



El camino hacia una nueva revolución industrial

El movimiento háglo tu mismo (o “do it yourself”) iniciado en la década de los cincuenta ahora aplicado a la tecnología útil en investigación biomédica tiene gran potencial para desarrollar proyectos interdisciplinarios; más aún, en países en desarrollo. Algunos ejemplos ilustran cómo se implementa el diseño de equipos o accesorios hechos en casa usando métodos basados en la plataforma Arduino e impresión en tres dimensiones. Se incluye una opinión de las causas por las que aún no se populariza la práctica del háglo tu mismo en la investigación tradicional en nuestro país.

El movimiento “háglo tu mismo”

El ser humano ha hecho uso de sus capacidades para construir accesorios para el hogar o reparar alguna falla de los equipos domésticos, lo cual sin duda es meritorio. Pero en esta ocasión queremos llamar su atención hacia un movimiento que es en sí una herramienta valiosa y muy poderosa para los que trabajamos en ciencia, más aún si lo ponemos en práctica en un país “en vías de desarrollo”. Nos referimos al llamado movimiento “háglo tu mismo” (o “do it yourself”, abreviado DIY) que se originara desde la década de los cincuenta, pero que en sus versiones aplicadas a la informática hacia los ochenta y noventa, representada por el visionario Steve Jobs y sus amigos, nos provee de un mundo inimaginable de posibilidades más allá de la fabricación casera de equipos relativamente sencillos.

El movimiento DIY ha evolucionado en lo que hace cerca de diez años se llamó la cultura de los hacedores (o makers) caracterizada por difundir sus ideas y creaciones en ferias por todo el mundo (Badillo, 2014). Destaca que en los grupos DIY interesados en biología (o bio-hackers, como los llaman algunos), iniciados en los noventa y de manera formal en 2008 en los Estados Unidos, es común que participen tanto aficionados como personas con preparación profesional en ciencias y artes. En general, los grupos DIY son interdisciplinarios, no persiguen fines de lucro,

diseñan y utilizan herramientas y equipos costo-efectivos, buscan la innovación de la ciencia de forma y acceso abiertos, buscan la democratización y el auto-empoderamiento, lo que los distingue de la investigación tradicional (Seyfried y col., 2014). La democratización se entiende en un sentido amplio pues abarca distintas perspectivas; la espacial (practican la biología en sus casas), la técnica (los equipos se rediseñan haciéndolos accesibles), la social (incluye personas de distintos bagajes socio-culturales) y la económica (no se requieren membresías y se busca disminuir costos de equipamiento) (Meyer, 2014). Existen diferencias regionales entre los grupos DIY de Europa y de Norteamérica relacionadas con las legislaciones locales y los puntos de vista en torno al bioterrorismo, y es muy interesante que en Europa es común la inclusión de artistas y diseñadores (Seyfried y col., 2014). En nuestro país, las primeras ferias de hacedores se realizaron en 2014 en Oaxaca y en la Ciudad de México. No obstante los buenos propósitos de quienes comparten este movimiento, algunos críticos del mismo señalan que por las habilidades necesarias para ser un hacedor, en sí mismo el movimiento excluye a muchas personas. Hoy en día cada vez más personas tienen acceso a herramientas tales como el Arduino (microprocesador de acceso abierto) que por encontrarse disponible libremente ha tenido gran aceptación y por supuesto que mientras más se comunique, más adeptos se unirán al movimiento.

La evolución tecnológica acelerada de la cual somos testigos cuando un dispositivo electrónico sustituye a otro y cuando cada vez más recursos de comunicación global se encuentran a nuestro alcance, han traído consigo una verdadera revolución tanto a nivel tecnológico como a nivel conceptual. En el contexto de la ciencia en nuestro país de la cual hemos escrito previamente (Delgado-Coello, 2015), mucho se habla de la falta de vinculación entre las universidades y las empresas públicas y privadas pero la falta de comunicación entre las distintas especialidades de los universitarios es aún más grave. ¿Por qué? Porque en numerosas ocasiones no sabemos la especialidad del vecino y mucho menos, cómo se conectan sus habilidades con las propias y eso genera un gran vacío y merma el potencial para lograr proyectos interdisciplinarios conjuntos.

Cuando la comunicación entre distintas disciplinas ocurre, se generan grandes proyectos en los que México se destaca; entre otros, figuran los concursos frecuentes de robótica en que nuestro país es muy bien representado por jóvenes en distintas partes del mundo. En los Estados Unidos, un grupo de chicos preparatorianos inmigrantes nacidos en México obtuvieron el primer lugar en la competencia anual de robótica 2004, superando a estudiantes de nivel licenciatura del Instituto Tecnológico de Massachusetts con una beca de diez mil dólares. Es del dominio público que el mexicano es por naturaleza creativo —o “ingenioso”, dirían algunos— y esto ha quedado demostrado en innumerables ocasiones. Estas capacidades pueden aplicarse en el campo de las ciencias donde en países como el nuestro la adquisición de equipo no es sólo costosa, sino hasta complicada.

En este artículo expondremos algunos ejemplos de cómo se aplica el *házlo tu mismo* a la tecnología que ayuda a las ciencias experimentales biomédicas. También intentaremos hacer un análisis de por qué si somos tan creativos, la práctica del *házlo tu mismo* no se ha generalizado en nuestro país.

Dispositivos para el laboratorio “hechos en casa”

Los proyectos de fabricación en casa han sido posibles gracias a la disponibilidad de micro-controladores de acceso abierto y frecuentemente gratuito que implica que se cuenta no sólo con programas (*software*) sino con dispositivos físicos (*hardware*) en forma de impresoras en tres dimensiones o 3D. Merece una mención especial la plataforma conocida como Arduino que se ha constituido en un aliado fundamental en la fabricación de equipo científico de acceso abierto. Arduino es el nombre de un bar en Ivrea, Italia, donde un grupo de cinco jóvenes se reunían y colaboraron para iniciar el proyecto en el año 2005. Los Arduinos son una familia de tarjetas micro-controladores, basados en los procesadores ATmega de la compañía Atmel, los cuales tienen salidas digitales, entradas analógicas y digitales. Esto permite, mediante la programación del microprocesador (*firmware*), integrar la información proveniente de sensores digitales y analógicos (haciendo una conversión analógica a digital). Posteriormente, permite

tomar una decisión con base a reglas que se programan y ejecutan mediante el control de efectores como pueden ser resistencias eléctricas para calentar, motores para mover partes, pantallas (displays) para mantener informado al usuario, entre otras.

Las ventajas principales del DIY son la posibilidad de atender demandas personalizadas y, por tanto, tomar el control del equipo del laboratorio (Pearce, 2013). Por consiguiente pueden optimizarse costos y tiempos necesarios para resolver una problemática específica, lo cual en ciencia siempre se agradece. Debemos resaltar que es posible el reciclaje de piezas o accesorios para la creación de equipos de fabricación casera, que puede resultar en un beneficio adicional pues se reduce el desecho masivo de equipos en desuso (México es el tercer país que desecha más basura electrónica, después de Estados Unidos y Canadá).

Por supuesto que el diseñar un dispositivo por nuestros propios medios responde a necesidades específicas

que ocurren en nuestro ambiente de trabajo, en nuestro caso, el laboratorio. Cabe comentar que en ocasiones los dispositivos pueden no requerir de automatización, como podría ser el caso de biorreactores que pueden resolver problemas de escalamiento cuando se requieren cultivos bacterianos en grandes volúmenes y que comercialmente se encuentran disponibles, pero en general son costosos. Los dispositivos DIY pueden resolver pequeños-grandes problemas como el “perder” un vial con muestras biológicas, o una caja llena de éstos, dentro de un tanque de nitrógeno líquido con temperaturas cercanas a los $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ para lo que se requiere usar materiales que resistan estas temperaturas (Mehta y col., 2012).

Otros equipos basados en tecnologías ya conocidas y cuyas patentes ya han vencido pueden dar lugar a termocicladores (equipos que realizan ciclos automatizados a distintas temperaturas) para realizar reacciones en cadena de la polimerasa conocidos como “OpenPCR”. Otros grupos como el de Pat Brown de la Universidad de Stanford, han diseñado microarreglos para detección de secuencias de ADN cuyas instrucciones se encuentran disponibles en Internet (ver referencia).

Una de las aplicaciones biomédicas relevantes que utilizan dispositivos DIY puede resolver el problema de contar con sensores de larga vida y renovables en las tiras reactivas de alto costo que se utilizan para el



Accesorios impresos en 3D. Izquierda: accesorios acoplados a un microscopio, micromanipulador automático controlado con un microcontrolador Arduino (en verde), porta micropipetas (holder), cámara de registro para mantener rebanadas de tejido cerebral para su registro electrofisiológico y cerca de los objetivos un accesorio perfusor (en naranja). Derecha: en amarillo se muestra micromanipulador manual que permite desplazamientos muy finos; en verde un holder para sostener micropipetas para hacer registros intracelulares; y en naranja, una válvula de aguja para gas y un cople para manguera tifón. (Diseños de Jorge Bravo Martínez).

monitoreo de los niveles de glucosa en casa. Teniendo en cuenta que la diabetes es un problema de salud a nivel mundial, el hecho de usar estos equipos de detección con gastos de por vida para los pacientes, obstaculiza el adecuado control de la enfermedad. Recientemente un grupo de la Universidad de California describió una pluma que utiliza una tinta enzimática biocompatible, altamente estable y con buena conductividad eléctrica, con la cual es posible el trazo de 500 sitios capaces de detectar la reacción enzimática que mide los niveles de glucosa en un mismo sensor (Bandodkar y col., 2015). Es decir, esta tinta se aplica a cualquier material y el usuario puede producir sus propias tiras reactivas en el lugar y en el momento que lo necesite.

De las aplicaciones que crean más expectativa por su aplicación en el campo de la medicina regenerativa e ingeniería de tejidos, es la bioimpresión en tres dimensiones en la que se hace uso de materiales biocompatibles. Con esta tecnología, entre 2012 y 2015 se han logrado réplicas de tráquea, vejiga, una mandíbula en 3D implantada en una mujer de 83 años, huesos de cadera, y parte de un cráneo, vértebras y hasta la mandíbula de una tortuga. Recientemente un equipo interdisciplinario de la Universidad de Carnegie Mellon logró mediante un ingenioso sistema de impresión 3D (nótese, usando *software* y *hardware* de fuentes abiertas) dentro de un soporte de polisacáridos (hidrogel) que sostiene la estructura en impresión, fabricar réplicas bastante exactas de un fémur de 3.5 cm, un árbol de arteria coronaria, un corazón de embrión de pollo de cinco días, y un minicerebro humano (Hinton y col., 2015). El mérito de este trabajo es, en concreto, que resuelve la impresión de estructuras muy complejas como son ramificaciones de arterias, o las circunvoluciones del cerebro con un soporte externo que después puede removerse y lograr mantener células vivas en algunas de estas estructuras. Por supuesto debe quedar claro que no es posible imprimir órganos tan complejos como el cerebro o el hígado que sean funcionales. En este último caso, se ha logrado la impresión en 3D de estructuras tridimensionales llamadas esferoides que se autoensamblan y en las que se pueden sembrar distintos tipos celulares que en conjunto simulan la estructura del tejido hepático.

● **Cómo promover la cultura del háglo tu mismo en nuestro país**

El concepto del háglo tu mismo está íntimamente ligado a la curiosidad y la creatividad que deben motivarse desde edades tempranas ya que siempre darán lugar a buenas propuestas y solución a infinidad de problemas. Es recomendable impulsar y supervisar que los niños(as) desarmen sus juguetes o algún electrodoméstico porque esa curiosidad les permitirá entender cómo funcionan las cosas e ir más allá.

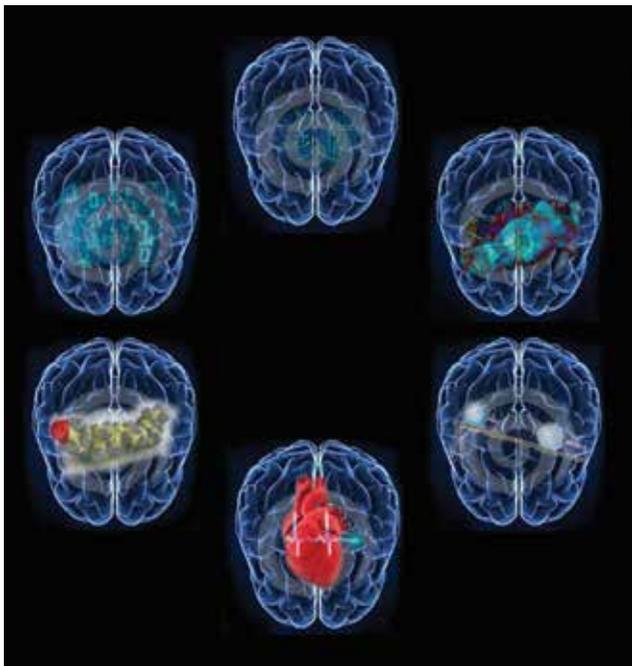


Permitamos que los niños indaguen y experimenten porque indudablemente serán seres más creativos y críticos.

En el ambiente laboral de los científicos la aún incipiente popularidad del movimiento que nos ocupa es posible que tenga que ver con una mala comunicación, o una ausencia total de ella. Es difícil que una sola persona o grupo de personas especializadas en un tema posean todas las habilidades para desarrollar proyectos en casa, por lo que es fundamental promover encuentros entre profesionales de las distintas disciplinas; por ejemplo, ingenieros biomédicos, ingenieros electrónicos e informáticos, con médicos, biólogos e ingenieros bioquímicos. En nuestra experiencia hemos observado que en el laboratorio cuando se presenta una necesidad específica, pocas veces se recurre a intentar construir algo en casa, pero mucho menos, recurrir a alguien que tal vez contribuya a resolver el problema. Por su parte, los especialistas que pueden diseñar equipos, no tienen conocimiento de qué tipo de problemas pueden ayudar

a resolver por lo que se completa un círculo de ignorancia, que es sumamente dañino para el progreso de la ciencia.

Un obstáculo más que pudiera estar subyacente a los ya mencionados, es posiblemente cierta desconfianza que nos impide exponer una idea; o protagonismos que se traducen en un “lucro académico”, lo cual claramente se contrapone a la filosofía del háglo tu mismo pensada para un bien común, para ser abierta, interdisciplinaria e incluyente, por lo que debemos trabajar para que estos prejuicios sean erradicados. Asimismo, es necesario comentar que la tradición indica que si inventas algo hay que patentarlo. En este caso habría que recomendar que a pesar de que un registro acredite una invención, pueda hacerse disponible para aquellos que sin el propósito final o único de lucro quieran usar la tecnología. Un buen ejemplo de este caso es Arduino, que está debidamente patentado pero está accesible con grandes beneficios, incluyendo los de tipo comercial. Es decir, esta plataforma es de acceso libre aun cuando el producto final sí se comercialice; por ejemplo, la plataforma puede usarse en la industria del automóvil para automatizar otras funciones de los vehículos.



La combinación de distintos talentos y especialidades permite el trabajo interdisciplinario que es el fundamento de la filosofía del háglo tu mismo.

Un factor adicional que pudiera resultar en contra de proyectos DIY es el temor de que puedan construirse artefactos peligrosos o nocivos. Este temor que asalta a los mismos simpatizantes del movimiento los ha llevado a generar su propio código de ética cuya primera versión se propuso en el año 2011 durante el primer Congreso Internacional de la Comunidad DIY. Dicho código incluye la transparencia, promueve las prácticas seguras, el acceso abierto, la educación, la modestia; sentido de comunidad, propósitos pacíficos, respeto a los humanos y a todo ser viviente, responsabilidad y rendición de cuentas. ¿Es este código distinto del que debe aplicarse en la ciencia formal? Creemos que no. Esta base ética mínima debe prevalecer para cualquiera que se dedica a la ciencia de manera profesional o como una afición, por lo que la práctica de ambas es perfectamente compatible.

Conclusiones

Los autores queremos enfatizar que las virtudes del háglo tu mismo pueden ser aplicables a la tecnología que se usa en la ciencia llamada formal y no debe confundirse con el intento de improvisar o hacer ciencia de cochera pues, como ya hemos explicado, se requieren conocimientos amplios y profundos para desarrollar tecnologías accesibles para validar rigurosamente nuestras hipótesis científicas.

El potencial del movimiento háglo tu mismo aplicado eventualmente a las ciencias nos depara aplicaciones e impactos aún inimaginables. Algunos visualizan una transición en curso de una magnitud equiparable a la de una revolución industrial, la quinta de ellas, marcada por enormes avances en nanotecnología e impresión en 3D que harán posible la producción en masa de productos únicos de acuerdo a criterios personales específicos.

Así, en nuestro contexto inmediato el mensaje es claro: debemos aprender a conjugar anteponiendo el pronombre “nosotros”, por el bien de nuestra ciencia.

Blanca A. Delgado Coello es bióloga y M. en C. (Biología Celular) por la Facultad de Ciencias de la UNAM y Diplomada en Ciencias Genómicas (UACM). En el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM estudia la expresión y regulación de las ATPasas de calcio de membrana plasmática en distintos tejidos y estados fisiológicos a través de enfoques interdisciplinarios. La divulgación de la ciencia es también de su interés, por lo cual ha publicado varios artículos y un capítulo del libro "Consejo a los jóvenes con vocación científica" (2ª edición, 2015).

bdelgado@ifc.unam.mx

Jorge Bravo Martínez es Médico Cirujano por la Facultad de Medicina de la UNAM y doctor en Ciencias Biomédicas por el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM. Profesor de tiempo completo del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina. Su especialidad comprende el estudio de las bases de la epileptogénesis en modelos animales y como parte de las necesidades en un laboratorio de electrofisiología. Conoce algunos lenguajes de programación (Lenguaje C y Arduino) y bases de electrónica que le han permitido diseñar algunos accesorios y equipos, usando partes impresas en 3D que se encuentran en proceso de patente.

jbravo4@mac.com

Lecturas recomendadas

- Badillo, D. (2015), "Cultura maker. Hazlo tú mismo (y compártelo)", *Reportaje en Crónica Ambiental* 7:20-27.
- Bandodkar, A. J., J. Wenzhao, J. Ramírez y J. Wang (2015), Biocompatible enzymatic roller pens for direct writing of biocatalytic materials: "do-it-yourself" electrochemical materials, *Advanced Healthcare Materials* 4:1215-1224.
- Delgado-Coello, B. A. (2015), "Principios y alcances de la ciencia básica", *Ciencia* 66:67-71.
- Hinton, T. J., Q. Jallerat, R. N., Palchesko, et al. (2015), "Three-dimensional printing of complex biological structures by freeform reversible embedding of suspended hydrogels", *Science Advances* 1:e1500758.
- Landrain, T., M. Morgan, A. M. Perez y S. Remi. (2013), "Do-it-yourself biology: challenges and promises for an open science and technology movement". *Systems and Synthetic Biology*, 7:115-126.
- Marsh, P. (2013), *The new industrial revolution, consumers, globalization and the end of mass production*, USA, Yale University Press.
- Mehta, R., A. Baranova y A. Birendinc (2012), "Do-it-yourself device for recovery of cryopreserved samples accidentally dropped into cryogenic storage tanks", *Journal of Visualized Experiments* 63:e3903.
- Meyer, M. (2014). "Hacking life? The politics and poetics of DIY Biology", *Workshop on Research Agendas in the Societal Aspects of Synthetic Biology*, Tempe, Arizona, 2014.
- Pearce J. (2014), *Open source lab. How to build your own hardware and reduce research costs*, USA, Elsevier, Inc.
- Seyfried, G., L. Pei y M. Schmidt (2014), "European do-it-yourself (DIY) biology: beyond the hop, hype and horror", *Bioessays* 36:548-551.

Sitios WEB

The Brown Lab's complete guide to microarraying for the molecular biologist en <http://cmgm.stanford.edu/pbrown/mguide>

Código de Ética de la Universidad Autónoma de México en Gaceta UNAM No. 4709 del 30 julio de 2015 en <http://acervo.gaceta.unam.mx/>