad de incentivar y transformar la educación en ciencia y tecnología en la escuela básica en Colombia [13]. Esta iniciativa de la facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes se basó en propuestas desarrolladas internacionalmente tanto en Europa (La main à la pâte) como en EEUU (NSRC, CAPSI, FOSS, STC, INSIGHT). En el caso colombiano la colaboración con el Ministerio de Educación, algunas secretarías de Educación y el apoyo decisivo del sector privado a través de sus fundaciones (Fundación Gas Natural y Fundación Siemens) han permitido convertir el programa en un laboratorio de investigación y desarrollo que ha nutrido los grandes proyectos del Ministerio de Educación Nacional que en el momento actual llegan a más de 70.000 docentes del país.

En la República Dominicana, esta iniciativa llega de la mano de la Universidad de los Andes y la Fundación PROPAGAS, quienes en alianza con el INTEC, hacen parte de esta propuesta para la transformación de la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, permitiendo además desarrollar competencias de comunicación y ciudadanas.

En una clase de Pequeños Científicos, los estudiantes observan un problema real y hacen una investigación que les permite descubrir el conocimiento que se asocia al problema. Para esto, van elaborando hipótesis y planteando argumentos con sus propias palabras, discuten sus propias ideas y van construyendo el conocimiento científico [14].

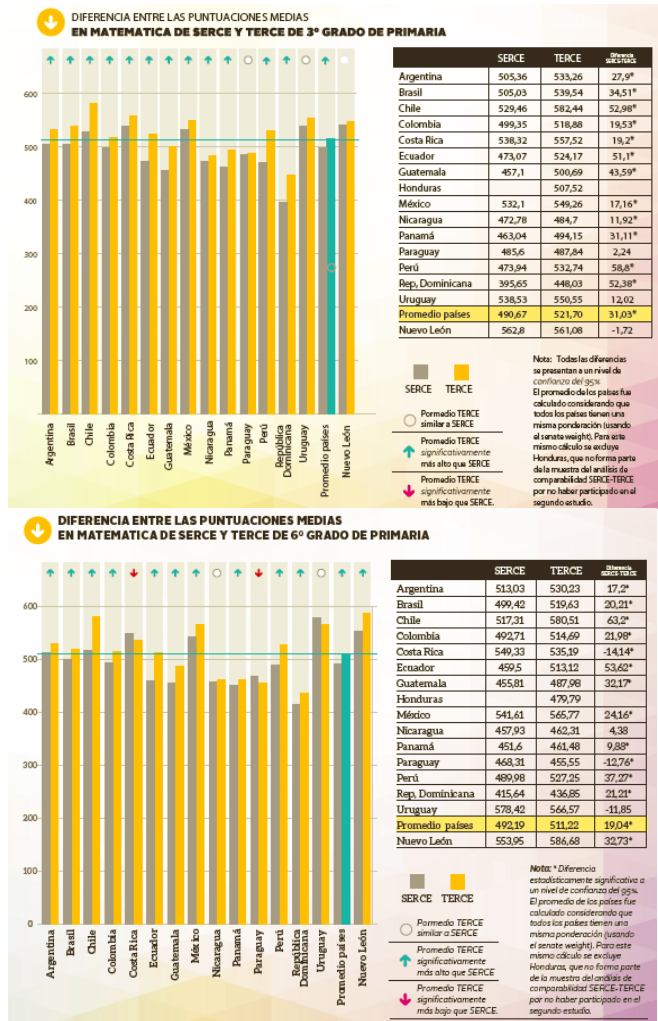


Figura 6 Resultados obtenidos en MATEMÁTICAS para 3° grado (izquierda) y para 6° grado (derecha) [11].

Esta aproximación a la enseñanza de las ciencias y la tecnología, requiere que los estudiantes dediquen tiempo suficiente a los problemas y que los aborden con secuencias lógicas en las que se progresa sucesivamente en la construcción conceptual [15]. Esto implica que el maestro debe contar con los recursos materiales y pedagógicos para involucrar a los estudiantes en pequeñas investigaciones en las que actuarán como “pequeños científicos” llevando a cabo observaciones y experimentos para construir conocimiento que es nuevo para ellos [16].

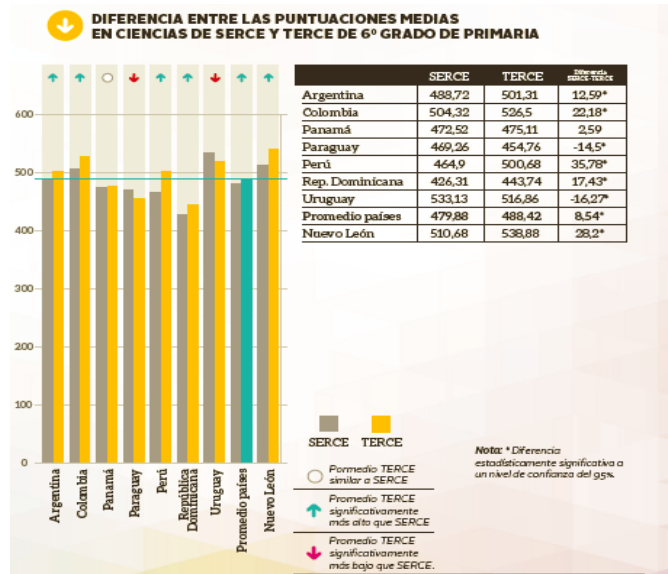


Figura 7 Resultados obtenidos en CIENCIAS para 6° grado [11].

En sus 15 años de experiencia, el Programa Pequeños Científicos de la Universidad de los Andes, ha construido y validado un marco de trabajo que explicita los objetivos, los medios y los recursos necesarios para implementación de una estrategia que logre transformar la calidad de la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM) en la escuela básica.

A. Marcos conceptuales para la implementación de un programa de educación en CTIM

La figura 8 muestra las dimensiones de los marcos de trabajo elaborados Pequeños Científicos para la implementación de un programa que lleva la ciencia, la ingeniería y las matemáticas a la escuela primaria.



Figura 8 Marcos de trabajo para la educación CTIM en Pequeños Científicos

Teniendo en cuenta que la cualificación de los docentes es uno de los factores que más influyen en los resultados académicos de los estudiantes [17] y que los docentes de escuela básica primaria rara vez tienen formación específica en alguna de las áreas CTIM, Pequeños Científicos ha desarrollado un marco de trabajo para el desarrollo profesional de docentes en servicio, enfocado a que los docentes se acerquen al conocimiento científico mediante

estrategias de indagación e investigación que puedan ser transferidas al proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula de clases.

Pequeños Científicos propone una estrategia de desarrollo profesional basada en la orientación del aprendizaje por indagación en ciencias y resolución de problemas en matemáticas [16] desde una perspectiva de Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) o PCK por sus siglas en inglés [18-21]. Este formación se desarrolla desde una perspectiva de aprendizaje situado [22, 23] en contextos auténticos y está enfocado en el desarrollo del conocimiento didáctico de la disciplina, que permite al docente no sólo comprender las ideas a enseñar, sino conocer las estrategias más apropiadas para lograr que sus estudiantes las aprendan [24].

La evaluación formativa, la cual a su vez ha sido identificada como un factor central en el aprendizaje de los estudiantes [25] como de los docentes es la forma de promover el mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje de las áreas de ciencia, tecnología ingeniería y matemáticas. En contrapartida a una visión clásica de las ciencias de corte factual, el marco de trabajo que se propone para la evaluación incluye no diferentes tipos de conocimientos esperados en los estudiantes competentes en ciencias naturales y describe diferentes tipos de logros cognitivos. La meta del aprendizaje en ciencias no sólo implica que los estudiantes obtengan conocimientos declarativos (factuales, conceptuales) sino conocimientos procedimentales (paso a paso, condición-acción), conocimiento esquemático (explicaciones y capacidad para predecir resultados en un fenómeno de la naturaleza) y finalmente conocimiento estratégico (resolución de problemas y validez del razonamiento) [26, 27].

Promover estos aprendizajes en la escuela, se logra mediante el trabajo intencionado de los docentes, por lo que Pequeños Científicos ha descrito un marco de referencia para la enseñanza de las ciencias y la tecnología basada en indagación. Este marco define las dimensiones que se deben enseñar en ciencias y tecnología y recoge el estado del arte sobre las aproximaciones didácticas para la educación científica [28]. Pequeños Científicos reconoce cuatro dimensiones para la enseñanza de las ciencias:

Esquemas conceptuales, que se relacionan con la construcción de ideas científicas, tecnológicas y matemáticas y su apropiación por parte de los estudiantes;

Estrategias de proceso, que implican que se enseñe a los estudiantes cómo hacer ciencia, tecnología y matemáticas elaborar preguntas y predicciones, construir hipótesis y validar sus conclusiones;

Marcos epistemológicos, en los cuales se espera que el estudiante se acerque a la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico, reconociendo por ejemplo la provisionalidad de las ideas y conclusiones y la validez del conocimiento soportado por evidencia.

Finalmente, se abarca una dimensión de **procesos sociales**, relacionado con la comunicación, el lenguaje y la

argumentación propia de las ciencias, las matemáticas y la tecnología.

Transformar los proceso de enseñanza-aprendizaje de las áreas CTIM en la escuela básica en Colombia y en República Dominicana, nos obliga a reflexionar sobre el currículo de ciencias y matemáticas, transformando la visión de lo que se enseña y se aprende en el aula de clases. En Colombia, por ejemplo, las instituciones tienen libertad curricular orientada por lineamientos y estándares nacionales, por lo que es posible transformar la visión de extensas listas de contenidos por currículos menos extensos, enfocados en el desarrollo de grandes ideas de la ciencia, la matemática y la tecnología [29], en situaciones de aprendizaje diversas y productivas [15]. En la República Dominicana, existe un currículo unificado, sin embargo, los docentes no cuentan con un material, salvo los propios libros de texto con las limitaciones que éstos puedan presentar, que les permita alcanzar los objetivos deseados ni desarrollar las competencias requeridas.

Estos marcos de trabajo, están mediados por la convicción de que la verdadera transformación requiere de un involucramiento de los diferentes actores de la comunidad, incluyendo los padres de familia, los directivos docentes, los tomadores de decisiones locales y el sector productivo.

B. Organización y alianzas. articulación con actores

Desde los inicios del programa, Pequeños Científicos ha reconocido que el éxito de esta iniciativa depende del trabajo coordinado en red con diferentes actores y se ha buscado que diferentes zonas de la región se involucren en el trabajo de formación de docentes. La estrategia para lograr esta expansión del programa es la conformación de una red nacional e internacional de núcleos, los cuales están compuestos por un conjunto de actores relevantes para la transformación de la educación en CTIM en las regiones.

La calidad de la educación en las áreas CTIM no depende únicamente de las universidades o del gobierno local o central. Pequeños Científicos ha logrado movilizar desde sus inicios, empresas privadas interesadas en impactar positivamente la educación básica en miras de mejorar las condiciones de vida y la cualificación de la mano de obra de sus compañías. El Programa trabaja desde el año 2002 con la Fundación Gas Natural y desde el año 2005 con la Fundación Siemens, en Colombia, y desde el año 2011 con la Fundación PROPAGAS, la República Dominicana, como ya se mencionó, en proyectos encaminados a mejorar la educación científica y tecnológica de niños y niñas de escuelas públicas del país. Otras fundaciones como Fundación MAMONAL, Dow Química, Fundación LUKER y Fundación Génesis han participado en proyectos de formación de docentes con Pequeños Científicos. Esta iniciativa se ha convertido en una estrategia de responsabilidad social corporativa en donde alianzas público-privadas se valen de la experiencia de las

universidades para llevar la ciencia, la ingeniería y la matemáticas a la escuela básica.

En el caso de República Dominicana, la Fundación Propagas en asocio con el INTEC ha venido desarrollando un programa STEM para el país denominado Pequeños Científicos RD. Ésta ha sido una labor cooperativa entre el equipo de Colombia y el equipo de República Dominicana en cuyo marco ambas iniciativas, la de Colombia y la de República Dominicana, han mejorado las estrategias y aprendido mutuamente.

IV. LOGROS E IMPACTO

A. Cobertura

El Programa Pequeños Científicos ha impactado más de 130.000 estudiantes en Colombia mediante trabajo con cerca de 3000 docentes en servicio de educación básica. En el caso de República Dominicana el programa a llegado a aproximadamente 1400 niños y 50 docentes en sus primeros años.

Adicionalmente en Colombia, el Programa presta apoyo a dos programas del Ministerio de Educación de Colombia: Programa de Educación Rural PER con cerca de 9000 docentes en las áreas de matemáticas y ciencias [30] y Programa Todos a Aprender PTA con cerca de 70.000 docentes en lenguaje y matemáticas [31].

B. Aprendizajes

Para evaluar el impacto en los aprendizajes se han venido utilizando tres tipos de instrumentos:

- Pruebas estandarizadas de opción múltiple
- Preguntas abiertas
- Evaluaciones de desempeño

Estas pruebas han sido aplicadas únicamente en dos temáticas: cuerpo humano y circuitos.

En particular en [32] se aplicaron pruebas a 365 estudiantes incluidos estudiantes de un grupo de control en 5 diferentes escuelas públicas de Bogotá. De este grupo 140 estudiantes tomaron la prueba de desempeño. Estas pruebas de desempeño involucran pequeñas actividades de experimentación y de predicción sobre fenómenos concretos [33]. Globalmente los resultados mostraron mejores resultados para aquellos estudiantes que trabajaron en el marco del Programa de Pequeños Científicos, particularmente en las pruebas de desempeño. Las pruebas de lápiz y papel, si bien mostraron resultados superiores para los estudiantes en el Programa, la diferencia no resultó estadísticamente significativa. Este aspecto muestra que los estudiantes participantes en el programa aprenden lo mismo que los estudiantes en clases tradicionales en términos de contenidos, y además desarrollan mejores destrezas para el desarrollo de habilidades experimentales.

C. competencias ciudadanas

La educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas se ve reflejada en las competencias ciudadanas de los estudiantes. No sólo porque un ciudadano

alfabetizado científicamente es capaz de tomar decisiones informadas y de participar de forma efectiva en los debates actuales de la sociedad [34, 35], sino porque el mismo ejercicio de aprender ciencias haciendo ciencias (o ingeniería haciendo ingeniería) promueve habilidades para vivir en sociedad. Al analizar el ambiente de aprendizaje promovido en Pequeños Científicos, se observa que algunos elementos como el trabajo cooperativo, el manejo y la postura frente al error, la argumentación y la presencia y manejo del conflicto contribuyen al desarrollo de competencias ciudadanas cognitivas, comunicativas y emocionales [36]. Recientemente, un estudio llevado a cabo en 2012, mostró que los docentes perciben un efecto positivo de los elementos de trabajo de Pequeños Científicos para promover climas de aula pacíficos. Los docentes reportaron que indicadores de ambientes de aula no violentos como la escucha, la curiosidad, el respeto por la palabra y la autonomía eran promovidos cuando los estudiantes se involucraban en el programa [37]. La figura 9 muestra la relación que encuentran docentes participantes del Programa Pequeños Científicos con el desarrollo de las competencias ciudadanas promovidas por el Ministerio de Educación Nacional. [38] la mayoría de las competencias se ven mucho más incentivadas en la clases de Pequeños Científicos, lo que evidencia que es posible tratar el tema transversalmente y que la educación en áreas CTIM puede al desarrollo de otras competencias en los estudiantes de educación básica.

Para cada una de las competencias ciudadanas indique si en las clases de pequeños científicos se promueve su desarrollo mucho más, más, de forma similar, menos o mucho menos en relación con otras clases más tradicionales.

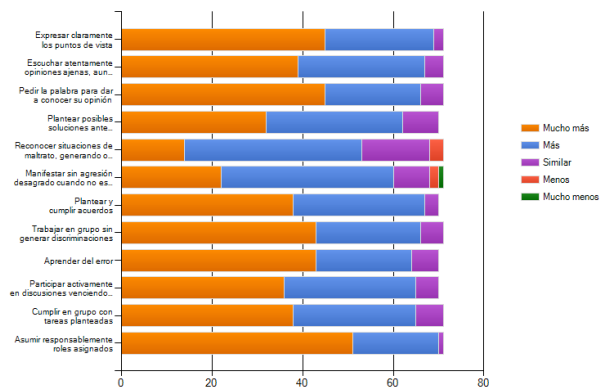


Figura 9 Contribución del programa al clima de aula

V. PERSPECTIVAS

El tema de la educación CTIM o STEM (por sus siglas en inglés) para todos viene tomando lentamente impulso en los países latinoamericanos[1]. Si bien el Programa de Pequeños Científicos es uno de los primeros de su género en América Latina, posiblemente anticipado por un proyecto de México, en la actualidad buena parte de los países latinoamericanos cuentan con proyectos de aprendizaje de la ciencia y la tecnología por indagación. Infortunadamente, pocos países cuentan con una iniciativa que incorpore de forma integrada las matemáticas, como se está abordando

actualmente en la propuesta en el marco del programa Pequeños Científicos, que desde el 2013, está desarrollando su primer piloto sobre matemáticas en escuela primaria.

El Programa de pequeños Científicos espera consolidar su propuesta STEM para el 2015 con la asesoría de varios equipos de investigadores en el mundo, como lo hizo para la propuesta inicial en ciencia y tecnología, que contó con el apoyo de al menos 8 países.

D. Dificultades

Cambios en los sistemas educativos como el de Colombia o el de República Dominicana implica acciones sostenidas sobre varios años en dimensiones tales que se logren resultados sostenibles en el tiempo. Implica una aproximación sistémica que incluya no sólo la formación situada de los docentes, sino un trabajo con la Institución Educativa para promover cambios en sus paradigmas curriculares y esquemas de evaluación.

Estas acciones deben concertarse y acompañarse de los entes de gobierno respectivos, si bien el desarrollo de pequeños pilotos como el del programa de pequeños científicos, son un primer paso en lograr las estrategias apropiadas de intervención

VI. PERSPECTIVAS FUTURAS

En el marco de la colaboración de los programas entre Colombia y República Dominicana se está constituyendo un equipo de trabajo interinstitucional INTEC-UNIANDÉS con el fin de unir capacidades y experiencias para apoyar los procesos de mejoramiento de la educación en ambos países por medio del desarrollo de proyectos piloto, de estrategias de formación continua de docentes y de materiales educativos que apoyen a la transformación de los sistemas de educación de estos países en el marco STEM.

En esta Alianza estratégica participan expertos y centros de investigación de otros países como PREST en Canadá, La Main a la Pate en Francia en colaboración con expertos de EEUU, Brasil, Panamá y Argentina.

VII. AGRADECIMIENTOS

Los trabajos que se presentan en este documentos se han logrado gracias al apoyo de fundaciones privadas como Propagas en República Dominicana y Gas Natural, Siemens y Luker en Colombia, así como con el apoyo de la Universidad de los Andes en Colombia y del INTEC en República Dominicana. Igualmente se ha contado con la colaboración del programa IANAS de las academias de ciencias del continente y de entes de gobierno de ambos países, así como el BID.

VIII. REFERENCIAS

[1] M. Duque and J. Celis, *Educación en ingeniería para la ciudadanía, la innovación y la competitividad en Iberoamerica: ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas y el rol de las Facultades de Ingeniería*, ASIBEI ed.

Bogotá: ARFO editores e impresores Ltda, 2012.

- [2] PCAST, "Engage to excel: Producing one million additional colleague graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics," President's office of advisors on science and technology, Washington February 2012.
- [3] D. Farrell and A. Grant, "Addressing China's looming talent shortage," McKinsey 2005.
- [4] Council of competitiveness, "Innovate America: Thriving in a World of Challenge and Change, National Innovation Initiative," 2004.
- [5] C. Baudelot and R. Establet, *L'élitisme républicain*. Paris: Seuil, 2009.
- [6] K. Schwab, *The Global competitiveness Report 2012-2013*. Ginebra, Suiza: World Economic Forum, 2012.
- [7] ICFES, "Colombia en PISA 2009: síntesis de resultados," ICFES, Bogotá 2010.
- [8] M. Duque, "El estudiante de ingeniería," in *El compromiso de las facultades de ingeniería en la formación, para el desarrollo regional*, V. Albéniz and L. A. González, Eds., ed Bogotá: Opciones Gráficas editores Ltda, 2011, pp. 54-63.
- [9] C. Guadalupe, A. Márquez, J. Mejía, and Entrena S.R.L., "Resultados de rendimiento en la lectura y matemáticas así como hallazgos de las prácticas pedagógicas y de gestión escolar en la República Dominicana: Informe para el USAID y la AMCHAM de la República Dominicana.," RTI Internacional, República Dominicana 2013.
- [10] USAID, C. Guadalupe, A. Marquez, and J. Mejía, "Resultados de rendimiento en la lectura y matemáticas así como hallazgos de las prácticas pedagógicas y de gestión escolar en la República Dominicana," 2013.
- [11] M. Bilagher, "Resultados comparados SERCE-TERCE," UNESCO, Santiago 2013.
- [12] F. Pajares, "Teacher' beliefs and educational reserarch: cleaning up a messy construct," *Review of educational reserach*, vol. 62, pp. 307-332, 1992.
- [13] M. Duque, M. Figueroa, and C. Carulla, "Pequeños Científicos en la escuela primaria," *Revista colombiana ciencia y tecnología*, vol. 20, pp. 26-32, 2002 2002.

- [14] R. Belay, "The international action of La main a la pate: teaching science at primary school," INRP - French Science Academy, Paris 2006.
- [15] K. Worth, E. Saltier, and M. Duque, "Design and implementing inquiry based science units for primary school," Paris 2009.
- [16] National Research Council, Ed., *Inquiry and the national science education standards: a guide for teaching and learning*. National Academies Press, National academies, 2000, p. pp. Pages.
- [17] M. Cochran-Smith and K. Zeichner, *Studying teacher education: The report of the AERA Panel on Research and Teacher Education*. Washington: American Educational Research Association, 2005.
- [18] J. Loughran, A. Berry, and P. Mulhall, *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*: Sense Publishers, 2012.
- [19] S. Abell, M. Rogers, H. Deborah, and M. Gagnon, "Preparing the next generation of science teacher educators: a model for developing PCK for teaching science teachers," *Journal of science teacher education - Springer*, vol. 20, 2009.
- [20] L. Shulman, "Knowledge and teaching: foundations of the new reform," *Harvard educational review*, vol. 57, 1987.
- [21] T. Kleickmann, D. Richter, M. Kunter, J. Elsner, M. Besser, S. Krauss, et al., "Pedagogical content knowledge and content knowledge: The role of structural differences in teacher education.," *Journal of Teacher Education*, vol. 64, pp. 90-106, 2013.
- [22] R. Putman and H. Borko, "What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning?," *Educational research*, vol. 29, pp. 4-15, 2000.
- [23] S. Loucks-Horsley, K. Stiles, S. Mundry, N. Love, and P. Hewson, *Designing professional development for teachers of science and Mathematics*. California: Corwin, 2010.
- [24] L. Shulman, "Those who understand: knowledge growth in teaching," *Educational researcher*, vol. 15, 1986.
- [25] W. Dylan, *Embedded formative assessment*. Bloomington: Solution Tree Press, 2011.
- [26] R. Shavelson, M. A. Ruiz-Primo, and E. Wiley, "Windows into the mind," *Higher education*, pp. 413-430, 2005.
- [27] M. Li and R. Shavelson, "Validating the link between knowledge and test Items from a protocol analysis," presented at the AERA, 2002.
- [28] R. Duschl, H. Schweingruber, and A. Shouse, *Taking science to school: learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington: NAP, 2007.
- [29] W. Harlen, *Principles and big ideas of science education*: Association for Science Education, 2010.
- [30] MEN, "Programa fortalecimiento de la cobertura con calidad para el sector rural, Fase II: sustentos del programa y estrategias para la implementación 2013," Ministerio de Educación Nacional de Colombia, Bogotá 2013.
- [31] MEN, "Programa para la transformación de la calidad educativa, guía uno: sustentos del programa," Ministerio de Educación Nacional, Bogotá 2012.
- [32] M. Figueroa, "An inquiry into inquiry science teaching in Colombia," PhD, School of education, Stanford, Stanford, 2011.
- [33] R. J. Shavelson, G. P. Baxter, and J. Pine, "Performance Assessment in Science," *Applied measurement in education*, vol. 4, pp. 347-362, 1991 1991.
- [34] G. Charpak, *Enfants, chercheurs et citoyens*. Paris: Odile Jacob, 1998.
- [35] E. Morin, *Seven complex lessons in education for the future*. Paris: UNESCO, 1999.
- [36] C. Carulla, A. Molano, M. Duque, and M. Figueroa, "Competencias ciudadanas en clase de ciencias: proyecto pequeños científicos," in *Investigaciones e innovaciones en enseñanza de ciencias: Memorias coloquio investigación e innovación en enseñanza de ciencias*. vol. 1, ed Bogotá: CIFE, 2006.
- [37] M. Diaz, M. Roncancio, M. Gómez, and M. Duque, "Impact of Inquiry Science and Technology Education in the Development of Citizenship Skills: The Case of Pequeños Científicos Program in Colombia," presented at the ISEC13, Princeton, 2013.
- [38] Ministerio de Educacion Nacional, *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales: Formar en ciencias, el desafio*. Bogotá: MEN, 2004.