

# DIYbio. Els *biohackers*: una nova manera de fer créixer la biotecnologia

Núria Conde Pueyo, Daniel Grajales, Esteban Gimenez i Alvaro Jansà

**Do-It-Yourself Biologist (DIYbio) és una branca del moviment de la ciència oberta que fomenta l'intercanvi obert de materials, dades i publicacions, i té el seu origen en l'auge viscut la dècada del 2000 per l'electrònica de codi obert i els tallers oberts. DIYbio ha recollit l'impuls i l'estigma d'aquest camp de manera que ha estat de manera alternativa tant promocionat com denunciat, ara com la solució als mals de la societat, ara com un viver de bioterrorisme. Centenars de *biohackers* duen a terme experiments en laboratoris de biologia instal·lats en garatges sense control, i això hauria d'obrir novament la discussió sobre la relació entre la societat i la ciència.**

## Introducció

Durant segles, van ser els erudits de l'aristocràcia els qui investigaven, ja que disposaven dels recursos econòmics per adquirir les eines i materials necessaris. Els coneixements que van generar-se han constituït les bases de moltes de les disciplines científiques actuals. Cal recordar que, llavors, els experiments es feien en cuines, tallers o laboratoris casolans i no ha estat fins més recentment que la ciència ha passat a dur-se a terme en les universitats, empreses i grans parcs de recerca. Aquestes noves corporacions han permès compartir maquinària i recursos econòmics. Però, paradoxalment, també han burocratitzat i encasellat el procés científic, i a més la innovació tecnològica en les indústries biomèdiques i biotecnològiques ha sofert un endarreriment causat per un mal ús del sistema actual de patents.

Aquests problemes han estat la motivació per la qual han aparegut iniciatives per fer experiments DIY (*do-it-yourself*) fora dels centres de recerca i la indústria. Així doncs, DIYbio és una xarxa internacional d'individus, d'arreu del món, que té com a objectiu fer la biologia accessible per al públic en general (de la mateixa manera que ja s'ha fet per al programari o l'electrònica). Molts dels membres del movi-

ment s'autodenominen *biohackers*. En el sentit original, un *hacker* tracta d'entendre un sistema tancat (ordinador, termociclador, bacteri...), tot separant-ne les parts, i d'aquesta manera pot reacoblar-les d'una manera nova i millorada. La majoria d'aquests *biohackers* fan aquestes tasques com a afició, fora dels llocs de feina o institucions públiques. De fet, molts treballen en entorns relacionats amb la recerca o la indústria. Els projectes duts a terme són oberts, amb l'objectiu que tothom sigui capaç de replicar-los i millorar-los.

Tot i que, en un principi, pugui ser alarmant que tothom pugui accedir a l'experimentació biològica «sense regulació», el moviment DIYbio té a disposició totes les normes de bioseguretat, a més d'un codi ètic en constant revisió. Així, el moviment DIYbio revisa la noció que hom ha d'estar dins l'acadèmia i usar elevats coneixements tècnics per poder fer una contribució significativa dins les ciències biològiques.

## Orígens i definició

El confinament de la ciència és una qüestió de poder i autoritat més que una qüestió de preservar la veritat. Camps com l'astronomia o la història natural han tingut una llarga tradició d'amateurs fent treball de camp. En els segles XVII i XVIII el lloc de residència i el lloc d'investigació eren el mateix. Tot i així, a finals del segle XIX, durant el desenvolupament dels laboratoris de biologia, els amateurs van continuar col·laborant activament. En el camp de la medicina les associacions de pacients han estat implicades en la recerca durant dècades. Així doncs, el moviment *do-it-yourself* (DIY) es pot entendre com un retorn a les arrels.

Evocant la història dels *hackers* informàtics dels anys setanta i vuitanta, els pioners del DIYbio van entreveure un futur en el qual la revolució següent en biologia ocorria als garatges. El 2005 Rob Carlson, un dels *biohackers* fundadors del moviment DIYbio, destapava les seves intencions en un article a la revista *Wired*: «Qui hi vol participar?». Aquell mateix any, es contestava la pregunta muntant un laboratori al seu garatge. Un dels seus socis,

Cowell (un programador web de Cambridge, Massachusetts) va organitzar la primera trobada DIYbio, en un pub irlandès just al cantó del MIT. A aquella crida van assistir-hi vint-i-cinc persones, i dos anys més tard ja tenien dos mil subscriptors. El 2008, a Boston, van fundar la primera associació formal dedicada a la biologia DIY amb la missió de construir equipament assequible, fer projectes científics alternatius i proporcionar un accés obert al coneixement. Aquesta combinació de construcció de maquinària i modificació dels protocols de laboratori és la base del moviment DIYbio.

En resum, les característiques principals que defineixen el moviment DIYbio són:

- L'accés obert a la gent, a diferència dels laboratoris tradicionals; aquests espais permeten la participació, independentment de la formació acadèmica. Es fomenta la interdisciplinarietat, no sols entre camps purament científics, sinó entre diferents col·lectius (artistes, dissenyadors, mestres...). Amb tot, s'ha de reconèixer que en la pràctica, les associacions estan impulsades per un nucli liderat per professionals: biòlegs o enginyers electrònics.
- La revisió dels protocols de laboratori per reduir el cost (a vegades fins a deu o cent còps menys), reduir o simplificar els passos a fer i promoure l'ús de components que siguin de fàcil accés (idealment que es vinguin als supermercats).
- El redisseny de les màquines més habituals d'un laboratori, tot fent-les més barates, més senzilles i compartint el disseny de manera oberta per tal que tothom pugui accedir-hi i millorar-lo. La maquinària *biohacker* no es considera mai acabada, sinó un prototip en permanent evolució (vegeu la taula 1).
- El focus en l'educació a través de tallers, xerrades i activitats sobre biologia, química, biotecnologia, electrònica...
- La pràctica de la filosofia de codi obert compartint el coneixement per mitjà de diferents dispositius: pàgines web, blogs, *wikis*, fòrums, vídeos..., que constitueix així una alternativa sòlida a la «biologia establerta de les institucions».

# DIYbio. Els *biohackers*: una nova manera de fer créixer la biotecnologia

El moviment DIYbio transforma els ciutadans en agents actius «creadors de ciència» i aquesta és la diferència principal amb la recerca convencional d'avui dia. Parlant, de manera general, els biòlegs amateurs són sovint molt creatius i tendeixen a pensar sense condicionaments previs. Això fa que la democratització de la ciència sigui una font d'idees fresques que ajuden a millorar els instruments del laboratori, a descobrir noves aplicacions per a la biotecnologia i sobretot a posar de manifest les fissures i nínxols socials inexplorats. És quan la ciència retorna al poble que s'enfronta als desafiaments quotidians que presenten les circumstàncies socials, econòmiques, culturals i polítiques. No oblidem que alguns dels projectes no busquen un resultat tecnològic, sinó que són propostes artístiques, d'educació i divulgació amb l'objectiu de tenir impacte social.

Es pot dir que la «recerca DIYbio» inclou temàtiques tan variades com: seguretat alimentària, producció energètica neta i barata, millora de la tecnologia per a l'agricultura, la bioconstrucció, la indústria biotèxtil, la biotecnologia per produir substàncies bioquímiques o l'autodiagnosi mèdica. Per a tals efectes, si cal, s'usa l'enginyeria genètica o l'anàlisi de dades genètiques. Sense oblidar que molts dels projectes no busquen un resultat tecnològic sinó que són propostes artístiques, d'educació i divulgació amb l'objectiu de tenir impacte social. No s'ha d'oblidar que la ciència de qualitat no està lligada a les tècniques punteres de la recerca científica, sinó a les preguntes que es plantegen.

## Expansió

Actualment hi ha més de 65 grups en actiu, la majoria situats a l'hemisferi nord: EUA, 30; Europa, 21; Amèrica del Sud, 6; Àsia, 3; Oceania, 4, i Àfrica, 1.

L'aïllament del coneixement, en l'era d'Internet, ja no és imaginable. Internet ha connectat els resultats obtinguts en els laboratoris de recerca a tot el món a través de les publicacions en revistes científiques. El moviment DIYbio ha portat aquesta globalització al seu màxim exponent. Tant des de la pàgina cen-

	Estàndard (€)	DIYbio (€)	Reducció
Incubadora de bacteris	117	9	13x
Bioreactor	2.700	90	30x
Autoclau	900	63	14x
Campana de cultius BSL-1	1.800	180	10x
Microscopi 400x	117	9	13x
Centrífuga	1.800	90	20x
Bany d'aigua	360	36	10x
Agitador magnètic	63	9	7x
Colorímetre	150	20	8x
Espectrofotòmetre	150	50	3x
Cubeta d'electroforesi	360	9	16x
Transilluminador	900	90	10x
Font d'alimentació	900	36	25x
Termociclador	2.250	270	8x
qPCR	9.000	3.000	3x

↑ Taula 1. Comparativa de preus entre màquines estàndard i DIYbio.

tral (*diybio.org*) com des de les pàgines de cada grup amb les seves guies, els resultats que obtenen i les seves activitats.

L'altre factor que ha contribuït a l'expansió del fenomen ha estat l'abaratiment del material de laboratori i la ja consolidada existència dels *make-spaces*. De fet, la majoria de les comunitats DIYbio es troben lligades a espais relacionats amb l'art o la fabricació digital. Els *make-spaces*, igual com els centres de recerca, són espais on és possible compartir els recursos (en forma de talladores làser, fresadores, impressores 3D...), així com el coneixement entre diferents disciplines.

Diversos projectes DIYbio il·lustren com el simple fet de treballar sobre un mateix objectiu o prototip pot donar lloc a una veritable col·laboració i a idees innovadores de com connectar la ciència a escala global. Per exemple, diferents laboratoris DIYbio volien créixer organismes bioluminescents (diferents algues, fongs o corals) i per això van començar a col·laborar. Així el 2011 van començar de manera espontània el Bioluminescence Project, que connecta laboratoris dels EUA, el Canadà, Nova Zelanda, la Xina i Singapur. D'aquest consorci va sorgir la idea (a BioCurious, Califòrnia) de crear arbres modificats genèticament capaços «de brillar» i així, il·luminar els

carrers d'una manera sostenible. Un altre exemple de cooperació internacional són els tallers conjunts que es duen a terme entre el grup de *biohackers* Hackteria i els laboratoris ciutadans d'Indonèsia (HONF i Lifepatch) que, basant-se en càmeres web i fermentadors, han creat diversos models de maquinària per a l'agricultura de codi obert.

Els projectes DIYbio són econòmicament abastables. Als països en via de desenvolupament, la construcció del seu propi material de laboratori i la creació de nous protocols els ajuda a reduir la seva dependència de maquinària i material importat, molt més car i difícil de mantenir.

Aquests projectes globals demostren com el DIYbio és un moviment que reflecteix una societat civil més enllà de les barreres culturals.

## Construir un laboratori

Quan hom es planteja construir un laboratori s'ha de plantejar quin laboratori necessita, i quin és el seu cost. Cal tenir clars quins són els límits tècnics i econòmics. Aconseguir suport financer és el repte principal, la majoria dels DIYbio no tenen font d'ingressos regular, i quasi totes les activitats «s'autofinancen» i és amb l'entusiasme i l'esforç col·lectiu que s'aconsegueixen quadrar els comptes. Per tal

de construir una comunitat i les infraestructures necessàries, el primer pas acostuma a ser organitzar xerrades i tallers. L'esperança és que aquests recursos divulgatius acabin per transformar-se en col·laboracions amb les institucions acadèmiques, museus o espais culturals i artístics.

Una manera de reduir el cost de posar a punt un laboratori és muntar-se les pròpies màquines. Això pot reduir els costos de deu a cent còps.

Fins i tot alguns aparells sofisticats poden ser reproduïts a petita escala tot fent enginyeria inversa i adaptant-los a les necessitats del grup. És una qüestió de ser enginyós i trobar alternatives. A partir de màquines usades, electrodomèstics vells, peces d'ordinador i diferents components electrònics es poden muntar moltes màquines de laboratori. Les instruccions detallades per muntar-les i molts protocols de laboratori fàcils i barats estan disponibles a la Xarxa (per exemple, [openwetware.org](http://openwetware.org), [protocol-online.org](http://protocol-online.org), [instructables.com](http://instructables.com), [diybio.org](http://diybio.org)).

Exemples de l'enginy dels *biohackers* podrien ser un microscopi fet a partir d'una càmera web, capgirant l'objectiu, o la popular Dremel-Fuge, una centrífuga que combina un trepant amb un rotor imprès en una impressora 3D. Es pot esterilitzar usant una olla a pressió o es pot purificar DNA usant sal, xampú i enzims per a la carn disponibles al supermercat.

Cal remarcar que els aparells creats per la comunitat DIYbio no poden competir, en certs aspectes, amb els estàndard (sensibilitat, reproductibilitat...). Tot i així, són suficient per tal de dur a terme els projectes que la comunitat proposa. A més, com els dissenys són compartits en forma de codi obert, qualsevol persona pot analitzar, millorar o personalitzar determinades característiques.

Tot i que alguns dispositius tenen un cost econòmicament elevat (com una campana d'extracció de gasos), mai no s'ha de sacrificar la seguretat pel cost.



Mapa de la localització mundial dels grups DIYbio. Extret de [diybio.org](http://diybio.org).

Empreses com eBay, Amazon, Spotify, Uber o Kickstarter han revolucionat el comerç i l'han fet més col·lectiu i global. Molts laboratoris DIYbio compren material directament a l'empresa fabricant o de segona mà en aquests comerços en línia, i han creat una «economia biotecnològica ciutadana» que fomenta la redistribució i el reciclatge del material de laboratori.

Tot i que els DIY són grups sense ànim de lucre, alguns grups han comercialitzat els seus productes en forma d'equips, per a altres laboratoris DIYbio o per a centres educatius.

Ginko Bioworks (GB) n'és un bon exemple, comercialitza equips amb DNA, enzims i tampons salins, de tal manera que els no iniciats poden entrar en contacte amb la tecnologia genètica de manera més amigable. A més, GB ha arribat a un acord amb New England Biolabs (una empresa comercial tradicional) perquè distribueixin el seus equips. Aquesta aliança ha representat un gran canvi de paradigma en el món de la indústria de la biologia.

Pearl Biotech és una empresa que comercialitza una petita PCR (que ells anomenen Lava Amp) i una màquina d'electroforesi amb un transilluminador, aquests últims per només 400 dòlars. Aquests aparells que permeten fer tot el procés de manipular i visualitzar el DNA estan dissenyats per *biohackers* i estan basats en dissenys de codi obert.

Altres *biohackers* han utilitzat pàgines web dedicades al micromecenatge, com Kickstarter, que permet als inventors publicar els seus projectes i objectius de finançament en línia. L'esperança és que amb molts visitants que fan petites donacions s'arribi al finançament demanat pel projecte. El grup de DIYbio BioCurious va aconseguir 35.000 dòlars per poder posar a punt el seu laboratori.

Pot ser que en un futur proper els laboratoris DIYbio pugin sol·licitar també beques públiques de la Comissió Europea o la nord-americana Grand Challenges in Global Health, de la fundació Bill and Melinda Gates. De fet, el grup DIYbio Madlab rep finançament del Wellcome Trust a través de la Universitat de

# DIYbio. Els *biohackers*: una nova manera de fer créixer la biotecnologia

Manchester i el Biologigragen (de Copenhagen) s'ha beneficiat del projecte europeu StudioLab FP7 per instal·lar el laboratori en un museu mèdic.

## La biologia sintètica: el camp que dóna joc als *biohackers*

La biologia sintètica (BS) té com a objectiu dissenyar i construir noves entitats biològiques o reprogramar els éssers vius ja existents. Aquesta disciplina revisita la biologia des d'un punt de vista d'enginyer, tractant els gens com «peces modulars» fàcils d'acoblar e intercanviar. Part de l'èxit de la BS es deu a la baixada de costos de la tecnologia de la seqüenciació i la síntesi i manipulació del DNA. La majoria de tècniques d'enginyeria genètica han esdevingut protocols senzills típics de la rutina d'un laboratori.

Arribat aquest punt, el 2003, va néixer la competició International Genetically Engineered Machines (iGEM). La competició posa a disposició dels equips participants un conjunt de «peces de DNA» anomenat *bio-bricks* i el coneixement i les tecnologies necessaris per utilitzar-lo. D'aquesta manera els equips poden dissenyar un nou organisme (normalment bacteris) que dóna resposta a algun problema, usant els *bio-bricks* per construir-lo. Els equips comparteixen els seus resultats a Internet participant de la cultura de codi obert. Per exemple, un equip mexicà va construir un bacteri capaç d'actuar com un sensor d'arsènic, i l'equip de la universitat de Pennsilvània va dissenyar un bacteri per trobar i destruir cèl·lules tumorals.

Es pot dir que tant la DIYbio i la BS a través de l'iGEM comparteixen l'objectiu de fer la biologia «fàcil d'enginyeritzar». De fet, els recursos econòmics, l'equipament i el coneixement que usen els equips de l'iGEM és comparable al que podria manipular un *biohacker* d'un laboratori DIYbio.

Com que la majoria de laboratoris DIY no disposen de llicències que n'acreditin la bioseguretat, l'organització iGEM no permetia que participessin com a equip. Però permetia

que els equips hi col·laboressin. Però a partir del concurs de 2015, a la vista del creixement del moviment DIYbio i la publicitat que s'ha generat al seu voltant, la seva participació ha estat acceptada.

## Seguretat i ètica

La seguretat és un tema que preocupa tothom, tant als centres de recerca oficials com a la comunitat DIYbio. És cert que el fet d'obrir l'accés als laboratoris pot ajudar a crear un futur millor en què la biotecnologia tingui un paper clau en la societat però posar a l'abast de tothom les tècniques de laboratori, i més concretament d'enginyeria genètica, també obre la porta a possibles perills desconeguts. I és que, com qualsevol tecnologia, se'n pot fer un bon o un mal ús. Es poden fer experiments i reprogramar éssers vius en un «garatge» assegurant que res no sortirà malament?

Craig Venter, en el seu llibre *Life at the speed of light*, deixa clar que està en contra del moviment DIYbio. La preocupació del doctor Venter no es deu al perill de bioterrorisme, sinó a possibles errors que portin a problemes greus tant ecològics com de salut, deguts a la manipulació del DNA dels *biohackers*

sense coneixements científics. No obstant això, la Comissió de Bioètica de la Presidència dels EUA considera els riscos de la biologia sintètica amateur com a esdeveniments de baixa probabilitat. De fet, als EUA, l'FBI vigila molt de prop el fenomen DIYbio però col·laborant-hi, i fins i tot coorganitza conferències amb els membres de la comunitat. Fins avui, no s'ha donat avis de cap cas d'amenaça de seguretat derivada de les accions dels membres DIYbio. A més, molt pocs centres de recerca han manifestat el seu malestar respecte els temes de bioseguretat associats al DIY.

Les regulacions legals a les modificacions genètiques limiten el que els grups DIYbio poden fer. A diferència dels EUA, a Europa cal una llicència per poder fer experiments d'enginyeria genètica. Sense això, no es pot accedir ni als *bio-bricks* ni als reactius necessaris per manipular DNA. Els laboratoris DIY troben problemes perquè les companyies els subministren material de laboratori, a vegades fins i tot amb substàncies no controvertides com l'alcohol pur. Per això, els laboratoris DIY que s'ho poden permetre s'estan preparant per obtenir les llicències escaients. El *biohacker* irlandès

The image shows a screenshot of the DIYbio website's 'Latest news' section. It features three columns of event listings for different weeks. Below the listings is a map of the United States with location markers. To the right of the map is a large icon of a pair of black-rimmed glasses. Further right is a red postage stamp from Myrtle Beach, SC, dated Nov. 14, 10, with a value of 0.029. Below these elements are three sections: 'LOCAL' with a link to find local groups, 'SAFETY' with a link to ask a professional bio-safety expert, and 'GLOBAL' with a link to join the global discussion.

Web de DIYbio.



# DIYbio. Els *biohackers*: una nova manera de fer créixer la biotecnologia

dès Cathal Garvey ha estat un pioner a obtenir-la i poder establir un laboratori al garatge de casa seva.

Que la biologia DIY no estigui regulada pel mandat de les institucions no vol dir que no s'atengui a cap regulació. La comunitat DIYbio té un sistema normatiu obert i amb una plataforma en línia que permet als amateurs preguntar directament a professionals experts en bioseguretat o altres membres de la comunitat. Aquesta plataforma, inaugurada el 2012, és un exemple únic de com l'autogovern pot funcionar.

Més enllà de les qüestions purament legals i de seguretat hi ha certes consideracions ètiques que afecten especialment la BS pel seu vessant de creació d'híbrids i de modificació de la vida. Ja abans de l'expansió del DIY es van crear formes pròpies de consulta i deliberació ètica per incloure la població: les «pràctiques humanes» de la SynBERC o els *ethobricks*. Aquestes ini-

ciatives lliguen els protocols de la recerca científica amb les normes ètiques i persegueixen els ideals d'humilitat i participació ciutadana.

De la mateixa manera, mentre que la premsa insisteix a sobreestimar les capacitats dels *biohackers* i infravalorar la seva ètica, la comunitat elabora, de manera participativa a la seva pàgina global (*diybio.org*), un codi amb un conjunt de valors comuns per a tots els seus membres.

També roman indeterminada en quina mesura la innovació biològica és un bé cultural o un producte de mercat. El moviment DIYbio és una de les veus més altes que qüestiona el concepte de propietat intel·lectual (PI) en forma de patents. Actualment, si un inventor vol sol·licitar una patent li cal un alt pressupost econòmic i l'assessorament d'un especialista. A més, els llargs períodes de validesa de les patents (vint anys) dificulten moltíssim poder introduir altres innovacions al mercat. El 2014, en una

conferència a Hèlsinki va proposar-se un model de llicència hipotètic anomenat *bio-commons*. A la conferència es va considerar la *bio-commons* com un acord entre persones. Com més gran sigui la comunitat de persones contribuint-hi, més gran serà el suport de la societat, i per tant la llicència oferirà una millor protecció. La intenció és facilitar el procés de concessió de llicències i que aquestes ajudin a crear un ambient de col·laboració global. A més, estaran ideades per protegir i gestionar qualsevol mal ús del coneixement que protegeixin. El coneixement científic es desenvolupa molt ràpidament i el sistema de regulació ha de tenir prou flexibilitat per adaptar-s'hi.

El moviment DIYBio representa una nova manera de «fer ciència». No sols això, sinó que els seus esforços comunicatius en democratitzen l'accés. La filosofia i la metodologia emparades ofereixen una alternativa a la biotecnologia institucional que resulta en millores directes per als problemes de la població. •

**Núria Conde** és biòloga i enginyera tècnica en informàtica per la UPF. Ha desenvolupat el seu doctorat en enginyeria genètica aplicada a la biocomputació al Grup de Sistemes Complexos a la UPF. Actualment és investigadora postdoctoral al mateix grup i CSO de l'empresa Moirai-Biodesign.

**Daniel Grajales** ha treballat en empreses multinacionals de telecomunicacions sense fil. Prepara el seu doctorat al Centre d'Investigació en Nanociència i Nanotecnologia sobre biosensors de tecnologia fòtonica que tinguin aplicacions en salut i medi ambient.

**Esteban Gimenez** va estudiar electrònica a Buenos Aires, un grau d'art a l'Escola Massana i enginyeria informàtica a la UPF. Actualment treballa com a programador i eventualment fa classes a diferents institucions universitàries.

**Alvaro Jansà** ha treballat en recerca sobre el càncer, després d'un cicle formatiu de grau superior de laboratori clínic. Ha estudiat biologia humana a la UPF i treballa en el sector privat bioinformàtic. S'ha incorporat al grup UPF-BERG per desenvolupar un aparell per al càncer de pròstata.