

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

# Biohacking social una estrategia pedagógica para el fortalecimiento de la educación y la promoción de la alfabetización científica en Medellín, Colombia

Juan Felipe Zapata Martínez, Alejandra Posada-Ferez, Andres Cardona-Echeverry

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5621>

Enviado en: 2023-02-21

Postado en: 2023-03-10 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

# **Biohacking social una estrategia pedagógica para el fortalecimiento de la educación y la promoción de la alfabetización científica en Medellín, Colombia.**

## **Social Biohacking a pedagogical strategy for the strengthening of education and the promotion of scientific literacy in Medellín, Colombia.**

**Andrés H Cardona**

PhD Université Côte d'Azur, Niza, Francia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4273-9730>

**Alejandra Posada-Ferez**

Estudiante Planeación y Desarrollo Social, Colegio Mayor de Antioquia, Medellín, Colombia.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5428-7463>

**Juan Felipe Zapata Martínez**

Docente Corporación Universitaria Remington, Docente Universidad de Antioquia-UdeA, Medellín, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8782-945X>

### **ABSTRACT**

The impact that quality education and access to information have on the sustainable development of societies is undeniable. A strategy focused on improving the quality of education and the democratization of science is what could be called Social Biohacking. This work proposes a model of Schools of Creation, which integrates social actors with new technologies to solve their own problems, such as the one considered in this work; the deficiencies in the infrastructure of primary and secondary laboratories in countries like Colombia. Free software and "do it yourself" initiatives provide sustainable and replicable alternatives to intervene in problems, such as the lack of laboratory equipment, to guarantee a quality educational environment. Additionally, the experience of intervening communities in the city of Medellín through outreach and scientific literacy, as mechanisms for the democratization of science, is related. The interventions in different communities demonstrate the importance of bringing science closer to everyday life, and its relevance to promote the social appropriation of knowledge.

### **Keywords:**

Scientific Literacy, Scientific Dissemination, Biohacking, Education, Social Appropriation of Knowledge, Democratization of Science.

### **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 propios, 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 software libre y “hazlo tú mismo”, proveen alternativas sostenibles y replicables para intervenir problemas, como la falta de equipos de laboratorio, para garantizar un ambiente educativo de calidad. Adicionalmente, se relaciona la experiencia 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, y su relevancia para promover la apropiación social del conocimiento.

### **Palabras clave:**

Alfabetización Científica, Divulgación Científica, Biohacking, Educación, Apropiación Social del Conocimiento, Democratización de la Ciencia.

## **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 15 y 24 años (UNESCO, 2017).

Un estudio para Colombia del 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, se presenta una deserción cercana al 3.07%, que podría ser consecuencia de la pérdida de interés por las asignaturas académicas a medida aumenta el nivel escolar (El Tiempo, 2016), la proporción baja de colegios de alta calidad, y las falencias en la infraestructura educativa: como 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 cuenta un panorama poco alentador: un déficit creciente de ingenieros, nuestra producción científica solamente representa 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) y, además, solamente se invierte 0.67% del PIB para 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, Deiglmeier, & T. Miller, 2008), la ciencia ciudadana (Garbarino & Mason, 2016), y la apropiación social del conocimiento (Marín Agudelo, 2012), son vías de solución a estas problemáticas: por ejemplo, la implementación de estrategias “hazlo tú mismo” (en inglés “Do It Yourself”: DIY) (Rivera-Vargas, Sancho-Gil, & Sánchez, 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, Meyer, Perez, & Sussan, 2013), a través de la construcción de contenidos de apropiación social y “laboratorios comunitarios” (Landrain et al., 2013; Seyfried, Pei, & Schmidt,

2014). Si bien los grupos DIYbio tienen un contexto local (Seyfried et al., 2014), en América Latina por lo general, se enfocan hacia la descentralización de 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 e infraestructura educativa.

En el caso de la ciudad de Medellín, también se requiere el fortalecimiento de 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 incluidos 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 con el acceso, infraestructura y calidad de la educación, así como 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 a promover una educación de calidad y la alfabetización científica de nuestra sociedad.

## **METODOLOGÍA**

### **Descripción del proyecto**

Biohacking Colombia es un proyecto de investigación-acción que sigue la metodología “Expansive Learning” (Engeström, 2010), la cual inicia con el análisis de necesidades y culmina con el diseño, implementación y análisis de modelos piloto para responder a estas.

### **Análisis de necesidades**

La calidad de la educación y la vocación científica son algunos aspectos que intenta intervenir Biohacking Colombia. Inicialmente, se identificó que 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. La primera correspondió a estudiantes de secundaria de 5 instituciones educativas de Medellín (n = 331), y la segunda comprendió 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. Los estudiantes de universidades públicas se proponen como los actores sociales que serán formados y luego replicarán los conocimientos para resolver necesidades educativas en diferentes comunidades. El modelo se ejecuta 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 se realizó por profesionales en áreas de ingeniería biomédica, ingeniería física e ingeniería mecatrónica, usando plataformas abiertas, software libre y bajo los principios "Do it yourself". Los equipos fueron ensayados 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 generación de contenido multimedia y la intervención de comunidades. Específicamente, se diseñaron 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 comunidades rurales cercanas.

### **Análisis estadístico**

Los datos recolectados en las encuestas realizadas se analizaron en 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. Valores  $p < 0.01$  fueron considerados como

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, 209 mujeres). El 58.6% de los estudiantes encuestados manifestaron haber realizado muy pocas (12.1%) o no habían realizado actividades relacionadas con ciencia (46.5%), mientras que el restante 41.2% 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% logra interactuar con los laboratorios más de 7 veces en el año académico. Esto sigue siendo bajo, ya que en Colombia se estudia 40 semanas divididas en 4 periodos durante el año académico ( $p = 2.2e-16$ ,  $p < 0.0000001$ ).

Curiosamente, aunque 61.9% de los estudiantes manifiesta 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%), se encontró que 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 que representa una frecuencia inferior a una vez por periodo académico. Incluso 17.7% asegura no haber asistido. Por otro lado, 20.8% visitó el laboratorio hasta 6 veces al año y solamente una proporción de 21.5% 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, 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 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, donde se capacite para que los actores sociales repliquen en otras comunidades. El modelo se compone de las etapas de Formar, Articular, Investigar y Replicar.

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. Por ejemplo, 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, estudiantes de instituciones universitarias de carácter municipal son capacitados por profesionales y estudiantes de posgrado para diseñar y construir equipos básicos de laboratorio y las metodologías para su uso. En el contexto de esta problemática, las siguientes etapas se definirían como:

**Articular:** con la colaboración de entidades educativas y la voluntad política de instituciones gubernamentales y privadas, se facilitaría 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, este permite plantear soluciones innovadoras a problemáticas identificadas y 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 replicarían lo aprendido a maestros y estudiantes de secundaria para lograr sistemáticamente 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. Así mismo, 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 es las comunidades que intervienen, finalmente logrando 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 ha probado inicialmente 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, ingeniería biomédica y biológica, ingeniería mecatrónica, ingeniería física, ingeniería de sistemas, biotecnología, diseño, producción audiovisual, entre otros. El proyecto se ha desarrollado como un movimiento ciudadano en colaboración con el Exploratorio del Parque Explora de Medellín, así se intenta descentralizar la propuesta y garantizar el empoderamiento de los jóvenes como actores sociales de cambio.

En el caso de la problemática en infraestructura de laboratorios de colegios, se ha estandarizado la construcción de prototipos de bajo costo y libre acceso como; incubadora, estereoscopio, shaker orbital, biorreactor, cámara de electroforesis y transiluminador de luz azul. Los prototipos se construyeron con la financiación del Banco de Programas, Proyectos e Iniciativas de Innovación Social (COPIS) del ITM (proyecto: 160675). El diseño y construcción de estos equipos permite su reproducibilidad, una vez los estudiantes de pregrado aprenden a construirlos implementado tecnologías libres y metodologías DIY (Figura 1). De hecho, estudiantes han desarrollado prototipos de centrífugas 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.

### **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 nombró “Biohacking Ciencia Libre” y puede ser consultado en el link <https://www.youtube.com/playlist?list=PLMPn6lWDLctzOSNHP0Ab7EUSKCLJDjy>. Por otro lado, se ha implementado una serie de emisiones de radio virtuales con el fin de divulgar 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 redes las sociales de Facebook (<https://www.facebook.com/groups/1691114637824244/>), Instagram (<https://www.instagram.com/biohackingcolombia/>), Twitter (<https://twitter.com/BioHackingCol>). A continuación, se detallan las principales:

### **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), la construcción de estereoscopios de bajo costo. Estos talleres están enfocados 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 “café cacharrero” y “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 a niños y adultos mayores en la Biblioteca EPM de Fundación EPM**

En esta institución se desarrollaron actividades de manera voluntaria relacionadas con la química y la biología en la cotidianidad. Niños y adultos mayores comprenden 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 realizan varios proyectos encaminados a la investigación y la alfabetización científica. En este espacio se ejecutan investigaciones en biodiversidad, así como 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 realizan las actividades mencionadas anteriormente enfocadas en talleres para comprender los conceptos de la ciencia en la cotidianidad, en las comparas y para entender enfermedades.

<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, 12, y el corregimiento de San Cristóbal pertenecientes a 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 es 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>

Se han también llevado a cabo actividades (en acompañamiento del Exploratorio) con niños y jóvenes de San José de la Cima, un barrio de comunidades desplazadas por el conflicto armado que ha sido una realidad en el país. Allí lamentablemente se encuentran un alto número de niños desescolarizados. No obstante, 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 realización de shampoo 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 ejecutaron 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 llegan 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 de Medellín. Esta pretende impactar positivamente a la institución Educativa Fe y Alegría del barrio Moravia de esta misma ciudad. 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>

HYPERLINK

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

HYPERLINK

<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 de enseñanza de la biología. Junto a ellos construimos algunos equipos de laboratorio y discutimos las metodologías DIY y nuestra propuesta Biohacking Social como estrategia para sortear y superar las dificultades en cuanto infraestructura educativa en nuestra región y así mejorar la calidad de procesos educativos, fomentar el interés vocacional y emprender 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, el cual 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 terminar el conflicto armado. Los autores de este manuscrito tuvimos la oportunidad de compartir con los excombatientes en uno de los Puntos de Transición y Normalización antes del reintegro 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 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 siguiendo los cuatro principios, se basa en tres niveles de ejecución (Figura 2). El primero es la implementación de una “Escuela de creación: aprendizaje”, donde el grupo multidisciplinario de profesionales capacitarían en diseño y construcción de equipos de laboratorio asegurando la seguridad de los dispositivos y metodologías propuestas. En esta etapa se investiga y determinan 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 deben cumplir con horas de labor social cada semestre para la condonación del estímulo económico. Este espacio favorecerá 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 puedan replicar su conocimiento. Este espacio es fundamental para asegurar cobertura. Con la ayuda de los profesionales encargados del proyecto se generarán los espacios de replicación de manera sistemática. Esta estrategia pretende contribuir al objetivo de mejorar la calidad de la educación, la implementación de este modelo en diferentes instituciones educativas es uno de los principales objetivos trazados en nuestro grupo.

### **CONSIDERACIONES GENERALES Y DISCUSIÓN**

Gil Pérez, Solbes Matarredonda, & Vilches Peña (2004) establecen que la alfabetización científica ofrece a los ciudadanos un marco de análisis e interpretación de la realidad que les permitirá participar en la construcción de un mejor mundo, al permitirles tomar conciencia de los fenómenos sociales, ambientales, políticos, y culturales; puesto que 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 esta. En el desarrollo de este proyecto, evidenciamos visiones deformadas de la ciencia (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz, & Praia, 2002), las cuales relacionamos 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, la posibilidad de participar de manera activa en talleres relacionados con ciencia, y la posibilidad 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 con la explicación y 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, conectados con 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 gracias a la interacción con estudiantes de posgrado. Además, el acercamiento a las comunidades les permitió a los estudiantes universitarios (de pregrado y posgrado) identificar problemas reales de sus entornos que ameritan ser resueltos y los mantiene 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 consensada, tiene un efecto positivo sobre el interés por la ciencia, en educarse en ciencia y en algunos casos 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, nos permitió identificar que las preguntas son una constante en las personas, sin distinción de edad, género, creencia o condición socio económica. Todos los individuos quieren saber o explicar fenómenos cotidianos. Sin embargo, la mayoría pierde interés al considerar las explicaciones de difícil acceso, comprensión, rigurosidad o 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 al plano 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, las diferencias entre seres humanos y otros organismos; lo cual generó en las comunidades no sólo un interés por tener conocimiento, sino situarse críticamente ante este. Cuando se logra estos espacios, se propicia ejercicios argumentativos a favor o en contra de los temas en cuestión y la posibilidad de tomar postura sobre los mismos con base

científica, optar, argumentar e intervenir (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 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 facilitarán 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; Marco-Stiefel, 2001; Marco-Stiefel, 2004).

Las actividades con un 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, también 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 para el beneficio de esta.

Se ha podido evidenciar entonces, que la educación y alfabetización científica, así como el ejercicio de la ciudadanía están íntimamente ligadas, dado que los ciudadanos precisan adquirir unos hábitos de información y documentación para reconocerse, 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.

## **CONCLUSIÓN**

Las experiencias de casi 2 años trabajo voluntario interviniendo comunidades se documentan en este trabajo. También, se muestran los espacios de divulgación científica y apropiación social del conocimiento resultado de la labor de Biohacking Colombia. Finalmente, se 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 acercar la ciencia a jóvenes y adultos. Dichas estrategias se fundamentan en ejercicios de participación y el intercambio horizontal de conocimiento para búsqueda de soluciones a problemas propios de las comunidades.

En nuestro contexto de ciudad, y probablemente a nivel de país, ya contamos con falencias en cuanto al impacto científico de nuestras investigaciones (Van Noorden, 2014), a esto se le suma una problemática en cuanto a la interacción de 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, uno de los causales del alejamiento y desconocimiento de la ciencia y 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, para que se generen 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 se enfocan a la solución de problemas sociales que pretenden 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 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 construcción de sociedades interesadas por el otro y por las problemáticas generales de su entorno, desde un barrio hasta una comunidad global. También, podría direccionar procesos de emprendimiento acordes a las necesidades propias y proyectos sostenibles en el tiempo, puesto iniciativas como la presentada en este documento, no solamente forman en la pro-actividad del hacer, sino que también, forman mejores ciudadanos.

### **Authors' contribution statement**

\*Juan Felipe Zapata Martínez y Andrés H Cardona, Ambos autores contribuyeron equitativamente al desarrollo de este trabajo, en los aspectos de conceptualización, análisis de datos, investigación y metodología, administración del proyecto, escritura y redacción.

Alejandra Posada contribuyo en la administración del proyecto, supervisión, escritura de borrados y redacción.

### **Conflict of interest statement**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### **Research data availability statement**

The entire dataset supporting the results of this study was published in the article itself.

### **Agradecimientos**

Esta investigación se ha realizado 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.

### **Referencias**

Arias, M. (2017, mayo 11). Antioquia, con desafíos en calidad de la educación. Periódico El Colombiano. Recuperado a partir de

<http://www.elcolombiano.com/antioquia/antioquia-con-desafios-en-calidad-de-la-educacion-GF6502888>

Caracol Radio. (2017, febrero). Antioquia tiene un déficit de 2 billones de pesos en infraestructura educativa. Caracol Radio. Recuperado a partir de [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). <https://doi.org/10.21803/penamer.7.13.235>

El Tiempo. (2015a, octubre 13). Preocupante déficit de ingenieros en Colombia. Periódico El Tiempo. Recuperado a partir de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16402298>

El Tiempo. (2015b, noviembre 15). Se abrirá línea de crédito para 19.000 estudiantes de ingeniería. Periódico El Tiempo. Recuperado a partir de Se abrirá línea de crédito para 19.000 estudiantes de ingeniería

El Tiempo, C. E. E. (2016, enero 16). Cada año más de 300.000 niños y adolescentes abandonan el colegio. El Tiempo. Recuperado a partir de <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. *Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos.*, 41, 9-98.

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 *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 143-164) Alcoy, Alicante: Editorial Marfil

Marco-Stiefel, B. (2001). Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias. El estado de la cuestión. En *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 33-47). Madrid: Narcea. M

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. (2012). Apropiación social del conocimiento: Una nueva dimensión de los archivos. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 35(1), 55-62.

Mesa, J. (2016, junio 21). En Colombia publican artículos científicos que pocos citan. Periódico El Espectador. Recuperado a partir de <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*. Paris, Francia. Recuperado a partir de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002472/247234s.pdf>

Pacheco, R. (2014, noviembre 20). ¿Cómo educamos en Colombia? Las 2 Orillas. Recuperado a partir de <https://www.las2orillas.co/como-educamos-en-colombia/>

Phills, J., Deiglmeier, K., & T. Miller, D. (2008, enero 1). Rediscovering Social Innovation. *Stanford Social Innovation Reviews*, 6(4), 34-43.

PNUD, P. de las N. U. para el D. (2015). ODS Colombia: herramientas de aproximación al contexto local. Recuperado a partir de <http://www.humanumcolombia.org/wp-content/uploads/2016/01/ODS-Colombia.compressed.pdf>

Restrepo, P. P. (2017, agosto 28). Medellín ¿Hacia dónde vamos? *El Colombiano*. Recuperado a partir de <http://www.elcolombiano.com/opinion/columnistas/medellin-hacia-donde-vamos-1K7185831>

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>

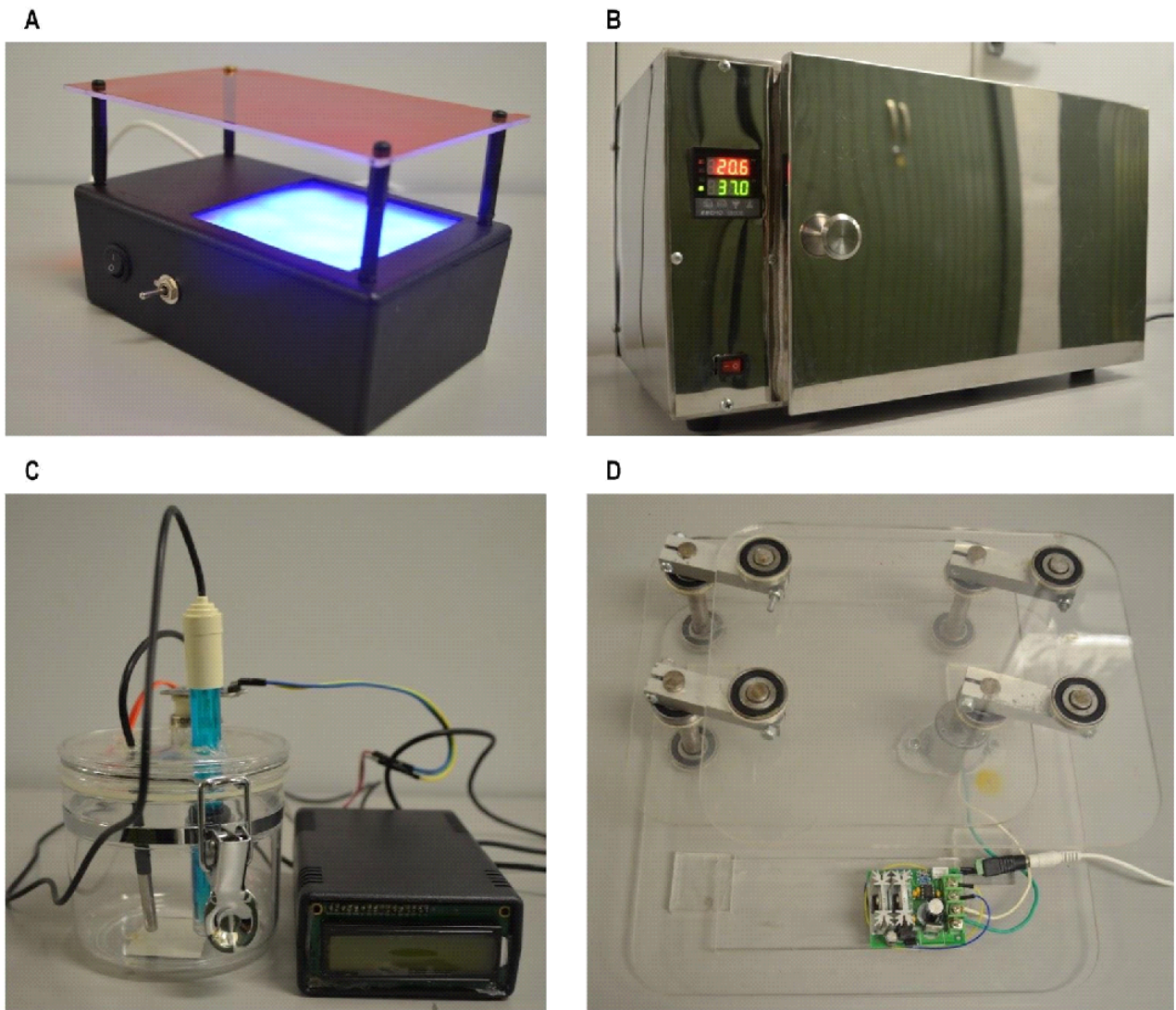
Romero, J. (2018, abril 19). Colombia, lejos de alcanzar la meta de inversión en ciencia. *El Tiempo*. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/vida/ciencia/presupuesto-de-inversion-en-ciencia-de-colombia-207254>

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>

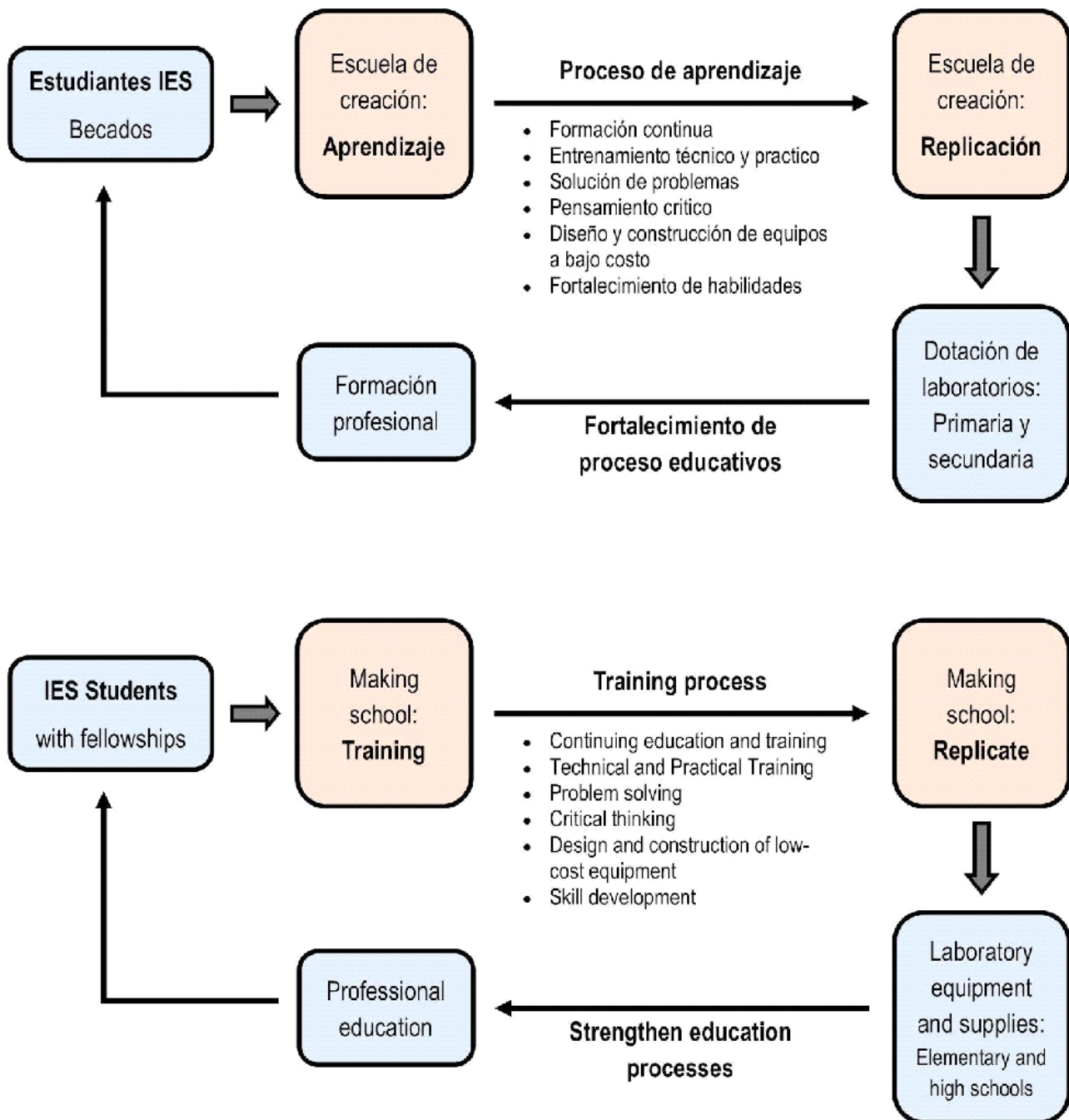
**Figura 1.**





**Figura 1. Prototipos de equipos de laboratorio.** Se muestran fotografías representativas de los equipos de laboratorio que han sido contruidos 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).

**Figura 2.**



**Figura 2. Modelo de flujo de trabajo para la implementación de metodologías DIY basadas en el Biohacking Social, que tienen como finalidad mejorar la calidad de la educación a través de la apropiación social del conocimiento. Panel superior: versión en castellano. Panel Inferior: versión en inglés. IES: Instituciones de educación superior.**

This preprint was submitted under the following conditions:

- The authors declare that they are aware that they are solely responsible for the content of the preprint and that the deposit in SciELO Preprints does not mean any commitment on the part of SciELO, except its preservation and dissemination.
- The authors declare that the necessary Terms of Free and Informed Consent of participants or patients in the research were obtained and are described in the manuscript, when applicable.
- The authors declare that the preparation of the manuscript followed the ethical norms of scientific communication.
- The authors declare that the data, applications, and other content underlying the manuscript are referenced.
- The deposited manuscript is in PDF format.
- The authors declare that the research that originated the manuscript followed good ethical practices and that the necessary approvals from research ethics committees, when applicable, are described in the manuscript.
- The authors declare that once a manuscript is posted on the SciELO Preprints server, it can only be taken down on request to the SciELO Preprints server Editorial Secretariat, who will post a retraction notice in its place.
- The authors agree that the approved manuscript will be made available under a [Creative Commons CC-BY](#) license.
- The submitting author declares that the contributions of all authors and conflict of interest statement are included explicitly and in specific sections of the manuscript.
- The authors declare that the manuscript was not deposited and/or previously made available on another preprint server or published by a journal.
- If the manuscript is being reviewed or being prepared for publishing but not yet published by a journal, the authors declare that they have received authorization from the journal to make this deposit.
- The submitting author declares that all authors of the manuscript agree with the submission to SciELO Preprints.