



## Biohacking Social: una estrategia pedagógica para el fortalecimiento de la educación y el fomento de la alfabetización científica en Medellín, Colombia

### Social Biohacking: A Pedagogical Strategy to Strengthen Education and Promote Scientific Literacy in Medellín, Colombia

### Social Biohacking uma estratégia pedagógica para o fortalecimento da educação e a promoção da alfabetização científica em Medellín, Colômbia

Andrés Cardona-Echeverry<sup>1</sup>

Alejandra Posada-Ferez<sup>2</sup>

Juan-Felipe Zapata-Martínez<sup>3</sup>

**Recibido:** abril de 2022

**Aceptado:** agosto de 2023

**Para citar este artículo:** Cardona-Echeverry, A., Posada-Ferez, A. y Zapata-Martínez, J. F. (2023). Biohacking Social: una estrategia pedagógica para el fortalecimiento de la educación y el fomento de la alfabetización científica en Medellín, Colombia. *Revista Científica*, 48(3), 113-128. <https://doi.org/10.14483/23448350.20781>

### Resumen

Es innegable el impacto que la educación de calidad y el acceso a la información tienen en el desarrollo sostenible de las sociedades. Una estrategia enfocada a mejorar la calidad de la educación y la democratización de la ciencia es lo que podría denominarse *biohacking social*. En este trabajo se propone un modelo de escuelas de creación que integra actores sociales con nuevas tecnologías para solucionar problemas como el que se considera en este trabajo: las falencias en la infraestructura de los laboratorios de primaria y secundaria en países como Colombia. Las iniciativas de *software* libre y 'hazlo tú mismo' proveen alternativas sostenibles y replicables para abordar problemas como la falta de equipos de laboratorio, en aras de garantizar un ambiente educativo de calidad. Adicionalmente, se relaciona la experiencia obtenida interviniendo comunidades de la ciudad de Medellín a través espacios de divulgación y alfabetización científica como mecanismos de democratización de la ciencia. Las intervenciones a diferentes comunidades demuestran la importancia que tiene acercar la ciencia a la cotidianidad, así como su relevancia para promover la apropiación social del conocimiento.

**Palabras clave:** alfabetización científica; apropiación social del conocimiento; *biohacking*; democratización de la ciencia; divulgación científica; educación.

1. Université Côte d'Azur (Niza, Francia).

2. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia).

3. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). [juan.zapatam@udea.edu.co](mailto:juan.zapatam@udea.edu.co)

## Abstract

The impact of quality education and access to information on societies' sustainable development is undeniable. A strategy focused on improving the quality of education and the democratization of science could be dubbed *social biohacking*. This work proposes a schools of creation model that integrates social actors with new technologies to solve problems such as the one considered in this work: deficiencies in the lab infrastructure of primary and secondary schools in countries like Colombia. Free software and do-it-yourself initiatives provide sustainable and replicable alternatives to address problems such as the lack of laboratory equipment, with the aim to guarantee a quality education environment. Additionally, this work relates the experience obtained by intervening communities in the city of Medellín through spaces for scientific dissemination and literacy as mechanisms for the democratization of science. Interventions in different communities demonstrate the importance of bringing science closer to everyday life, as well as its relevance to promote the social appropriation of knowledge.

**Keywords:** biohacking; democratization of science; education; scientific dissemination; scientific literacy; social appropriation of knowledge.

## Resumo

É inegável o impacto que a educação de qualidade e o acesso à informação tem no desenvolvimento sustentável das sociedades. Uma estratégia focada na melhoria da qualidade da educação e na democratização da ciência é o que poderia-se chamar de Social Biohacking. Este trabalho propõe um modelo de Escolas de Criação, que integra atores sociais com novas tecnologias para resolver seus próprios problemas, como o considerado neste trabalho; as deficiências na infra-estrutura de laboratórios primários e secundários em países como a Colômbia. O software livre e as iniciativas do tipo "faça você mesmo" fornecem alternativas sustentáveis e replicáveis para intervir em problemas, como a falta de equipamentos de laboratório, para garantir um ambiente educacional de qualidade. Além disso, é relatada a experiência de intervenção em comunidades na cidade de Medellín por meio de divulgação e alfabetização científica, como mecanismos para a democratização da ciência. As intervenções em diferentes comunidades demonstram a importância de aproximar a ciência do cotidiano, e sua relevância para promover a apropriação social do conhecimento.

**Palavras-chaves:** alfabetização científica; apropriação social do conhecimento; biohacking; democratização da ciência; divulgação científica; educação.

---

## INTRODUCCIÓN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluyen “garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos”, como un medio para erradicar la pobreza ([UNESCO, 2017](#)). Ya para 2016, el Centro de Información de la Naciones Unidas (CINU) reportaba 263 millones de niños y jóvenes desescolarizados, y la UNESCO estimaba cerca de 758 millones de adultos que no saben leer ni escribir, de los cuales 115 millones son jóvenes entre los 15 y 24 años ([UNESCO, 2017](#)).

Un estudio para Colombia sobre el cumplimiento de los ODS reveló, como uno de los principales retos, mejorar la calidad de la educación (PNUD, 2015). De hecho, aunque 10.4 millones de niños y jóvenes están escolarizados, hay una deserción cercana al 3.07 %, que podría ser consecuencia de la pérdida de interés por las asignaturas académicas a medida que aumenta el nivel escolar ([El Tiempo, 2016](#)), la proporción baja de colegios de alta calidad, y las falencias en la infraestructura educativa, *i.e.*, la

necesidad de más colegios, mayor planta docente, laboratorios y ayudas educativas didácticas ([Pacheco, 2014](#)). Las falencias en la educación básica y secundaria, como por ejemplo no facilitar espacios que promuevan interés y pensamiento crítico, podría resultar en una apatía por la academia.

La formación profesional en Colombia muestra un panorama poco alentador: con un déficit creciente de ingenieros, nuestra producción científica representa solamente el 0.2 % de la producción a nivel internacional, y en muchos casos es de bajo impacto ([El Tiempo, 2015a, 2015b](#); [Van Noorden, 2014](#); [Mesa, 2016](#)). Además, solamente se invierte 0.67 % del PIB en investigación y desarrollo (Albornoz, 2016; OCDE, 2016; [Romero, 2018](#)). Esta realidad es exacerbada por enfoques educativos que no responden a nuestro contexto y sus problemáticas ([Arias, 2017](#); [Caracol Radio, 2017](#)).

Actualmente, se plantea que la innovación social ([Phills et al., 2008](#)), la ciencia ciudadana ([Garbarino & Mason, 2016](#)) y la apropiación social del conocimiento ([Marín Agudelo, 2012](#)) son vías de solución a estas problemáticas. Como ejemplo está la implementación de estrategias ‘hazlo tú mismo’ (en inglés: *do it yourself*, DIY) ([Rivera-Vargas et al., 2017](#)), y son los jóvenes quienes lideran esta serie de iniciativas. Los movimientos *biohacking* como biología DIY (DIYbio) fomentan el acceso abierto a la biología molecular y la biología sintética ([Landrain et al., 2013](#)) a través de la construcción de contenidos de apropiación social y ‘laboratorios comunitarios’ ([Landrain et al., 2013](#); [Seyfried et al., 2014](#)). Si bien los grupos DIYbio tienen un contexto local ([Seyfried et al., 2014](#)), en América Latina se enfocan generalmente en descentralizar la ciencia, aumentar la calidad de la educación y fortalecer el acceso a la educación e investigación científica ([Kera, 2014](#)). Estos mecanismos de alfabetización en ciencia resultan siendo alternativas factibles para el mejoramiento de la calidad y la infraestructura educativa.

En el caso de la ciudad de Medellín, también se requiere fortalecer la cooperación y aumentar la educación de la población ([Restrepo, 2017](#)). El déficit de infraestructura educativa a nivel nacional se encuentra concentrado (60.2 %) en 5 departamentos, incluyendo a Antioquia ([Caracol, 2017](#); MEN, 2014). Por esta razón, los movimientos DIYbio en Medellín se han caracterizado por generar metodologías y equipos de bajo costo y libre divulgación, como alternativa para contribuir al acceso, la infraestructura y la calidad de la educación, así como a la vocación profesional. *Biohacking Colombia* surge como un colectivo para acercar la ciencia a la sociedad a través de estrategias de participación ciudadana e intervención a comunidades, metodologías DIY e iniciativas de *software* libre, así como medios de divulgación científica. Este trabajo muestra los resultados alcanzados en pro del mejoramiento de la infraestructura educativa y las intervenciones a comunidades y espacios de divulgación científica, enfocados en promover una educación de calidad y la alfabetización científica de nuestra sociedad.

## METODOLOGÍA

Biohacking Colombia es un proyecto de investigación-acción que sigue la metodología *expansive learning* ([Engeström, 2010](#)), la cual parte del análisis de necesidades y culmina con el diseño, implementación y análisis de modelos piloto para responder a ellas.

### Análisis de necesidades

La calidad de la educación y la vocación científica son algunos de los aspectos que Biohacking Colombia pretende intervenir. Inicialmente, se identificó qué tan relevante es el uso de espacios académicos de interacción directa con la ciencia (como los laboratorios) para la vocación científica y la calidad de la educación en dos poblaciones de la ciudad de Medellín. Se realizaron dos encuestas, las cuales

se presentan a continuación. La primera correspondió a estudiantes de secundaria de 5 instituciones educativas de Medellín (n=331), y la segunda involucró a jóvenes egresados de diversos colegios de la ciudad (n=130). Se documentaron los datos demográficos de edad y género.

### **Encuesta para la población de estudiantes de básica secundaria**

- ¿Ha realizado actividades relacionadas con la ciencia? (A: Sí; B: Muy poco; C: No; D: No sé qué es ciencia)
- ¿Cuántas veces al año va al laboratorio de su colegio? (A: De una a tres veces al año; B: De tres a seis veces al año; C: Más de seis veces al año; D: Nunca)
- ¿Ha usado equipos en el laboratorio de su colegio? (Sí/No)
- ¿Considera que en el laboratorio de su colegio hacen falta equipos para realizar prácticas y actividades de laboratorio? (Sí/No)
- ¿Considera que en el colegio es importante ir al laboratorio? (Sí/No)
- ¿Qué le gustaría estudiar luego de graduarse del colegio? (A: Ciencias de la salud; B: Ingenierías; C: Ciencias humanas; D: Ciencias exactas y naturales; E: Ciencias sociales; F: Artes; G: no sabe aún qué estudiar)

### **Encuesta para la población de jóvenes egresados de educación básica secundaria**

- Sus estudios los está realizando en una universidad de carácter... (A: Privada; B: Pública; C: No estoy estudiando).
- ¿Su colegio era público o privado? (Privado/Público)
- ¿Realizó actividades relacionadas con ciencia en primaria o secundaria? (A: Sí; B: Muy poco; C: No; D, No sé qué es ciencia)
- ¿Con qué frecuencia asistía al laboratorio de su colegio? (A: De una a tres veces al año; B: De tres a seis veces al año; C: Más de seis veces al año; D: Nunca)
- ¿Considera que es importante asistir al laboratorio en el colegio? (Sí/No)
- ¿Su experiencia con los laboratorios en el colegio influyó en la decisión de qué carrera estudiar? (Sí/No)

### **Modelo de intervención**

Se planteó un modelo de intervención de comunidades basado en la replicación a través de actores sociales. Aquí, se propuso a los estudiantes de universidades públicas como los actores sociales que serán formados y luego replicarán conocimientos para resolver necesidades educativas en diferentes comunidades. El modelo se ejecutó bajo los principios de *formar, articular, investigar y replicar*.

### **Diseño y construcción de prototipos**

Como implementación inicial del modelo de intervención, se diseñaron y construyeron prototipos de equipos de laboratorio básicos para prácticas experimentales en áreas de biología, química y física. Estos prototipos responden a las necesidades primarias identificadas en estas áreas. El diseño y construcción de estos prototipos estuvo a cargo de profesionales en áreas de ingeniería biomédica, física y mecatrónica,

usando plataformas abiertas y *software* libre y bajo los principios DIY. Se pusieron a prueba los equipos y las metodologías para su uso, creadas por profesionales en ingeniería biológica, microbiología y biotecnología.

## Divulgación científica

Las estrategias para la alfabetización en ciencia implementadas a la fecha se dividen en la generación de contenido multimedia y la intervención de comunidades. Específicamente, se diseñó la serie de televisión denominada *Biohacking Ciencia Libre* y el programa radial de divulgación *Ciencia Libre*. Además, se realizaron talleres en ciencia para niños, jóvenes y adultos mayores en diferentes comunidades y espacios de la ciudad de Medellín y las comunidades rurales cercanas.

## Análisis estadístico

Los datos recolectados en las encuestas realizadas se analizaron mediante el programa estadístico R v.3.4.3. Brevemente, se realizaron pruebas de comparación de proporciones para evaluar el nivel de significancia entre las proporciones reportadas. Los valores  $p < 0.01$  fueron considerados significativos.

## RESULTADOS

### Impactos negativos de la carencia de laboratorios

Para conocer el concepto de los estudiantes de Medellín sobre los laboratorios y su uso, se realizó un estudio descriptivo. La edad media de los estudiantes de secundaria fue de 16 años (rango: 13-19; 129 hombres y 209 mujeres). El 58.6 % de los estudiantes encuestados manifestaron haber realizado muy pocas (12.1 %) o ninguna actividad relacionada con ciencia (46.5 %), mientras que el 41.2 % restante aseguró haber realizado estas actividades ( $p=0.00001343$ ). En relación con la frecuencia de asistencia al laboratorio por año, 33.2 % manifestó nunca ir al laboratorio, 58.9 % declaró asistir hasta seis veces durante el año y solamente 7.9 % lograba interactuar con los laboratorios más de 7 veces en el año académico. Esto sigue siendo bajo, ya que en Colombia se estudia 40 semanas por año académico, divididas en 4 periodos ( $p=2.2e-16$ ;  $p<0.0000001$ ).

Curiosamente, aunque 61.9 % de los estudiantes manifestó haber utilizado equipos de laboratorio ( $p=1.825e-09$ ) y 93.4 % considera necesario realizar prácticas ( $p<2.2e-16$ ), 83.6 % de los encuestados manifestó que a los laboratorios de sus colegios les hace falta equipos que favorezcan el aprendizaje ( $p<2.2e-16$ ).

En relación con la muestra de la población egresada, conformada principalmente por estudiantes universitarios (98 %; universidad pública: 81.1 %, privada: 18.9 %) y egresados de un colegio público (80 %), solamente 46.2 % referían haber realizado actividades relacionadas con ciencias durante su formación académica en básica primaria y secundaria (vs. 56.1 %,  $p=0.321$ ). La mayoría de los egresados solamente utilizó el laboratorio de 1 a 3 veces por año (40 %), lo cual representa una frecuencia inferior a una vez por periodo académico. Incluso, el 17.7 % aseguró no haber asistido. Por otro lado, el 20.8 % visitó el laboratorio hasta 6 veces al año, y solamente una proporción de 21.5 % lo hizo más de 7 veces por año, lo cual evidencia una baja asistencia a prácticas de laboratorio para la mayoría de los estudiantes ( $p=0.00008802$ ), que principalmente son egresados de colegios públicos (20.2 vs. 26.9 %;  $p=0.6312$ ).

Adicionalmente, el 100 % de los encuestados afirmó que es importante asistir al laboratorio, pero considera que sus colegios no contaban con los equipos de laboratorio necesarios para fortalecer el proceso de aprendizaje (62.31 %;  $p=0.0001205$ ), siendo este un factor determinante para la elección de su carrera profesional o su desempeño académico en la universidad (67.69 %;  $p=0.00000002384$ ,  $2.384e-08$ ).

## Biohacking Colombia: escuelas de creación

La insuficiencia de laboratorios dotados adecuadamente para la realización de prácticas experimentales en áreas como la biología, física y química puede ser intervenida mediante un modelo de participación ciudadana, con capacitaciones para que los actores sociales repliquen conocimientos en otras comunidades. El modelo se compone de las etapas de *formar*, *articular*, *investigar* y *replicar*, según se describe a continuación.

**Formar.** En esta etapa, un grupo multidisciplinario de profesionales forma y potencializa las habilidades de estudiantes universitarios para realizar actividades de impacto social, investigación, identificación de problemáticas sociales y generación de soluciones. Como ejemplo está el déficit en laboratorios dotados en instituciones de educación básica primaria y secundaria de la ciudad de Medellín, que podría ser abordado a través de la implementación de equipos de bajo costo. Para tal fin, los estudiantes de instituciones universitarias de carácter municipal fueron capacitados por profesionales y estudiantes de posgrado para diseñar y construir equipos básicos de laboratorio, así como en las metodologías para su uso.

**Articular.** Con la colaboración de entidades educativas y la voluntad política de instituciones gubernamentales y privadas, se facilita el acceso a la ciencia y a una educación de mejor calidad para los estudiantes de primaria y secundaria.

**Investigar.** El ejercicio investigativo es transversal y permite plantear soluciones innovadoras a problemáticas identificadas, además de promueve el mejoramiento continuo.

**Replicar.** El proyecto promueve el uso de tecnologías libres, *software* libre y metodologías DIY, con el fin de favorecer soluciones replicables, accesibles y garantizar cobertura. En esta etapa, los estudiantes de pregrado replicaron lo aprendido en maestros y estudiantes de secundaria para lograr, de manera sistemática, la dotación de laboratorios de colegios.

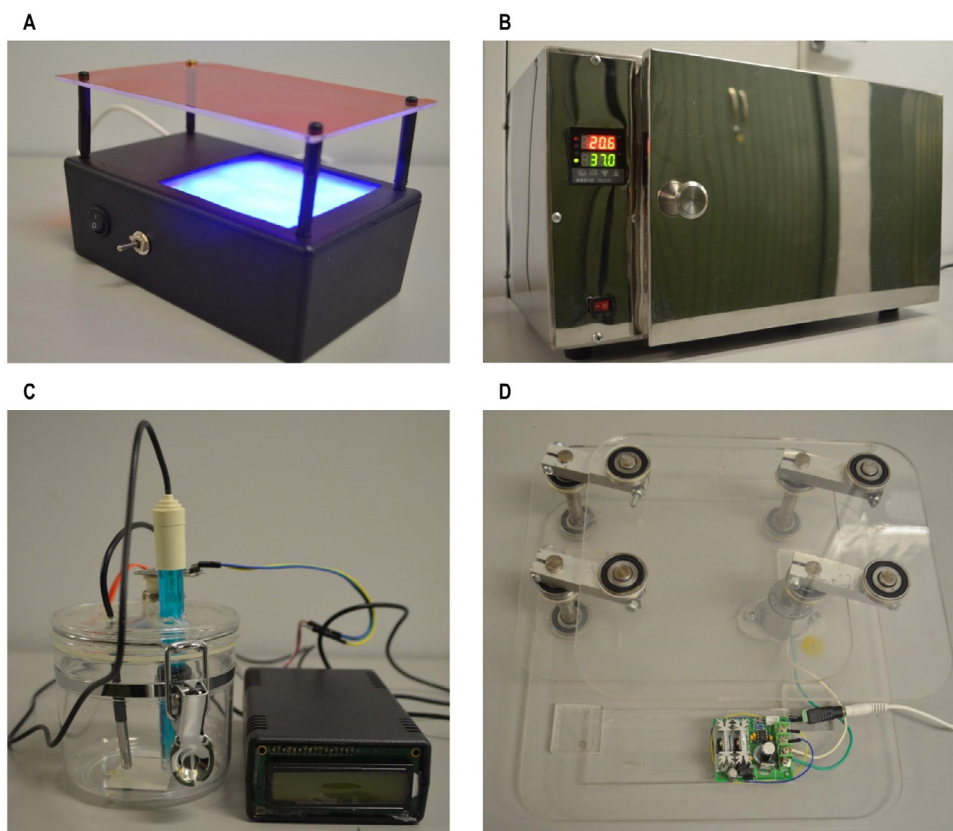
La articulación y el trabajo cooperativo favorece la motivación vocacional y el descubrimiento de actitudes y aptitudes. De manera secuencial, los estudiantes de secundaria, al relacionarse con estudiantes de pregrado, conocen las instituciones universitarias y su oferta académica. Asimismo, los estudiantes de pregrado que interactúan con profesionales y estudiantes de posgrado podrían definir un perfil que va a responder a las problemáticas sociales que ellos reconocen en las comunidades que intervienen, en aras de plantear soluciones y potenciales emprendimientos desde el reconocimiento de la vida en comunidad y el fortalecimiento del otro.

## Implementación del modelo

El modelo planteado se probó con la participación de aproximadamente 100 estudiantes de pregrado de universidades e instituciones universitarias de la ciudad de Medellín, con el acompañamiento de profesionales y estudiantes de maestría en las áreas de microbiología e ingeniería biomédica y biológica, ingeniería mecatrónica, ingeniería física, ingeniería de sistemas, biotecnología, diseño y producción

audiovisual, entre otros. El proyecto se desarrolló como un movimiento ciudadano en colaboración con el Exploratorio del Parque Explora de Medellín, en un intento por descentralizar la propuesta y garantizar el empoderamiento de los jóvenes como actores sociales del cambio.

Con respecto al problema de infraestructura en los laboratorios escolares, se estandarizó la construcción de prototipos de bajo costo y libre acceso, como incubadoras, estereoscopios, *shakers* orbitales, biorreactores, cámaras de electroforesis y transiluminadores de luz azul. Los prototipos se construyeron con la financiación del Banco de Programas, Proyectos e Iniciativas de Innovación Social (COPIS) del ITM. El diseño y construcción de estos equipos permite su reproducibilidad una vez los estudiantes de pregrado aprenden a construirlos implementando tecnologías libres y metodologías DIY (Figura 1). De hecho, los estudiantes han desarrollado prototipos de centrifugas y agitadores magnéticos. Hasta el momento, la etapa de replicación en colegios para la dotación de laboratorios no se ha alcanzado, pues esta debe responder a la voluntad política de los actores financiadores.



**Figura 1.** Prototipos de equipos de laboratorio. Se muestran fotografías representativas de los equipos de laboratorio que han sido construidos con software libre y principios DIY para la dotación de laboratorios a bajo costo: transiluminador de luz azul (A), incubadora microbiológica (B), bioreactor (C), skaker orbital (D).

### **Biohacking como estrategia de alfabetización en ciencia**

Uno de los objetivos de nuestro proyecto es la alfabetización en ciencia a través de la divulgación científica y la intervención de comunidades.

## Divulgación científica

En colaboración con ITM televisión, se transmitió una serie de siete capítulos por YouTube y el canal local Telemedellín, donde se enseñaba a construir y utilizar equipos de laboratorio. El programa se titula *Biohacking Ciencia Libre* y puede ser consultado en el siguiente link:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLMPrn6lWDLcTzOSNHP0Ab7EUSKCLJDjly>

Por otro lado, se inició la transmisión de una serie de emisiones de radio virtuales, con el fin de divulgar los trabajos científicos que se realizan en nuestro entorno. Este programa de ITM Radio Emisora Virtual lleva 9 emisiones, que se pueden consultar en:

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2017236058547070/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2020847548185921/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2024483171155692/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2038246683112674/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2041428656127810/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2044922652445077/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2048366928767316/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2051649038439105/>

<https://www.facebook.com/itmradio/videos/2058228644447811/>

## Intervención de comunidades

La evidencia de intervención a comunidades se documentó en las redes sociales de Facebook (<https://www.facebook.com/groups/1691114637824244/>), Instagram (<https://www.instagram.com/biohackingcolombia/>) y Twitter (<https://twitter.com/BioHackingCol>), según se detalla a continuación.

## Talleres a comunidades en el Exploratorio del Parque Explora Medellín

En este espacio se han realizado talleres de formación que incluyen la extracción de ADN de origen vegetal con reactivos de uso común ('caseros'), la determinación cualitativa de pH a partir de extractos de repollo (*Brassica oleracea*) y la construcción de estereoscopios de bajo costo. Estos talleres están dirigidos a jóvenes que se convierten en replicadores de las metodologías en sus comunidades. Además, en el Exploratorio se ejecutan actividades con comunidades itinerantes en espacios de ciudad como el *café cacharrero* y los *laboratorios de garaje*, que tienen como objetivo acercar a niños, jóvenes y adultos a la ciencia.

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/885264240914903040>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/885264877492854784>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/891442562791337984>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/919369498540552193>

## Talleres para niños y adultos mayores en la Biblioteca EPM de la Fundación EPM

En esta institución se desarrollaron actividades voluntarias en relación con la química y la biología en la cotidianidad. Niños y adultos mayores trabajaron conceptos como el *pH* y la *identidad genética*. Una actividad principal consistió en la observación a través de estereoscopios de cartón.



<https://twitter.com/BioHackingCol/status/873274566856114176>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/872943227086811136>

## **Museo de Ciencias Naturales de la Salle del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)**

En colaboración con el Museo de Ciencias Naturales de la Salle del ITM, se realizaron varios proyectos encaminados a la investigación y la alfabetización científica. En este espacio se ejecutan investigaciones en biodiversidad y ejercicios de investigación formativa con jóvenes de diversas instituciones universitarias de la ciudad. Además, en el grupo de Ciencia, Arte y Vida, que reúne mujeres de la tercera edad y cabezas de familia, se realizaron las actividades mencionadas anteriormente, *i.e.*, talleres para comprender los conceptos de la ciencia en la cotidianidad.

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/920808625290883072>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/986746168284733440>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/880439992190947328>

## **Intervención en comunas y corregimiento de la ciudad de Medellín**

Particularmente en las comunas (agrupación de barrios) 4, 7 y 12, así como en el corregimiento de San Cristóbal de la ciudad de Medellín, se han realizado actividades para acercar la ciencia a jóvenes y adultos de diversas edades. Por ejemplo, se realizó un taller de *Ciencia a la plaza de mercado*, donde se sensibilizó a personas en aspectos de la bioquímica de las frutas y las verduras, con la finalidad de dar a conocer conceptos relacionados con el aprovechamiento de los residuos orgánicos y las interacciones de los microorganismos, insectos y plantas en proceso de cultivo, recolección y consumo de alimentos.

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/924397003383234560>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/924389426431709189>

También se han llevado a cabo actividades (con el acompañamiento del Exploratorio) con niños y jóvenes de San José de la Cima, un barrio de comunidades desplazadas por el conflicto armado. Allí, lamentablemente, hay un alto número de niños desescolarizados. No obstante, estos han sido alfabetizados en temas de ciencia como la identidad genética, el pH y su significado en la vida cotidiana. Incluso temas tan sencillos como la elaboración de *shampoo*, se pueden despertar motivaciones vocacionales y contribuir a cambiar realidades en estas comunidades.

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/929192643401314304>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/926937604968321024>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/926898873771192321>

Adicionalmente, se realizaron actividades con niños del corregimiento de San Cristóbal, con el objetivo de identificar problemáticas ambientales de su región y enseñarles a documentarlas. Los niños y jóvenes identificaron como problemática ambiental las fincas de recreo de las personas que viven en la ciudad, pues la gente llega a estos espacios a hacer ruido y darle un uso inapropiado al suelo, fenómeno que no se contempla como contaminación pero, que según la percepción de los niños, afecta la vida del campesinado.

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/921872931352915969>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/919566125326839808>

## ***Ciencia a la mano del Parque Explora***

*Ciencia a la mano* es una iniciativa que empezó en el Exploratorio del Parque Explora y pretende tener un impacto positivo en la institución Educativa Fe y Alegría del barrio Moravia de Medellín. Particularmente en este espacio, científicos de la ciudad acompañan y fortalecen procesos de investigación formativa en dicha institución. Biohacking Colombia lideró varias de estas actividades durante un semestre.

<https://www.youtube.com/watch?v=pjEb2tj1e5s&t=10s>

## **Maestros de biología y ciencias naturales de la Red de Maestros Amigos del Parque Explora (BioMAE)**

BioMAE es la red de maestros de áreas de biología que se reúnen en el Parque Explora para discutir acerca de pedagogía y metodologías para la enseñanza de la biología. Junto a ellos, se construyeron algunos equipos de laboratorio y se discutieron las metodologías DIY y nuestra propuesta *Biohacking Social* como estrategia para sortear y superar las dificultades en cuanto infraestructura educativa en nuestra región, mejorando así la calidad de los procesos educativos, fomentando el interés vocacional y emprendiendo estrategias de enseñanza sostenibles y participativas.

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/868519537477636096>

## **Participación en el MinkaLab**

Biohacking Colombia participó en el cuarto encuentro de MinkaLab, realizado en 2018. Este encuentro es una plataforma de empoderamiento de grupos minoritarios: pequeños productores, grupos indígenas y afrocolombianos. En este espacio, tres estudiantes que participan en el proyecto se encargaron de replicar las metodologías de educación en ciencia que se han generado en el marco del proyecto, realizando un encuentro entre saberes y ciencias.

<https://www.minkalab.org/menu-esp/festival-2018/>

<https://biohackingcolombia.wixsite.com/biohacking/blog/minkalab-2018-intercambio-intercultural-de-conocimiento-por-un-buen-vivir-de-todos-los-seres>

## ***Con-ciencia, Ciencia para la Paz***

Colombia está implementado el acuerdo de paz con la ex-guerrilla de las FARC, luego de acordar el cese del conflicto armado. Los autores de este manuscrito tuvieron la oportunidad de compartir con los excombatientes en uno de los Puntos de Transición y Normalización antes reintegrarse a la vida civil. Se desarrollaron actividades de ciencia y divulgación científica con esta comunidad, con el fin de mostrarles la ciencia como una alternativa en su futuro como civiles.

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/993507022934102018>

<https://twitter.com/BioHackingCol/status/993337940066652161>

## **Actividades de apropiación social del conocimiento**

Los proyectos liderados por Biohacking Colombia han sido mostrados en eventos internacionales como Jump Chile 2017, GOSH 2017, Residencias Ciudadanas MEDIALAB 2017 y Tecnox 3.0, logrando llegar a instancias definitivas y demostrando la calidad de nuestro proyecto.

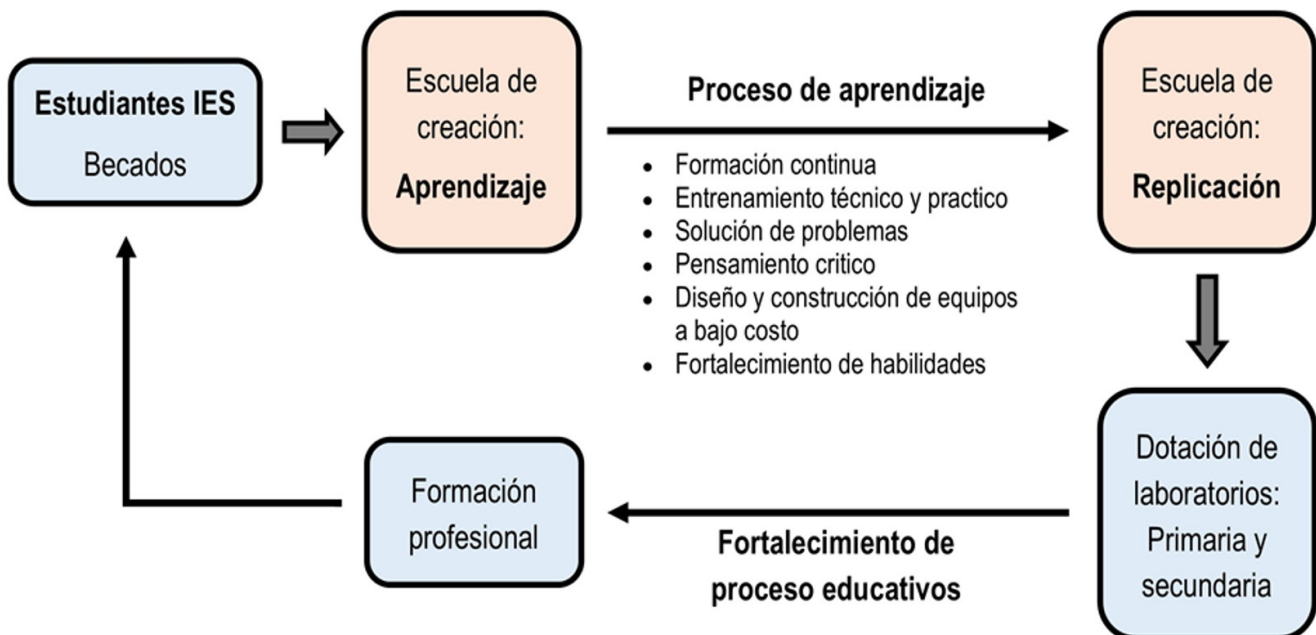
Las actividades de divulgación científica e intervención de comunidades pretenden acercar la ciencia a diferentes comunidades. Es una apuesta a futuro para mejorar la alfabetización científica de nuestras comunidades, lo que resulta fundamental, ya que las personas informadas toman mejores decisiones.

### ¿Cómo asegurar la aplicación del proyecto?

Una estrategia que aseguraría la implementación a escala del proyecto para la ciudad de Medellín bajo los cuatro principios mencionados se basaría en tres niveles de ejecución (Figura 2). El primero es la implementación de una *Escuela de creación: aprendizaje*, donde el grupo multidisciplinario de profesionales brinde capacitación en diseño y construcción de equipos de laboratorio, velando por la seguridad de los dispositivos y metodologías propuestas. En esta etapa se investigaría y se determinarían las necesidades de cada comunidad.

El segundo nivel es el proceso de formación. La participación ciudadana y de estudiantes de educación superior se aseguraría incluyendo jóvenes becados, que deberían cumplir con horas de labor social cada semestre para la condonación del estímulo económico. Este espacio favorecería la interacción del joven con su sociedad, generando una verdadera retribución social.

El tercer nivel son las *Escuelas de creación: replicación*, que serían los espacios para que los estudiantes de pregrado ya formados pudieran replicar su conocimiento. Este espacio es fundamental para asegurar la cobertura. Con la ayuda de los profesionales encargados del proyecto, se generarían espacios de replicación de manera sistemática. Esta estrategia pretende contribuir a mejorar la calidad de la educación, y la implementación de este modelo en diferentes instituciones educativas es uno de los principales objetivos trazados en nuestro grupo.



**Figura 2.** Modelo de flujo de trabajo para la implementación de metodologías DIY basadas en el Biohacking Social. IES: Instituciones de educación superior.

## DISCUSIÓN

[Gil Pérez et al. \(2004\)](#) establecen que la alfabetización científica ofrece a los ciudadanos un marco de análisis e interpretación de la realidad que les permite participar en la construcción de un mejor mundo, al tomar conciencia de los fenómenos sociales, ambientales, políticos y culturales. Esto, pues el pensamiento científico, fundamentado en el análisis de la información y la búsqueda de evidencias para construir argumentos, estimula la participación ciudadana y la comprensión de las realidades que enfrenta la humanidad.

A pesar de lo anterior, aún existe resistencia a los procesos de alfabetización científica tanto en la escolaridad como en la cotidianidad. Las comunidades que se han intervenido en general parecieran tener resistencia a comprender la ciencia y querer apropiarse de ella. En el desarrollo de este proyecto, se evidenciaron visiones deformadas de la ciencia ([Fernández et al., 2002](#)), probablemente relacionadas con el proceso de enseñanza de las ciencias, que muchas veces refleja un agotamiento colectivo generado por la ausencia de condiciones adecuadas para su aprendizaje.

Luego de entrevistar a varios participantes de las distintas actividades, fue común la sensación de impotencia para entender la ciencia. Sin embargo, la curiosidad y la posibilidad de participar de manera activa en talleres relacionados con ciencia, así como de interactuar con expertos en una dinámica horizontal, resultaron estimulantes para facilitar una actitud receptiva y propositiva.

En las distintas experiencias previamente descritas, el interés por la ciencia se mantuvo en las comunidades impactadas, desde la narrativa de los conceptos hasta el aprendizaje por descubrimiento. Esto facilitó la conexión entre los distintos públicos y la explicación y la comprensión de un fenómeno; fue ligarlos con experiencias cotidianas desde los cuestionamientos más comunes que se hacen las personas en relación con los aspectos históricos, teóricos y conceptuales vinculados a las problemáticas sociales y las necesidades de las comunidades. De esta manera, e implementando ejercicios simples, prácticos y cooperativos, se mostró la cercanía e importancia de la ciencia en la cotidianidad, reforzando el interés por la ciencia en los participantes.

El trabajo horizontal, cooperativo y con participación equitativa sin imposiciones, fortaleció modelos vocacionales en estudiantes de secundaria, luego de interactuar de una forma cercana e informal con estudiantes universitarios. En los estudiantes universitarios, se validó y reforzó el interés por comprender los conceptos científicos y su importancia en la vida profesional. Esto, gracias a la interacción con estudiantes de posgrado. Además, el acercamiento a las comunidades permitió a los estudiantes universitarios (de pregrado y posgrado) identificar problemas reales de sus entornos que ameritan ser resueltos, y los mantuvo conectados con la razón de ser del conocimiento, es decir, buscar la respuesta a una cuestión en el contexto particular de un campo de acción. Se hizo evidente la relación entre los procesos científicos y tecnológicos con el aspecto social de las comunidades.

El encuentro generacional y el favorecimiento de escenarios de discusión en torno a cuestionamientos cotidianos reveló que el argumento y la construcción de argumentos de manera consensuada tienen un efecto positivo sobre el interés en la ciencia, en educarse en ciencia e incluso en alfabetizarse o continuar con procesos científicos más avanzados ([Chion & Adúriz-Bravo, 2015](#)). Particularmente, se entiende la educación científica como la posibilidad de comprender la ciencia, y la alfabetización científica como la preparación para llevar a cabo procesos de investigación científica.

La diversidad de las comunidades con las que se interactuó en este proyecto permitió identificar que las preguntas son una constante en las personas, sin distinción de edad, género, creencia o condición socioeconómica. Todos los individuos quieren saber o explicar fenómenos cotidianos. Sin embargo, la

mayoría pierde interés al considerar las explicaciones de difícil acceso o comprensión, por su rigurosidad o por ser “asuntos de élites”. Las personas se conforman con los beneficios de la ciencia y la tecnología, dejando a un lado su comprensión y apropiación, siempre y cuando funcionen en la cotidianidad.

Desde ejercicios simples con argumentación científica, se abordó la cotidianidad, elevada también a los planos cultural, social y político. Por ejemplo, una práctica de extracción de ADN con una metodología DIY, además de aclarar conceptos, permitió generar escenarios de discusión relacionados con la identidad y las diferencias entre los seres humanos y otros organismos. Esto generó en las comunidades no solo un interés por tener conocimiento, sino que también las ayudó situarse críticamente ante el mismo. Cuando se logran estos espacios, se propician ejercicios argumentativos a favor o en contra de los temas en cuestión, así como la posibilidad de tomar postura sobre los mismos con base científica, optando, argumentando e interviniendo ([Hodson, 2003](#)).

Contrario a lo que manifiesta [Marco-Stiefel \(2004\)](#), en estas experiencias se encontró que las actividades didácticas y la selección de contenidos no están limitadas a las características de las comunidades –como la edad o las capacidades de las personas a las que se dirigen las propuestas didácticas. De hecho, se encontró más relevante realizar esfuerzos en las estrategias de comunicación y las dinámicas que facilitan la comprensión de cualquier contenido a cualquier individuo. Es decir, debe darse mayor importancia a establecer mecanismos y estrategias adecuadas para comunicar según las características sociodemográficas de la población.

La planeación de actividades de manera sistemática resulta ser válida y eficaz para el abordaje de la ciencia desde el *entender*, el *integrar* y el *intervenir* ([Marco-Stiefel, 2000, 2001, 2004](#)).

Las actividades con enfoque DIY, basadas en tecnologías libres y con una dinámica cooperativa, le permiten a las comunidades entender la ciencia en la cotidianidad y su aplicación en el marco de la acción ciudadana, así como asumir derechos y deberes en el contexto de una sociedad global e interconectada profundamente por la información. Para los distintos ejercicios realizados con las comunidades, se tocaron temas tan simples como el consumo o las compras, y se abordaron temas tan complejos como las políticas de género, el cambio climático y la paz. Dichas actividades permitieron espacios de cuestionamiento del actuar como componentes de la sociedad y para el beneficio de la misma.

Se ha podido evidenciar, entonces, que la educación y alfabetización científica, así como el ejercicio de la ciudadanía, están íntimamente ligadas entre sí, dado que los ciudadanos precisan adquirir unos hábitos de información y documentación para reconocerse y reconocer al otro y lo otro, identificar sus problemáticas y, finalmente, asumir sus deberes y derechos. Las personas mejor informadas son más activas y críticas, y además ejercen mejor su derecho a decidir y participar.

## CONCLUSIONES

Este trabajo documenta las experiencias de casi 2 años de trabajo voluntario interviniendo comunidades. También, muestra los espacios de divulgación científica y apropiación social del conocimiento, como resultado de la labor de Biohacking Colombia. Finalmente, este documento propone un modelo que pretende ser implementado y podría considerarse para la solución de problemáticas en educación u otras áreas. El trabajo en comunidades con nuevas estrategias de aprendizaje evidencia la posibilidad de plantear espacios con participación ciudadana que promuevan el fortalecimiento de la educación tradicional y acerquen la ciencia a jóvenes y adultos. Dichas estrategias se fundamentan en ejercicios de participación y en el intercambio horizontal de conocimiento para la búsqueda de soluciones a los problemas de las comunidades.

En nuestro contexto de ciudad, y probablemente a nivel de país, ya existen falencias en cuanto al impacto científico de nuestras investigaciones (van Noorden, 2014). A esto se le suma una problemática en cuanto a la interacción entre ciencia y sociedad: la necesidad de la divulgación científica. Muchos científicos no divulgan sus resultados a la comunidad, cayendo en el desconocimiento de su entorno y del contexto socioeconómico y demográfico en el cual se encuentran. Esto, a su vez, ha sido, en las comunidades y población en general, una causa del alejamiento y desconocimiento de la ciencia y la tecnología. Los espacios de divulgación, educación y alfabetización en ciencia que genera Biohacking Colombia buscan sensibilizar al académico sobre las situaciones y problemáticas del entorno en el que se encuentra, en aras de generar investigaciones y desarrollos tecnológicos para nuestras problemáticas y con un verdadero impacto económico y social.

Estos espacios tienen, como finalidad principal, acercar la ciencia a las comunidades a través de metodologías DIY, el uso de tecnologías libres, iniciativas *open-source* y los principios de lo que se podría denominar *biohacking social*. Todos estos esfuerzos están enfocados en la solución de problemas sociales, en aras de generar cambios importantes en la sociedad desde aspectos personales, comunitarios e institucionales. De hecho, el modelo de escuelas de creación podría hacer sostenible la solución de estos problemas, integrando los diferentes actores de la sociedad con una finalidad constructiva y de apropiación social.

La filosofía del *biohacking social* puede ser replicada en centros de educación y de encuentro ciudadano, como lo son las bibliotecas, museos u otros espacios de ciudad. La participación en proyectos de esta índole y la articulación con los procesos formativos son fundamentales para la formación y la construcción de sociedades interesadas por el otro y por las problemáticas generales de su entorno, desde un barrio hasta una comunidad global. Además, esta filosofía podría direccionar procesos de emprendimiento acordes a las necesidades propias, así como proyectos sostenibles en el tiempo, puesto que las iniciativas como la presentada en este documento no solamente forman en la proactividad del hacer, sino que también forman mejores ciudadanos.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó con el apoyo del Exploratorio del Parque Explora y el Museo de Ciencias Naturales de la Salle del ITM. Los autores agradecen al Laboratorio de Innovación Social del ITM por su financiación en el marco del proyecto COPIS 160675.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

**Juan-Felipe Zapata-Martínez:** conceptualización, análisis de datos, investigación, metodología, administración del proyecto, escritura- borrador original.

**Andrés Cardona-Echeverry:** conceptualización, análisis de datos, investigación, metodología, administración del proyecto, escritura- borrador original.

**Alejandra Posada-Ferez:** administración del proyecto, supervisión, escritura-revisión y edición.

## REFERENCIAS

Arias, M. (2017). Antioquia, con desafíos en calidad de la educación. *El Colombiano*. <http://www.elcolombiano.com/antioquia/antioquia-con-desafios-en-calidad-de-la-educacion-GF6502888>

- Caracol Radio (2017). *Antioquia tiene un déficit de 2 billones de pesos en infraestructura educativa*. [http://caracol.com.co/emisora/2017/02/25/medellin/1488029739\\_861403.html](http://caracol.com.co/emisora/2017/02/25/medellin/1488029739_861403.html)
- Chion, A. R., Adúriz-Bravo, A. (2015). La argumentación científica escolar. Contribuciones a una alfabetización de calidad. *Revista Pensamiento Americano*, 7(13), e235. <https://doi.org/10.21803/penamer.7.13.235>
- El Tiempo (2015a). Preocupante déficit de ingenieros en Colombia. *El Tiempo*. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16402298>
- El Tiempo (2015b). Se abrirá línea de crédito para 19.000 estudiantes de ingeniería. *El Tiempo*.
- El Tiempo (2016). Cada año más de 300.000 niños y adolescentes abandonan el colegio. *El Tiempo*. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16483261>
- Engeström, Y. (2010). Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156. <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Garbarino, J., Mason, C. E. (2016). The power of engaging citizen scientists for scientific progress. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 7-12. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1052>
- Gil Pérez, D., Solbes Matarredonda, J., Vilches Peña, A. (2004, julio). Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos. *Alambique*, 41, 89-98.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Kera, D. (2014). Innovation regimes based on collaborative and global tinkering: Synthetic biology and nanotechnology in the hackerspaces. *Technology in Society*, 37, 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2013.07.004>
- Landrain, T., Meyer, M., Perez, A. M., Sussan, R. (2013). Do-it-yourself biology: Challenges and promises for an open science and technology movement. *Systems and Synthetic Biology*, 7(3), 115-126. <https://doi.org/10.1007/s11693-013-9116-4>
- Marco-Stiefel, B. (2000). Alfabetización científica. En F. J. Perales Palacios & P. Cañal de León (Coord.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 143-164). Editorial Marfil.
- Marco-Stiefel, B. (2001). Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias. El estado de la cuestión. En P. Membiela (Coord.), *Enseñanza de las Ciencias desde la Perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación Científica para la Ciudadanía* (pp. 33-47). Madrid: Narcea.
- Marco-Stiefel, B. (2004). Scientific literacy: Building bridges between school science and forefront science. *Cultura y Educación*, 16(3), 273-287. <https://doi.org/10.1174/1135640042360906>
- Marín Agudelo, S. A. (2012). Apropiación social del conocimiento: una nueva dimensión de los archivos. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 35(1), 55-62
- Mesa, J. (2016). En Colombia publican artículos científicos que pocos citan. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/noticias/ciencia/colombia-publican-articulos-cientificos-pocos-citan-articulo-639115>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2017). *La educación transforma vidas*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002472/247234s.pdf>
- Pacheco, R. (2014). ¿Cómo educamos en Colombia? *Las 2 Orillas*. <https://www.las2orillas.co/como-educamos-en-colombia/>
- Phills, J., Deiglmeier, K., T. Miller, D. (2008). Rediscovering social innovation. *Stanford Social Innovation Reviews*, 6(4), 34-43.
- Programa de las Naciones unidas para el Desarrollo (PNUD) (2015). *ODS Colombia: herramientas de aproximación al contexto local*. <http://www.humanumcolombia.org/wp-content/uploads/2016/01/ODS-Colombia.compressed.pdf>

- Restrepo, P. P. (2017). Medellín ¿Hacia dónde vamos? *El Colombiano*. <http://www.elcolombiano.com/opinion/columnistas/medellin-hacia-donde-vamos-IK7185831>
- Rivera-Vargas, P., Sancho-Gil, J. M., Sánchez, J.-A. (2017). Los límites de la disrupción en el orden académico. La cultura DIY en la universidad. *Páginas de Educación*, 10(2), 127-142. <https://doi.org/10.22235/pe.v10i2.1428>
- Romero, J. (2018). Colombia, lejos de alcanzar la meta de inversión en ciencia. *El Tiempo*. <http://www.eltiempo.com/vida/ciencia/presupuesto-de-inversion-en-ciencia-de-colombia-207254>
- Seyfried, G., Pei, L., Schmidt, M. (2014). European do-it-yourself (DIY) biology: Beyond the hope, hype and horror. *Bioessays*, 36(6), 548-551. <https://doi.org/10.1002/bies.201300149>
- van Noorden, R. (2014). The impact gap: South America by the numbers. *Nature News*, 510(7504), 202. <https://doi.org/10.1038/510202a>

