



# EDUCACIÓN STEM EN EDUCACIÓN BÁSICA: ESTUDIO DE CASO EN DOS PAÍSES, COLOMBIA Y REPÚBLICA DOMINICANA

**Margarita Gómez, Mauricio Duque, Michaël Canu, Giovanna Danies**

**Universidad de los Andes  
Bogotá, Colombia**

**Izaskun Uzcanga**

**Fundación Propagas, INTEC  
República Dominicana**

**Jorge Celis**

**Universidad Nacional de Colombia  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

Los programas STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) han venido creciendo con el fin de promover una mejor educación para todos en estas áreas consideradas fundamentales en el desarrollo de capacidad para la innovación y la competitividad en los países, así como para formar ciudadanos que puedan participar con responsabilidad en una democracia. En Colombia el programa STEM de pequeños científicos aparece desde el año 2000. En 2011 comienza un trabajo hermano en la República Dominicana con quien se ha venido fortaleciendo un equipo interinstitucional orientado a promover una mejora de la educación básica en STEM. En el trabajo se presenta el rol que han jugado actores académicos, empresariales y de gobierno. La experiencia en dos países y el trabajo en red con más de 10 países permiten esbozar estrategias y buenas prácticas a considerar.

**Palabras clave:** Educación STEM; desarrollo profesional situado; conocimiento didáctico del contenido

## Abstract

*The number of STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) programs has increased with the purpose of promoting and improving STEM education at all levels. These areas of knowledge are considered critical for developing students' capacity for innovation and competitiveness, which is key to train citizens, who can participate responsibly in a democracy and contribute to the development of their countries. In Colombia the STEM program, "Pequeños Científicos" or "Little Scientists", was born in the year 2000. In 2011 a program akin to Pequeños Científicos was started in the Dominican Republic, with whom we have strengthened our inter-institutional team to focus on promoting best practices in STEM education. This work, presents the working flow as well as the role that different stakeholders (academics, business, and government) have played in this program. The fact that this program was carried out in two different countries and included a network of 10 more countries, allows us to outline strategies and best practices to consider.*

**Keywords:** *STEM education; situated professional development; pedagogical content knowledge*

## 1. Educación STEM en el mundo

Desde hace varios años, en varios países, el número de estudiantes y de profesores que tienen competencias en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática disminuye. En EE.UU, se constata también una disminución de los estudiantes en esas carreras y hoy en día, sólo el 16% de los estudiantes siguen una carrera de este tipo. Ya que ellos están considerados como el motor de la innovación que permitió hacer de EE.UU un liderato global, en 2014 el presidente Obama anunció que era una prioridad nacional aumentar el número de estudiantes y de profesores competentes en esa área. De hecho, el objetivo trazado por Obama es general para toda la población: "move from the middle to the top of the pack in science and math." También se habla de la formación de 100,000 profesores en STEM durante la vigencia del programa global anunciado (fuente: US Department of Education).

En este marco, fue creado el CoSTEM (Comity on STEM Education) en EE.UU que cuenta con 13 agencias socias - el cual incluye todas la agencias de ciencias y el departamento de educación - que impulsó un grande esfuerzo en dirección de la formación en STEM y sobre todo una estrategia de cohesión nacional que cuenta con nuevos recursos incluidos fondos federales. EE.UU cuenta ahora con un numero importante de centros STEM - más de 63 - repartidos a través todo el país que dependen por la mayoría de universidades: facultades de ciencias, ingeniería y/o de educación.

Las actividades propuestas cubren una amplia gama de actividades desde la formación de estudiantes de las universidades (cursos de base en STEM), la promoción de carreras STEM a través de distribución de becas hasta la formación de docentes de primaria y secundaria en STEM para mejorar la calidad de la educación de todos los

ciudadanos. Se incluyen igualmente actividades de investigación en educación STEM particularmente en una visión curricular más integral, aspecto que se evidencia en el plan del gobierno Obama (“Preparing Americans with 21 st Century Skills”, EOPUS), donde se decidió invertir \$100 millones para apoyar las investigaciones de la NFS (National Science Foundation) sobre la enseñanza y el aprendizaje de las disciplinas STEM de la educación primaria a media y \$120 millones para investigación al nivel posgrado.

Sin embargo, aun en países donde no se nota una reducción en estudiantes en carreras STEM, se adelantan igualmente acciones. En Francia, por ejemplo, se encuentra también iniciativas para desarrollar este tipo de educación en todos los niveles académicos. La creación de las 8 “maisons régionales des sciences” (casas regionales de ciencias) en Francia, orientadas a docentes de primaria y secundaria hace 5 años se puede considerar como una tal iniciativa aunque no participan directamente a acciones al nivel pre y post grado. Iniciativas como la de la fundación La Main à la Pâte son un ejemplo. Las acciones de investigaciones se realizan en colaboración con las escuelas superiores del profesora y de la educación (ESPé) que dependen directamente del ministerio de educación superior y que encargan de todas las formaciones iniciales y continuadas de los profesores de la primaria al liceo.

## 2. Educación STEM y ciudadanía para el siglo XXI

Varios trabajos concuerdan en que un factor determinante en el desarrollo de capacidad endógenas para producir y comercializar innovación y el crecimiento económico de los países consiste en contar con un conjunto de ciudadanos con competencias para generar, aplicar y transferir conocimiento (WB, 2010). Históricamente aquellos países con un recurso humano formado en la innovación son más prósperos que aquellos que no cuentan con dicho recurso (Acemoglu & Robinson, 2012). No es coincidencia que las evaluaciones hechas a sistemas de innovación tanto a países en desarrollo como desarrollos establezcan como prioridad de política el mejoramiento de la educación con miras a formar ciudadanos que exhiban altos niveles de desempeño en ciencias, matemáticas y lectura. (OECD, 2013, 2014). Estudios que han analizado los sistemas de innovación reportan también que aquellos países en los cuales un reducido grupo de ciudadanos recibe una educación para la innovación ponen en riesgo la competitividad en el largo plazo (Baudelot & Establet, 2009). Significa entonces que un país que apueste por la competitividad basada en la producción de innovación requiere que todos sus ciudadanos estén en capacidad de generar y utilizar el conocimiento. Además muchas de las políticas públicas que definen los países están cada vez más fundamentadas en el conocimiento. Los problemas que afectan a los países requieren del conocimiento para su solución. Si los ciudadanos no comprenden los problemas y mucho menos el papel que juega el conocimiento, estarán impedidos para ejercer su ciudadanía de manera responsable (Duque & Celis, 2012).

En esta perspectiva, varios países han estado promoviendo el fortalecimiento de una educación en STEM con miras a fortalecer sus sistemas de innovación (Gough, 2014).

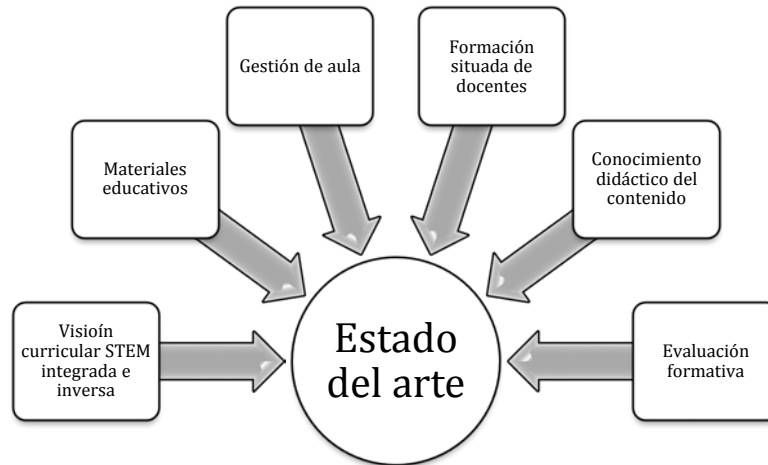
Esta promoción está enfocada en que los estudiantes que transitan por el sistema educativo sean ciudadanos ilustrados en el futuro por venir.

### 3. Marco conceptual de una iniciativa STEM basada en el estado del arte

Los dos programas STEM, tanto en Colombia como en República Dominicana tienen 6 sustentos que se presentan en la siguiente gráfica.

**Visión curricular STEM integrada e inversa:** A menudo se califica de programa STEM a cualquier iniciativa que proponga actividades donde potencialmente se pueden trabajar parcialmente los componentes STEM. Por ejemplo en actividades de ciencias es común que se indique que de *alguna manera se toca matemáticas, tecnología e ingeniería*, luego es una actividad STEM. No basta con que exista la posibilidad hipotética de conexión, es necesario que de un lado exista y que de otra parte se trabaje en las cuatro disciplinas de forma explícita. Por ello, si no existen actividades concretas orientadas algunas explícitamente a las ciencias, otras a las matemáticas y otras a la tecnología, con momentos igualmente explícitos de conexión, no se está en un marco STEM genuino. Un currículo en consecuencia implica materiales en al menos dos de las áreas fundantes de STEM, matemáticas y ciencias desde donde es posible conectar tecnología e ingeniería. La propuesta igualmente aborda el currículo desde la perspectiva de un diseño curricular inverso (Furman, 2009; Wiggins & McTighe, 2006), esto es, comenzar por objetivos y evaluación antes de desarrollar las actividades de enseñanza y aprendizaje.

**Materiales educativos:** la experiencia de países de alto desempeño en educación, así como investigación muestra que materiales educativos de calidad son un factor importante, tanto para lograr que se desarrollen actividades en el aula de calidad, como para la formación de los docentes en la enseñanza de una disciplina (Davis & Krajcik, 2005). En nuestro contexto tiende desafortunadamente a pensarse que el docente es el que debe diseñar las actividades de aula, cuando en la práctica asumir esta responsabilidad puede tener dos grandes problemas: lograr actividades poco efectivas de aprendizaje además de distraerlo de su responsabilidad central, la cual es lograr que los estudiantes aprendan lo que deben aprender cuando deben hacerlo (MEN, 2013).



**Formación situada de docentes:** La investigación muestra de forma reiterada que muchos de los programas de formación inicial y continua tienen poco o ningún impacto en mejorar los aprendizajes de los estudiantes de docentes formados (Grossman, 1990; Jayaram, Moffit, & Scott, 2012). La principal razón es el carácter genérico de esas formaciones que no brindan herramientas concretas para el aula. Se supone que el conocimiento de teorías educativas que subyacen a las buenas prácticas desarrollan buenas prácticas. Una formación situada se distingue por trabajar de forma explícita sobre las actividades y habilidades que se requieren en el aula en un trabajo concreto en el aula (Abell, Rogers, Deborah, & Gagnon, 2009; Brown, Collings, & Duguid, 1989; Putman & Borko, 2000). En este sentido, la formación docente que se promueve en las iniciativas STEM de Colombia y República Dominicana, está basada en situaciones concretas de aula, alineada con las propuestas curriculares de los dos países y alimentada por investigación acerca de los problemas concretos de los estudiantes.

**Conocimiento didáctico del contenido:** En relación con el punto anterior la investigación ha mostrado que no es el conocimiento genérico de teorías educativas, pedagógicas y didácticas lo que hace que un docente sea efectivo, sino el conocer la disciplina que enseña para enseñarla, conocer donde están las dificultades de los estudiantes en el contenido específico trabajado y como lidiar con ellas, saber como se evalúa el conocimiento específico, como se evidencian en este contexto los aprendizajes, así como la articulación de estos contenidos con contenidos anteriores y posteriores desde una perspectiva de progresión de aprendizajes (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Shulman, 1993). No es la suma de aprendizajes en la disciplina de un lado y la pedagogía del otro lado, sino los dos componentes ensamblados conjuntamente en una estrategia de formación diferente a sumar cursos de diferente índole.

**Evaluación formativa:** Si bien en el discurso la evaluación formativa es muy común, en la práctica es raro encontrar estrategias de evaluación formativa bien diseñadas y desarrolladas en el aula. Una evaluación formativa efectiva reúne varias características que van desde actividades que permiten recoger evidencias de aprendizaje de forma frecuente, pasando por un docente capaz de tomar decisiones con base en estas

evidencias de forma oportuna, a menudo en segundos, hasta una realimentación positiva que le permite al estudiante dar el siguiente paso en su aprendizaje (Dylan, 2011). Son múltiples las acciones, que sin intención, destruyen la evaluación formativa. Sin embargo este es un aspecto crítico, pues la investigación muestra que una buena evaluación formativa mejora los aprendizajes hasta en un 50%. Sin embargo, evaluación formativa sin conocimiento didáctico del contenido puede ser una utopía.

**Gestión de aula:** Varios estudios tienden a mostrar la baja eficacia en la utilización del tiempo escolar. De una hora de trabajo disponible, en muchos casos se dedican solamente 39 minutos para actividades instruccionales relacionadas y al final algunos estudiantes difícilmente utilizan 10 minutos en actividades que les fomentan aprendizajes (Suchaut, Bougnères, & Bouguen, 2014).

#### 4. Estado actual de la iniciativa en dos países

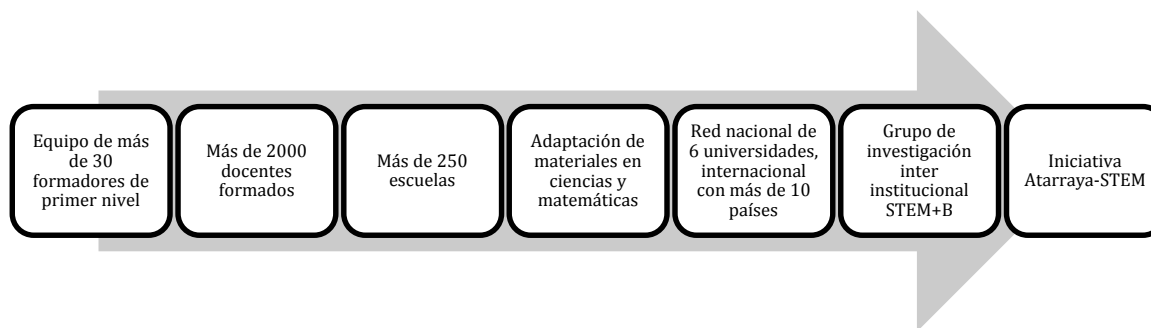
##### 4.1. Iniciativa STEM en Colombia

La iniciativa STEM colombiana se empezó a gestar hace ya varios años al interior de la Universidad de los Andes. Diferentes programas y proyectos empezaron a hablar del tema, siendo Pequeños Científicos el que más tiempo se ha desarrollado. Este programa nace en 1998, si bien oficialmente se crea s en 2000 en asocio con otras instituciones colombianas.

La siguiente gráfica presenta un resumen de la historia del programa Pequeños Científicos.



La siguiente gráfica ilustra los resultados obtenidos por el programa, que demuestran una capacidad instalada para la operación de una iniciativa STEM a mayor escala.



En la actualidad profesionales del programa de la Universidad de los Andes participan, conjuntamente con la Universidad Externado de Colombia y la Universidad Nacional de Colombia en un convenio con el Ministerio de Educación nacional en un trabajo conjunto sobre aspectos centrales de la educación básica y media en Colombia, colocando al servicio del país los mejores investigadores disponibles con asesoría internacional. Se incluye en esta labor la asesoría al programa todos a aprender donde más de 80.000 clases son acompañadas en mejoramiento de prácticas de enseñanza en matemáticas y lenguaje.

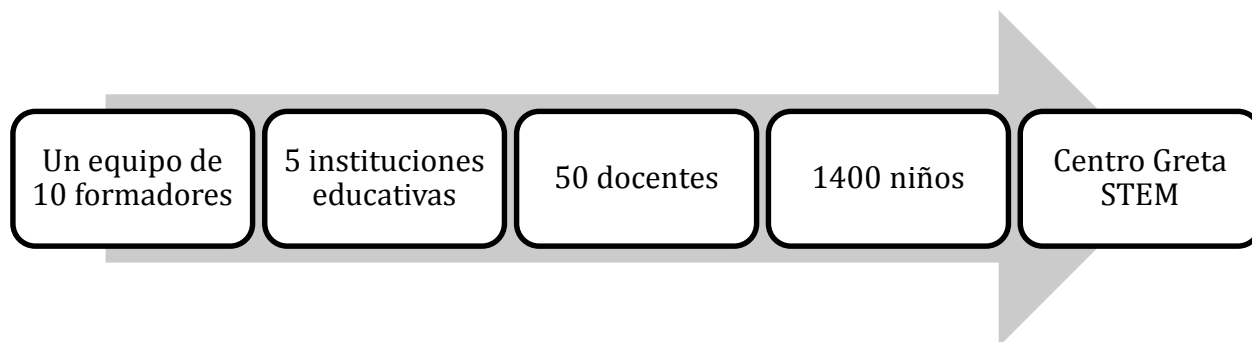
Igualmente es importante destacar que los resultados logrados se sustentan en una alianza público-académico-privada, donde universidades y fundaciones privadas como Gas Natural, Luker y Siemens, universidades como UniAndes, U de Ibagué, ICESI, UTP, Escuela de ingeniería de Antioquia, trabajan de la mano con el estado para mejorar la educación STEM en el país.

Si bien Pequeños Científicos ha liderado muchas actividades que podían llamarse STEM en Colombia y Latinoamérica, la iniciativa STEM de la Universidad de los Andes: Atarraya-STEM, tiene de hecho una visión más amplia que la de este programa. Se convierte en un espacio de interacción con iniciativas de varias facultades y aliados y pretende contribuir al mejoramiento de la calidad educativa en las diferentes áreas STEM en toda la cadena educativa desde la educación básica hasta la educación superior.

## 4.2. Iniciativa STEM en República Dominicana

En la República Dominicana, esta iniciativa llega de la mano del programa de Pequeños Científicos promovido por 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 primera etapa en el marco del programa de Pequeños Científicos RD se logran los resultados que se muestran en la siguiente gráfica.



## 5. Lecciones aprendidas y perspectivas

El proceso llevado a cabo en la conformación y puesta en marcha de iniciativas STEM en los dos casos presentados ha mostrado lecciones concretas que no solo sirven para mejorar el diseño y la implementación de dichas iniciativas sino que además pueden ser útiles para informar a iniciativas similares en otros países en desarrollo.

Si bien la definición de STEM puede ser amplia, es recomendable contar con marcos de trabajo claros que permitan orientar las actividades que se lleven a cabo alrededor de estas iniciativas, no se trate de redefinir las disciplinas por sí mismas pero sí de delimitar las interacciones y sobre todo de establecer marcos para el trabajo didáctico alrededor de las mismas. En este sentido, una definición clara aunque suficientemente dinámica para responder a las necesidades de la sociedad es altamente deseable y ha sido el primer paso en los dos casos mencionados.

Una segunda lección tiene que ver con la noción de red y el trabajo colaborativo. Como la misma sigla STEM lo presenta, se trata de poner a dialogar a áreas que tienen ya experiencias desarrolladas, existen numerosas iniciativas en el mundo que han acumulado experiencia sobre la enseñanza aprendizaje de las ciencias, la tecnología y las matemáticas en diferentes áreas y si bien la idea de una visión integrada presenta una novedad en muchos países, se debe construir sobre la experiencia previa, haciendo parte de las redes de investigación en estas áreas.

Por otro lado, para poder impactar la educación en las áreas STEM y movilizar a la sociedad es importante valerse de aliados en diferentes sectores de la sociedad. La responsabilidad de formar ciudadanos competentes para los retos del siglo XXI no es solo de la academia por lo que cualquier iniciativa STEM debería poner a dialogar con el sector productivo, mediante la creación de alianzas estratégicas con compañías dedicadas al negocio de la ciencia y la tecnología. De esta manera, con el fin de transformar el sistema educativo serán necesarias alianzas entre la academia, el sector privado y el estado con el fin de asegurar los mejores insumos y las mejores prácticas así como la continuidad de un programa de transformación sustentado en evidencias e investigación científica tomando distancia de pequeños proyectos cerrados que no logran transformaciones importantes a gran escala y de programas sin un sustento sólido basados en “buenas ideas” bajo el supuesto de que programas de otras latitudes, aun exitosos, no son adecuados en nuestros contextos.



La evaluación y la investigación son los pilares de una iniciativa efectiva y el diseño que se ha presentado en este trabajo se ha valido de resultados tanto propios como de otros investigadores para implementar las estrategias más apropiadas para la formación de docentes y el desarrollo de herramientas para la enseñanza de las áreas STEM. Se debe por lo tanto entender, que una iniciativa de este tipo no puede existir sin evaluarse permanentemente y sobre todo sin generar investigación alrededor de la misma, de modo que se pueda informar a los tomadores de decisiones acerca de políticas públicas y programas de formación.

Buenos materiales educativos que respondan a una visión articulada y coherente STEM se requerirán para poder hablar de iniciativas STEM en toda su dimensión. Esta visión abre un espacio importante para la formación superior en las diferentes áreas STEM así como en otras áreas de las ciencias sociales, es necesario conformar y fortalecer grupos de investigación interdisciplinarios, que puedan investigar sobre la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

## 6. Referencias

- Abell, S., Rogers, M., Deborah, H., & Gagnon, M. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: a model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of science teacher education - Springer*, 20.
- Acemoglu, D., & Robinson, J. (2012). *Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. New York: Crown Publishers.
- Baudelot, C., & Establet, R. (2009). *L'élitisme républicain*. Paris: Seuil.
- Brown, J., Collings, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *educational research*, 18(1), 32-42.
- Davis, E., & Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational researcher*, 34(3), 3-14.
- Duque, M., & Celis, J. (2012). *Educación en ingeniería para la ciudadanía, la innovación y la competitividad en Iberoamérica. Matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería y el rol de las Facultades de Ingeniería*. Bogotá: ASIBEI.
- Dylan, W. (2011). *Embedded formative assessment*. Bloomington: Solution Tree Press.
- Furman, M. (2009). Planificación inversa: Expedición ciencia argentina.
- Gough, A. (2014). STEM policy and science education: scientific curriculum and sociopolitical silences. *Cultural Studies of Science Education*, 1-14. doi: 10.1007/s11422-014-9590-3
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher : teacher knowledge and teacher education*. . New York: Teachers College , Columbia University. Teachers College Press,.
- Jayaram, K., Moffit, A., & Scott, F. (2012). Breaking the habit of ineffective professional development for teachers: McKinsey.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and knowledge for science teaching. In G.-n. J. & N. G. Lederman (Eds.), *PCK and Science Education*. Netherlands.

- MEN. (2013). Programa fortalecimiento de la cobertura con calidad para el sector rural, Fase II: sustentos del programa y estrategias para la implementación 2013. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- OECD. (2013). *OECD Reviews of Innovation Policy. Sweden 2012*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2014). *OECD Reviews of Innovation Policy. Colombia 2014*. Paris: OECD Publishing.
- Putman, R., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational research*, 29(1), 4-15.
- Shulman, L. (1993). Teaching as community property: Putting an end to pedagogical solitude. *Research library*, 25(6), 6.
- Suchaut, B., Bougnères, A., & Bouguen, A. (2014). *7 minutes pour apprendre à lire : à la recherche du temps perdu*.
- WB. (2010). *Innovation Policy. A Guide for Developing Countries*. USA: The World Bank.
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2006). *Understanding by design*. New jersey: Pearson.

### Sobre los autores

- **Michaël Canu:** Doctor en Didáctica de las disciplinas de la Universidad Paris 7 (Francia) y Doctor en Ingeniería de la Universidad de Los Andes (Colombia). Investigador postdoctoral. [m.canu134@uniandes.edu.co](mailto:m.canu134@uniandes.edu.co)
- **Margarita Gómez:** Magister en Bosques y Conservación ambiental, coordinadora del Programa Pequeños Científicos de la Universidad de los Andes [mgomez@uniandes.edu.co](mailto:mgomez@uniandes.edu.co)
- **Mauricio Duque:** Ingeniero Eléctrico, Msc en ingeniería Universidad de los Andes, DEA y Doctor en Ingeniería de INRP, Grenoble, Francia. Profesor asociado. [maduque@uniandes.edu.co](mailto:maduque@uniandes.edu.co)
- **Jorge Celis:** Sociólogo y magíster en sociología, Universidad Nacional de Colombia. Magíster en estudios internacionales y comparados en educación, Universidad de Estocolmo (Suecia). [jecelisg@unal.edu.co](mailto:jecelisg@unal.edu.co).
- **Giovanna Danies:** PhD, Fitopatología, *Cornell University* (Estados Unidos). Investigadora Postdoctoral, Universidad de los Andes (Colombia). [g-danies@uniandes.edu.co](mailto:g-danies@uniandes.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)