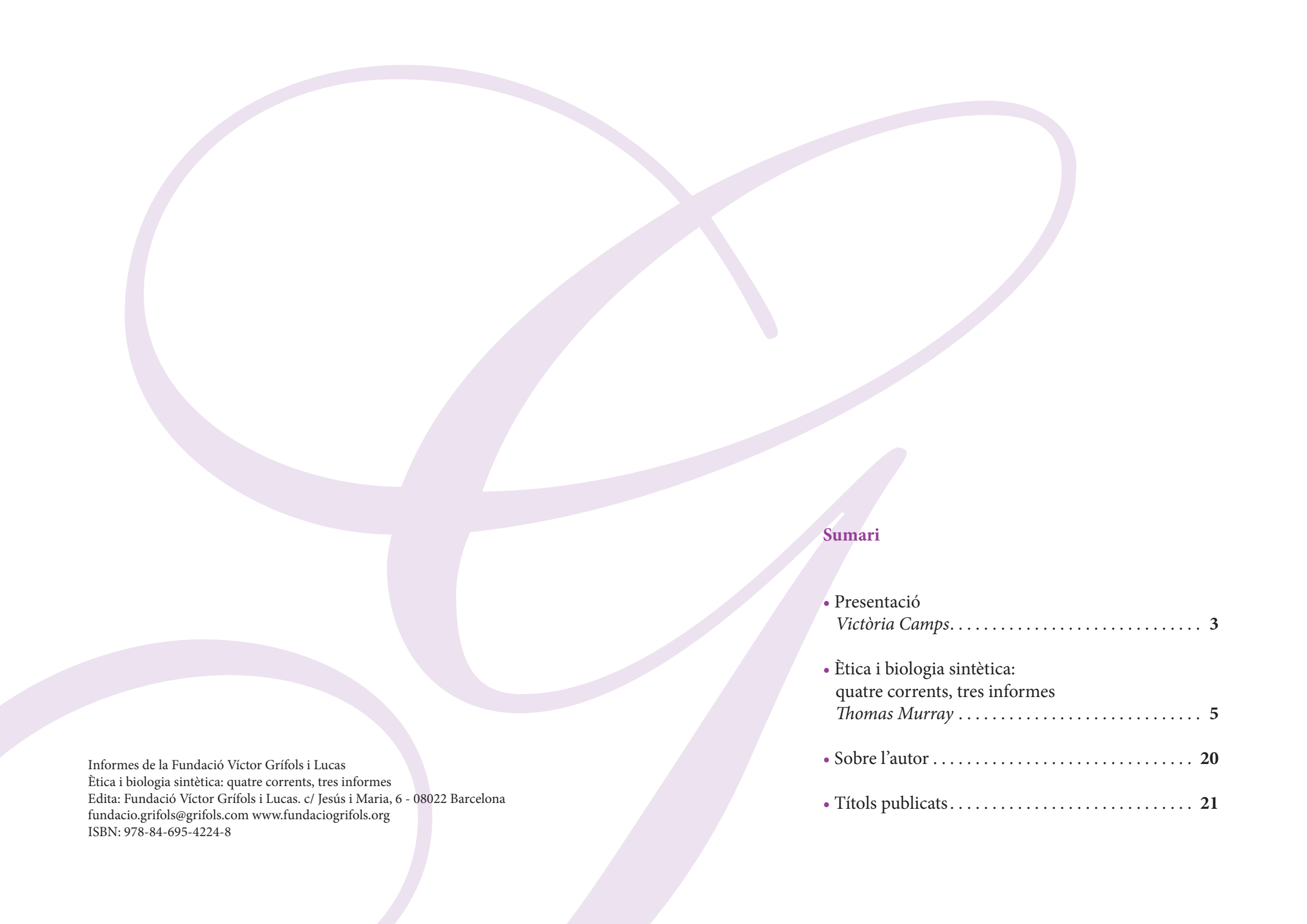


FUNDACIÓ
VÍCTOR
GRÍFOLS
i LUCAS

Ètica i biologia sintètica: quatre corrents, tres informes

Thomas H. Murray

Conferències
Josep Egozcue



Informes de la Fundació Víctor Grífols i Lucas
Ètica i biologia sintètica: quatre corrents, tres informes
Edita: Fundació Víctor Grífols i Lucas. c/ Jesús i Maria, 6 - 08022 Barcelona
fundacio.grifols@grifols.com www.fundaciogrifols.org
ISBN: 978-84-695-4224-8

Sumari

- Presentació
Victòria Camps 3
- Ètica i biologia sintètica:
quatre corrents, tres informes
Thomas Murray 5
- Sobre l'autor 20
- Títols publicats 21

Presentació

Fa un parell d'anys, Craig Venter i el seu equip van aconseguir sintetitzar l'ADN d'un organisme creant el que ells mateixos van anomenar "la primera cèl·lula sintètica". La notícia va donar la volta al món i els titulars dels diaris no van mirar massa prim en anunciar que per primera vegada s'havia creat vida artificialment. Tot i que l'enunciat de la notícia va ser immediatament desmentit pels primers científics que van ser consultats, el tema no era banal i plantejava un seguit de problemes ètics. El primer i més general, el descobriment en qüestió era una de les possibilitats de la biologia sintètica, un concepte nou que cal esbrinar què és, quins beneficis pot aportar i quins riscos se'n poden derivar. A la biologia sintètica se la defineix com "l'enginyeria de la biologia", una denominació que comprèn tècniques diverses amb objectius diferents, que van des de noves teràpies per curar malalties de moment incurables a nous sistemes biològics o a tècniques d'enginyeria genètica. El segon problema ètic que plantegen innovacions com les que cauen sota el paraigües de la biologia sintètica és la difusió que se'n fa i com s'informa a la gent dels nous descobriments i dels possibles beneficis i riscos que se'n poden derivar. La informació sobre el descobriment de Venter no va ser afortunada, va alarmar a la població i sembla que un dels primers alarmats va ser el president dels Estats Units, Barack Obama, que immediatament va reaccionar demanant a la *Presidential's Commission* (el comitè nacional de bioètica) la redacció d'un informe sobre la biologia sintètica i els conflictes de tota mena -ètics, polítics, jurídics, socials- que eren previsibles. La Comissió es va posar a treballar i un any més tard, el 2011, va presentar un excel·lent informe que aclaria el concepte, analitzava les possibles aplicacions de les diferents tècniques i les contrastava amb els valors ètics fonamentals. Des d'aleshores, podem dir que gairebé tots els comitès nacionals de bioètica s'han interessat per la qüestió i han aportat alguna observació sobre la biologia sintètica. Per exemple, el Comitè de

Bioètica d'Espanya, conjuntament amb el *Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida* (el comitè de bioètica portuguès) ha elaborat recentment un informe amb el mateix propòsit de clarificar i enriquir el debat sobre el futur de la biologia sintètica.

La Fundació Víctor Grífols i Lucas ha aprofitat el marc de les Conferències Josep Egozcue que es celebren cada any per introduir també aquest tema i encetar una discussió sobre possibles problemes. El ponent escollit per obrir les conferències va ser Thomas Murray, President fins fa uns mesos de la prestigiosa institució *The Hastings Center*, de Nova York. Murray és una de les persones que va comparèixer davant la Comissió dels Estats Units per debatre la qüestió i exposar els punts de vista de la institució que dirigia. Com a participant de primera mà en l'elaboració de l'informe, Murray coneixia millor que ningú el contingut del document, que va exposar en la seva conferència al temps que introduïa la seva visió personal sobre l'actitud ètica que cal adoptar en front de la biologia sintètica. Les Conferències van tenir lloc a la Facultat de Comunicació de la Universitat Pompeu Fabra, amb la intenció de posar un èmfasi especial en la qüestió de la divulgació i informació dels descobriments científics. La ponència de Thomas Murray va ser seguida d'una taula rodona en la que van intervenir els científics Luis Serrano i Ricard Solé, el jurista Carlos Romeo Casabona, i la periodista Milagros Pérez Oliva. Els dos primers van analitzar la biologia sintètica des de qüestionaments científics i tècnics, Romeo Casabona va abordar especialment el problema de les patents, i Pérez Oliva va tractar els inconvenients i les dificultats de donar a conèixer temes complexos a través d'uns mitjans de comunicació que busquen per sobre de tot immediatesa, simplicitat i espectacle.

L'ètica interpel·la les innovacions científiques des de dos punts de vista: el de les conseqüències i el dels principis. Pel que fa al primer, cal activar el principi de precaució i evitar que els riscos de les noves tècniques siguin més grans que els beneficis. Cal també considerar quins seran els principals beneficiaris de les possibles aplicacions de la biologia sintètica tenint en compte els requeriments del principi de justícia que exigeix beneficiar en primer terme als menys afavorits i als qui més ho necessiten. Pel que fa als principis, s'ha de considerar i ponderar quins han de ser els límits en el control de la natura i en la creació de nous organismes vius. En els dos punts de vista tothom s'hi ha d'implicar: els científics, els governants i la ciutadania, perquè tothom té una part de responsabilitat en la configuració del futur de la humanitat. És evident que la biomedicina treballa amb l'objectiu final de que la vida de les persones millori i tingui més qualitat. Però determinar què vol dir “millorar” i “tenir més qualitat” no sempre és fàcil, com no ho és dirigir els avenços científics a resoldre els problemes socials més greus.

“La bona ètica comença amb bons fets” diu una màxima del *The Hastings Centre* amb la qual Murray va començar la seva intervenció. Sense conèixer els fets, sense analitzar què és la biologia sintètica, la reflexió ètica és una especulació sobre conceptes que no toca la realitat ni ajuda a ningú. És per això que la Fundació Víctor Grífols i Lucas procura fomentar el debat interdisciplinari a l'hora de tractar temes que son èticament conflictius. És el que pretén aquesta nova publicació de les Conferències Josep Egozcue.

Victòria Camps
Catedràtica de Filosofia Moral de la Universitat Autònoma de Barcelona i
Presidenta de la Fundació Víctor Grífols i Lucas



Ètica i biologia sintètica: quatre corrents, tres informes

Thomas H. Murray

Investigador sènior i president emèrit a The Hastings Center

Per comprendre el que la biologia sintètica requereix dels ciutadans, les institucions i els governs, cal respondre a tres preguntes. En primer lloc, d'acord amb el principi del *The Hastings Center* segons el qual la bona ètica comença amb bons fets, hem de preguntar-nos què és la biologia sintètica. És quelcom de radicalment nou tal com pretenen els seus defensors o cal entendre-la, més aviat, com un pas incremental en el desenvolupament científic i tècnic d'una biologia entesa en un sentit ampli, és a dir, incloent-hi la biologia molecular, l'enginyeria genètica, la genòmica i altres fronteres científiques en les ciències de la vida?

En segon lloc, quins beneficis promet la biologia sintètica —tal com la descriuen els seus defensors—, quina probabilitat hi ha que es facin realitat i quins són els principals riscos que preocupen els analistes ben informats? Les innovacions científiques i tecnològiques aporten habitualment beneficis i riscos potencials. Una política pública intel·ligent s'esforça per donar suport al desenvolupament ràpid de les seves aplicacions beneficioses i, al mateix temps, en minimitza o controla els riscos.

En tercer lloc, com es pot oferir una avaluació dels riscos sofisticada, amb base científica, i quines mesures de governança es poden prendre, i s'han de prendre, per aconseguir un equilibri òptim entre la promoció del desenvolupament positiu de la biologia sintètica i el control dels riscos inherents?

Després d'una descripció de les principals variants que s'apleguen sota l'etiqueta de *biologia sintètica* i els seus presumptes beneficis i riscos, analitzarem tres informes influents que il·lustren l'ampli ventall de reaccions que ha provocat. Dos dels informes van ser elaborats per organismes nacionals de bioètica: un als Estats Units i un altre, conjuntament, a Espanya i Portugal. El tercer informe és obra de tres grups de la societat civil i ha estat subscrit per més de cent organitzacions addicionals. Conjuntament, els tres informes il·lustren les principals dimensions que aborden avui dia les anàlisis ètiques i polítiques de la biologia sintètica.

Quatre corrents de la biologia sintètica

L'informe de la Comissió Europea sobre biologia sintètica la descriu com «l'enginyeria de la biologia: la síntesi de sistemes complexos basats (o inspirats) en la biologia, que duen a terme funcions que no existeixen a la natura. Aquesta perspectiva d'enginyeria es pot aplicar a tots els nivells de la jerarquia d'estructures biològiques [...]. Essencialment, la biologia sintètica permetrà dissenyar “sistemes biològics” d'una manera racional i sistemàtica».¹

Altres organismes han adoptat descripcions similars de la biologia sintètica, subratllant l'enfocament d'enginyeria als sistemes biològics juntament amb el seu disseny racional i sistemàtic. Els observadors perspicaços s'adonaran que els científics han practicat l'«enginyeria genètica» durant dècades. Tanmateix, intercanviar gens entre organismes és una activitat molt més dependent de les circumstàncies individuals que el que suggereix l'etiqueta d'*enginyeria*. L'activitat dels científics s'acostuma a centrar en el treball amb organismes existents i no pas en la creació d'un de completament nou. Fins i tot els organismes «simples» poden ser prou complexos perquè el fet de segrestar-ne el metabolisme per a finalitats humanes sigui més una qüestió d'atzar que no pas el resultat d'un disseny sistemàtic i racional associat a l'enginyeria. El primer dels quatre corrents inclosos en l'ampli paraigua de la biologia sintètica s'assembla poc al model d'enginyeria electrònica o informàtica. Es tracta, més aviat, de la continuació dels avenços en biologia molecular aconseguits al llarg de dècades. Bona part de la sofisticada recerca que es fa avui dia en biologia molecular no s'etiqueta com a *biologia sintètica*, tot i que algunes línies de treball s'han publicitat d'aquesta manera. Podem anomenar aquest corrent: enginyeria genètica contemporània com a biologia sintètica.

Enginyeria genètica contemporània com a biologia sintètica. Aproximadament 254 milions de persones presenten símptomes de malària cada any i unes 863.000 moren com a conseqüència de la malaltia.

Més del 80 % de les víctimes mortals són infants de l'Àfrica subsahariana.² Les teràpies més potents per tractar la malària combinen medicaments derivats de l'artemisina amb altres compostos antimalària. L'objectiu de l'estratègia coneguda com a teràpia combinada amb artemisina (ACT) és retardar o evitar el desenvolupament de cadenes resistents a l'artemisina del paràsit de la malària.

Des del juny del 2012, l'artemisina només es pot aconseguir comercialment cultivant la planta artemísia anual, que creix als països en vies de desenvolupament. El subministrament depèn de les condicions climàtiques i de les variacions estacionals. Un equip de científics, dirigit per Jay Keasling, va aplicar les eines cada vegada més perfeccionades de l'enginyeria genètica a cèl·lules de llevat per induir-les a produir àcid artemisínic, un precursor que es converteix fàcilment en artemisina per mitjà de tres passos químics.^{4,5} Amyris Biotechnologies, que va desenvolupar la via metabòlica per a l'artemisina sintètica, afirma que la producció comercial començarà al final d'aquest any o el 2013, amb un cost per dosi de 20 a 40 cèntims d'euro, molt per sota del preu de l'artemisina derivada botànicament.⁶

L'artemisina sintètica és un sòlid candidat per convertir-se en la primera aplicació terapèutica important atribuïble a la biologia sintètica. De fet, és la primera producció important a gran escala d'un producte de biologia sintètic útil. (S'ha de reconèixer que és difícil distingir el que fan els biòlegs moleculars actuals, que consideren que no fan «biologia sintètica», i el treball amb l'artemisina, que es descriu com a biologia sintètica.) El mateix equip científic fa servir tècniques similars per crear microbis que permetin obtenir biocombustibles comercialment viables.⁷ Aquests programes de recerca i desenvolupament, juntament amb esforços semblants per part d'equips competidors, exemplifiquen la continuïtat amb la tradició de l'experimentació biològica que es remunta als treballs pioners de Cohen i Boyer sobre l'ADN recombinant de començaments de la dècada del 1970. Si això fos tot el que actualment s'anomena *biologia sintètica*, seria molt difícil defensar que representa més un canvi revolucionari que no pas un

progrés evolutiu. Hi ha, però, altres variants de biologia sintètica com ara la construcció de dispositius basats en ADN, que imaginem els sistemes biològics des d'una perspectiva molt més propera als models d'enginyeria.

La construcció de dispositius basats en l'ADN: Els enginyers electrònics tenen catàlegs de peces a partir de les quals poden dissenyar una gran quantitat de dispositius. Transistors, condensadors, resistències i altres components es poden combinar per aconseguir qualsevol objectiu que l'enginyer es proposi. Els primers desenvolupadors i defensors de la biologia sintètica plantejaven que els sistemes biològics es poden imaginar de manera semblant, a partir de la dinàmica de l'expressió genètica, fent servir termes com ara *sensors*, *actuadors*, *motors* i *interruptors*. El moviment BioBricks, per exemple, és un esforç col·laboratiu que té per objectiu identificar, caracteritzar i compartir «peces» biològiques. L'any 2003 es va crear al MIT el Registre de Peces Biològiques Estàndards.⁸ Aquest registre anima els usuaris a esdevenir també col·laboradors, d'acord amb el principi «dóna alguna cosa, obtén alguna cosa». El moviment BioBricks també defensa el model de propietat intel·lectual *open source* (o de codi obert) caracteritzat per moviments de programari lliure com ara Linux i Firefox.

La idea que anima el moviment BioBricks i la construcció de dispositius basats en l'ADN en general és audaç: crear peces biològiques simplificades i estandarditzades i que es poden assemblar en sistemes que es comportin de manera previsible i d'acord amb les intencions de l'enginyer. Si aquesta idea es pot aconseguir o no, encara no se sap. Les entitats biològiques i, fins i tot, els anomenats «organismes intactes simples» són complexos. Mentre que en els sistemes electrònics es produeixen bucles de realimentació, els organismes biològics es caracteritzen per l'adaptació i l'evolució, la qual cosa pot plantejar grans reptes als que pretenen redissenyar sistemes biològics d'acord amb un model d'enginyeria.

Drew Endy, un dels líders del moviment BioBricks, va afirmar el següent: «Si consideres la natura com una màquina, veuràs que no és perfecta i

que es pot revisar i millorar».⁹ Molts biòlegs rebutgen la premissa de la natura com una màquina. D'altra banda, la idea que la natura pot ser «perfeccionada» sembla aliena a la biologia. Les poblacions d'organismes s'adapten als seus entorns, o s'extingeixen. Els entorns canvien. Les espècies tenen més o menys èxit en els seus nínxols ambientals, però és difícil d'imaginar en què consistiria la «perfecció», si no és com una metàfora de l'adaptació reeixida a un entorn concret en un moment determinat. El més probable és que Endy es refereixi a redissenyar un sistema biològic perquè satisfaci de manera òptima un objectiu humà específic (potser, producció de biocombustibles o medicaments o detecció precoç de malalties com el càncer). La idea de la construcció de dispositius basats en l'ADN comporta una manera de pensar sobre les entitats biològiques que té afinitats clares amb la manera com els biòlegs han entès i manipulat històricament aquestes entitats. Tanmateix, l'èmfasi en temes com ara l'estandardització, la intercanviabilitat i la perfectibilitat suggereix també diferències importants pel que fa als models conceptuals i les aspiracions.

La creació d'una cèl·lula mínima: Un tercer corrent de la biologia sintètica treballa amb vista a crear o recrear organismes complets. El triomf més celebrat recentment ha estat el treball de Craig Venter i els seus col·legues per produir el que van anomenar primera «cèl·lula sintètica».¹⁰ Després d'haver determinat la seqüència de l'ADN d'un microbi amb un genoma relativament petit (1,08 milions de parells de base), van encarregar a una empresa de síntesi d'ADN la producció de 1.078 longituds d'ADN relativament curtes (cada una amb 1.080 parells de base), que, agrupades, replicaven el genoma bacterià complet. Més tard, els científics van utilitzar cèl·lules de llevat per unir les longituds d'ADN i formar cadenes cada vegada més llargues fins que, finalment, van obtenir un cromosoma complet amb la dotació completa de la seqüència de l'ADN del *Mycoplasma mycoides*, al qual van afegir uns quants «textos» —els noms dels autors, algunes citacions i una adreça electrònica. Aquests textos són com «tatuatges» genòmics, marques identificatives que no tenen cap efecte sobre les capacitats funcionals de l'organisme. Finalment,

van inserir aquest genoma sintetitzat en un bacteri estretament relacionat, el *Mycoplasma capricolum*. Es va haver de desactivar un enzim del *M. capricolum*, que el protegeix contra la invasió d'ADN forà. Finalment, el nou cromosoma va poder proporcionar les instruccions genòmiques necessàries per mantenir l'organisme funcionant.¹¹

Venter i els seus col·legues descriuen l'entitat resultant com una «cèl·lula sintètica»¹⁰ al·legant que, amb el temps, totes les estructures del bacteri van ser substituïdes per les especificades pel genoma sintetitzat inserit. Altres científics destacats van suggerir que hi havia descripcions alternatives més acurades.¹² El genoma funcional era, de fet, el d'un organisme existent. Per poder funcionar va haver de ser inserit en una cèl·lula estretament relacionada i intacta. Es podria ben dir que la cèl·lula va «adoptar» el seu nou genoma.

Un dels usos potencials de les cèl·lules mínimes és com un xassís en el model d'un xassís d'automotor: una estructura bàsica a la qual es poden afegir altres components per construir un vehicle concret. Es podria construir un mateix xassís per a un turisme, un monovolum, un tot terreny o una camioneta. En el cas de la biologia sintètica, un xassís d'aquest tipus es podria utilitzar com a fonament per a la creació d'organismes que duguessin a terme una àmplia varietat de funcions. Cal tenir en compte que la metàfora del xassís es podria aplicar ben fàcilment a organismes com ara *E. coli* i el llevat, que els biòlegs moleculars utilitzen des de fa molt de temps com a dianes per a nous gens i combinacions de gens.

Les protocèl·lules: Ed Regis, un dels líders del moviment destinat a crear una nova biologia, completament sintètica, descriu el seu objectiu com la creació «d'un ens viu genuïnament nou, tot i que no basat en la biologia ni constituït pels ingredients biològics habituals: sense ADN, sense biomolècules convencionals, sense membrana cel·lular de tipus ordinari, sense nucli, sense mitocondris, sense retícula endoplasmàtica ni cap dels altres múltiples “identificadors vitals” de les cèl·lules biològiques ortodoxes normals».¹³

Els defensors de les protocèl·lules aspiren a redissenyar, sintetitzar i acoblar els components bàsics d'una cèl·lula, incloses les funcions essencials que s'identifiquen amb la vida, com ara els mecanismes que permeten el funcionament del metabolisme, el control, l'organització i la replicació. Irònicament, es pot arribar a crear una biologia «no orgànica». L'èxit d'aquest moviment és, a hores d'ara, força insegur.

Dels quatre corrents, l'enginyeria genètica contemporània com a biologia sintètica és el que s'acosta més als èxits pràctics. La introducció de l'artimisina biosintètica, quan es pugui produir en quantitats prou grans a un preu per dosi econòmic, serà el moment en què es pugui considerar aquest corrent de la biologia sintètica com a element que contribuirà potencialment al benestar humà. Cal tenir en compte, però, que aquest corrent és el més difícil de distingir de molts altres desenvolupaments en biologia molecular que no s'etiqueten com a biologia «sintètica». Els altres tres corrents —la construcció de dispositius basats en l'ADN, la creació de cèl·lules mínimes com a xassís i el moviment de protocèl·lules— ens expliquen històries fascinants sobre la seva importància potencial. Tanmateix, el que han aconseguit fins ara no ens aclareix si algun tindrà, en última instància, un impacte cabdal sobre les nostres vides o el nostre planeta.

Arguments confrontats: continuitat enfront de novetat radical

Els quatre corrents que constitueixen la biologia sintètica es diferencien per la manera com divergeixen dels principals corrents de la biologia molecular. L'enginyeria genètica avançada que va permetre la creació del llevat capaç de sintetitzar l'àcid artemisínic prové directament d'aquests corrents ben establerts. El treball sobre les cèl·lules mínimes i els xassissos orgànics que utilitza la síntesi i l'assemblatge d'ADN a gran escala pot ser un dels fruits d'aquestes tècniques ben consolidades, però les seves ambicions li confereixen un caràcter marcadament nou. La construcció

de dispositius basats en l'ADN representa un trencament encara més fort amb la tradició, i el moviment de les protocèl·lules dinamita els fonaments tradicionals de la biologia en la seva recerca de noves químiques de la vida.

Independentment d'allò que els diferencia, els quatre corrents de la biologia sintètica comparteixen dues característiques que comencen a distingir-los de la biologia molecular. En primer lloc, fomenten el desig de noves comunitats d'investigadors i dissenyadors d'aconseguir que els sistemes biològics facin allò que desitgen; entre aquests grups cal esmentar els enginyers i l'incipient moviment *Do-It-Yourself (DIY Bio)*. A mesura que tecnologies com ara la seqüenciació i la síntesi d'ADN s'han fet més barates i d'abast més ampli, han sorgit noves comunitats de biòlegs «DIY».

La segona característica que comparteixen és el que es podria anomenar un tipus específic de mentalitat d'enginyeria, una manera de pensar respecte als sistemes biològics que emfatitza l'estandardització i el control. Qualsevol esforç per establir una distinció nítida entre els objectius i les mentalitats dels científics i els enginyers que treballen en biologia sintètica corre el risc de caure en un excés de simplificació i en l'exageració. Potser és més útil pensar en un contínuum, on la majoria dels investigadors en biologia sintètica se situen en algun punt entre els extrems. Amb tot, pot ser útil identificar els extrems i els contínuums que ajudin a definir les dimensions de l'àmbit per on es mou la biologia sintètica.

D'una banda, els científics tenen com a objectiu principal *comprendre*, i els enginyers, *construir, predir* i *controlar*. Els biòlegs moleculars volen descobrir; els enginyers moleculars, dissenyar. Els científics esperen comprendre la complexitat i les propietats incipients, encara que aquesta comprensió comporti la creació d'abstraccions simplificadores o la construcció de nous ens biològics; els enginyers pretenen estandarditzar per millorar l'eficiència. Tom Knight, un dels líders del moviment BioBricks, va caracteritzar breument aquesta mentalitat d'enginyeria: «Una alternativa a comprendre la complexitat és eliminar-la».¹⁴

Hi ha altres diferències entre les comunitats que poden ser rellevants per a l'evolució i la governança de la biologia sintètica. Els biòlegs van reconèixer, amb l'adveniment de l'ADN recombinant, que la seva especialitat adquiria nous poders per fer el bé – o el mal –. I amb aquests poders va arribar la responsabilitat moral d'utilitzar-los adequadament i d'ensenyar a les noves generacions a fer el mateix. Els enginyers també van reconèixer que tenien obligacions ètiques, però no disposaven de dècades d'experiència amb sistemes biològics al seu darrere per aprendre quina forma concreta prenen aquestes obligacions quan es treballa amb organismes capaços de mutar-se, adaptar-se i reproduir-se.

Les primeres fonts de novetat per a la biologia sintètica tenen a veure principalment amb la mentalitat i les comunitats que hi participen. Per tant, hi ha bones raons per afavorir el relat de la continuïtat i per qüestionar els que volen presentar la biologia sintètica com a quelcom radicalment nou.

Els defensors de la biologia sintètica tenen moltes raons per emfatitzar aquest caràcter nou. Les noves fronteres en ciència i tecnologia desperten un gran interès. La competició anual iGEM, en la qual els estudiants universitaris que hi participen treballen per crear nous BioBricks i implementar-los perquè facin alguna funció nova, és molt popular i atreu equips de joves entusiastes.¹⁵ La novetat també ajuda a atreure fons, com ara ajuts públics o inversions en noves empreses. L'incompliment continuat de les promeses d'avenços revolucionaris en l'àmbit de l'enginyeria genètica no fa efecte sobre l'opinió pública quan els científics declaren que el que estan fent és nou i diferent.

Per descomptat, la novetat comporta també els seus desavantatges. Ja fa temps que s'han apaivagat les pors davant els perills derivats de l'enginyeria genètica, que havien portat els científics a declarar una moratòria sobre la recerca fins que es poguessin avaluar millor els riscos i dissenyar estratègies per minimitzar-los.^{16, 17} Tenint en compte que la biologia sintètica és una nova empresa, que difereix dels objectius i dels vells mètodes que ha

utilitzat durant dècades l'enginyeria genètica, no es pot recórrer a un historial de seguretat tranquil·litzador. Amb la novetat arriba la por a allò desconegut. De fet, les crítiques més punyents a la biologia sintètica sovint comencen al·ludint a la seva novetat, com és el cas d'un informe recent elaborat per diversos grups de la societat civil. Contràriament, la Comissió Presidencial per a l'Estudi d'Assumptes de Bioètica dels Estats Units (PCSBI, per les seves sigles en anglès) va subratllar la continuïtat de la biologia sintètica respecte a la biologia molecular i l'enginyeria genètica. Des d'aquesta perspectiva, com és lògic, van trobar menys raons per témer-la o establir-hi una forta regulació.¹⁸ Analitzaré aquests informes, juntament amb un altre elaborat pels organismes nacionals de bioètica d'Espanya i Portugal,¹⁹ després de descriure breument els beneficis i els riscos que més sovint publiciten les diferents posicions.

Biologia sintètica: riscos i beneficis

Els defensors de la biologia sintètica imaginem una quantitat increïble de beneficis potencials. A més de l'artemisina sintètica, es podrien aconseguir subministraments abundants i barats de molts altres medicaments, alguns dels quals avui dia són cars o escassos, i altres, ni tan sols imaginem. Hi hauria organismes sintètics capaços de convertir residus agrícoles o altres elements de base vegetal en biocombustibles. Altres preveuen l'existència de basses plenes d'organismes que, per mitjà de la fotosíntesi, oferirien alternatives als combustibles basats en el petroli i altres productes. S'haurien acabat les extraccions de sorres de quitrà, no caldria transportar petroli a través d'oceans o d'àrees ecològicament sensibles amb el perill constant de vessaments tòxics: els seus defensors imaginem fonts d'energia molt més ecològiques i matèries primeres respectuoses amb el medi ambient per a la indústria.

Però també hi ha riscos. Entre els primers que van cridar l'atenció dels poders polítics cal esmentar la possibilitat de crear intencionadament

patògens destinats a causar greus danys a les persones, l'agricultura o el medi ambient. Els estats nacionals podrien intentar utilitzar la biologia sintètica per a la guerra biològica. Les nacions poden reunir els coneixements i l'experiència necessaris per crear aquests patògens i poden concebre maneres de convertir-los en armes potencials. En la mesura que la biologia sintètica facilita el fet que un estat pària pugui crear armes biològiques, esdevé cada vegada més important l'aplicació enèrgica de tractats eficaços i internacionalment vinculants.

A mesura que es va fent més fàcil manipular organismes, una realitat que s'ha posat en relleu amb l'increment recent de la biologia «DIY» (també coneguda com a biologia «de garatge»), ha augmentat la preocupació pel que fa a actors no estatals malintencionats que puguin fer ús de la biologia sintètica per a finalitats de bioterrorisme. Els experts en seguretat busquen maneres d'evitar que els terroristes tinguin accés a l'equipament, els reactius i la informació que necessitarien per crear patògens. Tanmateix, és probable que els materials necessaris estiguin cada vegada més a l'abast, i els científics són profundament contraris a censurar la informació, com ha mostrat recentment la controvèrsia arran de la recerca que va produir el virus de la grip aviària (H5N1) que es transmetia més fàcilment entre els furons (l'anàleg als humans de preferència en experimentació).²⁰ Els experts en guerra biològica ofereixen, però, una informació tranquil·litzadora: tot i que és fàcil crear un patògen, convertir-lo en arma biològica potencial és immensament més difícil i probablement requeriria els recursos d'una nació.²¹

Crear un patògen nou que pugui ser utilitzat eficaçment en la guerra biològica s'ha considerat quelcom bastant difícil. El Consell Assessor de Ciències i Bioseguretat (NSABB) dels Estats Units determinava en un informe l'any 2006 el següent: «L'estat actual dels coneixements científics posa de manifest que sovint és la combinació o interacció d'elements genètics subjacents a aquestes propietats més que no pas un seqüència genètica específica. A més, les conseqüències nocives dels agents biològics depenen de múltiples factors, com ara la susceptibilitat

de l'hoste, la infectivitat, la transmissibilitat i la virulència de l'agent, com també la disponibilitat d'intervencions profilàctiques o terapèutiques».²² Almenys, els estudis recents sobre l'H5N1 han modificat la valoració de la dificultat que comporta modificar un patògen per incrementar-ne la transmissibilitat.

La guerra biològica i el bioterrorisme no són les úniques causes de preocupació; la biologia sintètica també planteja la possibilitat del «bioerror», és a dir, la creació i l'alliberament involuntaris de quelcom nociu. El bioerror no és, per descomptat, un risc completament nou. La recerca sobre la grip aviària a què s'ha fet referència més amunt no procedia, de fet, de la biologia sintètica. Els treballadors dels laboratoris que tracten amb organismes perillosos poden ser infectats accidentalment en punxar-se amb una agulla i infectar les seves famílies i veïns. Els organismes perillosos es poden introduir en el medi ambient per causa de fallades accidentals de contenció per descurança, fallades de sistemes o catàstrofes naturals com ara terratrèmols o inundacions.

Si s'utilitzen organismes creats amb l'ajuda de la biologia sintètica per a regeneració mediambiental o per netejar vessaments de petroli o accidents industrials, o si s'alliberen al medi ambient organismes continguts en tancs o recipients industrials o basses, quins són els riscos? En una de les seves recomanacions, el PCSBI esmenta els «gens suïcides», que, teòricament, eliminarien qualsevol organisme d'aquestes característiques. Amb tot, queda encara molta recerca per fer abans que puguem confiar que aquest sistema de protecció incorporat funcionaria com es pretén, o si els organismes biològics sintètics es comportarien com altres ens vius, mutant, adaptant-se i intercanviant material genètic amb altres microbis (un fenomen ben conegut en biologia que podríem anomenar «petó francès microbià».¹⁸

A més d'aquestes preocupacions pel que fa a la salut i el medi ambient, alguns grups de la societat civil en plantegen d'altres sobre pertorbacions

econòmiques i injustícia.¹⁷ Assenyalen, per exemple, que és probable que la producció d'artemisina biosintètica afecti el preu que els conreadors dels països en vies de desenvolupament obtenen per l'artemisia anual i que, d'aquesta manera, també afecti potencialment la seva capacitat per guanyar-se la vida. Reprendré aquests temes en l'apartat sobre aquest informe.

Les polítiques públiques i la governança

Els organismes nacionals de bioètica i grups de la societat civil han ofert diversos punts de vista sobre la biologia sintètica. Tres d'aquests estudis formen un espectre que abasta des d'un suport general fins a una oposició total. Són els següents: *New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies* (Noves direccions: l'ètica de la biologia sintètica i les tecnologies emergents), de la Comissió Presidencial per a l'Estudi d'Assumptes de Bioètica dels Estats Units; *Biologia sintètica*, un informe conjunt elaborat pel Comitè de Bioètica d'Espanya i pel Consell Nacional d'Ètica per a les Ciències de la Vida, de Portugal, i *The Principles for the Oversight of Synthetic Biology* (Els principis per a la supervisió de la biologia sintètica), un informe distribuït per Amics de la Terra dels Estats Units, el Centre Internacional per a l'Avaluació Tecnològica i el Grup ETC, amb el suport de més d'un centenar d'organitzacions de la societat civil.¹⁸ ^{19, 17} A partir d'ara, em referiré a aquests informes com a *Noves Direccions*, *Biologia Sintètica* i *Principis per a la Supervisió*.

Els informes posen en relleu diferents temes i presenten i organitzen les seves conclusions i recomanacions de maneres diverses. Però el que diuen —o no diuen— sobre vuit temes en concret és revelador. Aquests temes són: beneficis, riscos, governança i reglamentació, patents, paper de la societat civil, justícia, qüestions ètiques i, finalment, com a element subjacent a moltes de les seves opinions, on se situen pel que fa a la qüestió sobre la continuïtat o la discontinuïtat radical.

Els beneficis: *Noves Direccions* és, en general, força optimista quant als beneficis potencials de la biologia sintètica. En les primeres tres recomanacions insta el Govern a coordinar i avaluar el finançament públic per a la biologia sintètica, incloent-hi la recerca sobre l'avaluació de riscos i assumptes ètics i socials; utilitzar l'avaluació d'experts (*peer-review*) per identificar la recerca més prometedora, i fomentar la innovació per mitjà de la concessió de llicències i la distribució. La primera recomanació de *Biologia Sintètica* afirma que aquest camp «representa un progrés potencialment beneficiós per a la humanitat en una àmplia varietat de sectors, especialment en el sanitari. Per tant, cal donar suport al seu desenvolupament, tot i que prenent sempre les precaucions que siguin necessàries».¹⁹ En canvi, *Principis per a la Supervisió* qualifica la biologia sintètica com una «forma extrema d'enginyeria genètica»¹⁷ i no fa cap referència als possibles beneficis. Se centra en el risc, la justícia i la governança.

Els Riscos: *Principis per a la Supervisió* afirma que la biologia sintètica «planteja riscos importants per a la salut, la seguretat i el medi ambient, com també reptes profunds des del punt de vista social, econòmic i ètic».¹⁷ L'informe no s'esforça gaire a defensar la seva posició pel que fa als riscos importants més enllà d'asseveracions recurrents sobre la biologia sintètica i esmenta algunes qüestions com ara el reassemblatge dels virus de la poliomielitis i de la grip del 1918 i la pretensió de l'equip de Venter d'haver creat una cèl·lula sintètica. Els autors descriuen la biologia sintètica com quelcom nou i, per tant, amenaçador. Així doncs, insten que se li apliqui el principi de precaució. L'informe reclama explícitament noves estructures per a la supervisió i la regulació, com també una moratòria «sobre l'alliberament i l'ús comercial d'organismes sintètics».¹⁷

L'informe espanyol i portuguès també adopta el que anomena «principi de precaució», però esmenta expressament els «criteris flexibles» del principi.¹⁹ Amb això marca una considerable diferència de to amb l'informe *Principis per a la Supervisió*, gens sorprenent, ja que aquest darrer document

ofereix una visió molt més catastrofista dels riscos que puguin sorgir. A *Biologia Sintètica* es reconeixen eventuais riscos com ara el doble ús, però es considera que es poden tractar adequadament mitjançant la gestió de riscos, el control i el seguiment. Per a determinades aplicacions, l'informe suggereix que seria recomanable disposar d'autorització prèvia i dur a terme inspeccions i controls periòdics. No es reclamen noves agències reguladores ni tampoc no es recomana cap moratòria.

La recomanació 4 de *Noves Direccions* inclou una referència explícita a les noves agències: «La Comissió no veu la necessitat en aquests moments de crear noves agències o organismes supervisors destinats específicament a la biologia sintètica».¹⁸

L'informe reconeix el repte que representa la novetat i la incertesa en un camp emergent per a la comprensió dels riscos, especialment els riscos d'esdeveniments, que descriu com de «baixa probabilitat i gran impacte potencial»; en definitiva, catàstrofes, en la seva nomenclatura habitual. Reclama una millor coordinació entre les agències governamentals a l'hora d'avaluar els riscos i, també, l'anàlisi de qualsevol divergència potencial en la manera com respondria el Govern a la proposta d'alliberament a l'entorn d'organismes sintètics. L'informe reclama que s'estableixin proteccions i controls per evitar l'alliberament involuntari d'organismes sintètics i que es faci recerca sobre les barreres tècniques que es puguin incorporar en els organismes sintètics per tal de limitar o d'evitar-ne la supervivència en cas que escapin al confinament. A la recomanació 7, *Noves Direccions* reclama una avaluació de riscos prèvia a l'alliberament voluntari a l'entorn, però obre la porta a les excepcions «en circumstàncies d'emergència o en cas que es trobi una equivalència significativa respecte a productes aprovats». Hi ha una llacuna considerablement àmplia emmarcada com a clàusula «o-o»: *si* hi ha una emergència o *si* es considera que l'organisme sintètic és substancialment equivalent a un d'existent, es podria permetre l'alliberament a l'entorn sense una avaluació de riscos prèvia. Els autors i els signants de *Principis per a la Supervisió* probablement quedarien horroritzats davant d'això; l'informe hispanoportuguès no fa

cap recomanació explícita referent a l'alliberament a l'entorn, però el seu suport a una forma moderada del principi de precaució i l'èmfasi que fa en l'autorització prèvia suggereix que els autors adoptarien un posicionament més caut que els seus col·legues dels Estats Units.

La governança: Pel que fa a la governança i la supervisió, l'informe d'Espanya i Portugal recorda a «les autoritats públiques i científiques, les empreses, els emprenedors i els professionals dels mitjans han d'assumir les responsabilitats derivades de les seves tasques i obligacions, de manera que dirigeixin les seves accions en benefici de la comunitat i de l'interès general».¹⁹ L'informe conclou que «l'autoregulació i la transparència, en la mesura que serveixen a l'interès general, són adequades per aconseguir una prevenció efectiva i eficaç dels riscos associats a l'ús de la biologia sintètica i per protegir els interessos del consumidor mitjançant els mecanismes de participació pública».¹⁹

De manera semblant, *Noves Direccions* confia en gran mesura en «una cultura continuada de responsabilitat i d'autoregulació individual i empresarial».¹⁸ Amb tot, aquest informe presta una atenció considerable a la biologia «DIY» i reconeix que les limitacions institucionals i culturals incorporades a la recerca i el desenvolupament acadèmics i industrials no s'apliquen amb la mateixa força a la creixent comunitat de desenvolupadors de biologia sintètica «DIY». *Noves Direccions* no hi veu un perill immediat, però preconitza un escrutini continu i un seguiment de la comunitat «Bio DIY» per part d'agències com ara el Departament de Seguretat Nacional dels Estats Units i l'FBI. També insta el Govern a considerar l'exigència de mesures de supervisió i informació independentment de l'estatus institucional (públic o privat, gran organització o «DIY»).

Principis per a la Supervisió exigeix accions restrictives, inclosa la prohibició de «l'alliberament voluntari d'organismes sintètics a l'entorn per a finalitats de regeneració biològica o altres aplicacions».¹⁷ L'informe també declara: «Fins que els principis anteriors no s'incorporin a les legislacions locals,

federals i internacionals i a la recerca o les pràctiques industrials, s'ha d'establir una moratòria sobre l'alliberament i l'ús comercial d'organismes sintètics». ¹⁷ Els principis citats constitueixen el cos de l'informe i cobreixen un ampli ventall de temes. Inclouen l'ús del principi de precaució, l'exigència de reglamentació obligatòria específica en matèria de biologia sintètica, la protecció de la salut pública i la seguretat laboral, la protecció del medi ambient, la garantia del dret a saber i la participació democràtica i, finalment, la responsabilitat del fabricant i la responsabilitat corporativa.

A l'efecte pràctic, una moratòria sobre tots i cadascun dels «alliberaments i usos comercials dels organismes sintètics» ¹⁷ fins que no s'haguessin incorporat aquests sis principis a les legislacions internacionals, federals i locals, i a l'exercici pràctic, probablement significaria que no es disposaria de cap producte de biologia sintètica en molt i molts anys, si mai se n'arribava a disposar d'algun.

Les patents i la propietat intel·lectual: *Principis per a la Supervisió* planteja el tema de les patents en biologia sintètica amb desconfiança total: «Les patents sobre processos de biologia sintètica, organismes o productes sintètics derivats de la biologia sintètica podrien afavorir la privatització i el control dels productes i els processos d'origen natural. No s'hauria de permetre a les empreses i els investigadors que patentessin versions sintètiques d'organismes naturals. Aquestes patents podrien obrir les portes a la biopirateria i a formes d'eludir els contractes d'accés i de distribució de beneficis. La transparència, la seguretat pública i la protecció mediambiental han de gaudir de preferència legal sobre qualsevol protecció de patent o de propietat intel·lectual». ¹⁷ L'informe no ofereix cap visió alternativa sobre com es podrien dur a terme les inversions i el desenvolupament en absència de patents o d'altres formes de propietat intel·lectual.

L'informe d'Espanya i Portugal sol·licita a les «autoritats competents» que avaluin les noves qüestions que poden sorgir en patentar processos

i productes de biologia sintètica. La seva preocupació és que l'impacte econòmic potencial d'aquestes patents «pugui violar el principi ètic de justícia». ¹⁹

La Comissió Presidencial nord-americana ofereix a *Noves Direccions* una discussió sofisticada sobre l'impacte de les patents en la innovació, però «no ofereix cap opinió específica sobre l'eficàcia de les pràctiques i les polítiques actuals en matèria de propietat intel·lectual en biologia sintètica» de manera expressa. ¹⁸ La preocupació de la Comissió no gira tant entorn de la justícia, com en els altres dos informes, sinó més aviat en l'accés a la recerca bàsica i en l'impacte motivador o desmotivador sobre la innovació. L'informe observa amb interès la filosofia de «codi obert» del moviment BioBricks, però declina prendre partit per un enfocament en concret, i cita el testimoni contradictori en el cas de la relació entre els sistemes de propietat intel·lectual i la innovació.

El paper de la societat civil: Tots tres informes reclamen compromís amb el públic. *Noves Direccions* promou la «deliberació democràtica» i anima els «científics, responsables polítics, i religiosos, seglars i grups de la societat civil... a mantenir un intercanvi constant» al voltant de la biologia sintètica amb els responsables polítics i l'opinió pública. Es recorda als científics i als responsables polítics que «han de prendre en consideració respectuosament tots els punts de vista rellevants sobre la biologia sintètica». ¹⁸ Després, la Comissió fa una cosa força inusual en aquests organismes de bioètica, en instar a tothom a «fer servir un llenguatge clar i precís» i a evitar «paraules i frases fetes de moda com ara "crear vida" o "jugar a ser Déu"...», argumentant que aquest tipus de llenguatge impedeix la comprensió. Van encara un pas més enllà i suggereixen un mecanisme de verificació dels fets, supervisat privadament, per examinar les declaracions sobre biologia sintètica. Finalment, l'informe recomana ampliar les activitats educatives adreçades a «estudiants de tots els nivells, organitzacions de la societat civil, comunitats i altres grups», que haurien de rebre el suport del Govern, fundacions privades i organitzacions de base. ¹⁸

Biologia Sintètica recomana la creació de comissions a escala nacional, comunitària i local per controlar i supervisar activitats de biologia sintètica i d'altres tecnologies emergents. Depenent de les seves competències legals, aquestes comissions podrien exercir una autoritat executiva o merament consultiva.¹⁹

La implicació pública és un element cabdal per a *Principis per a la Supervisió*: «Els governs han de promoure una implicació significativa del públic i els treballadors a través de tot el procés de presa de decisions relacionat amb el desenvolupament de la biologia sintètica i els seus productes, inclòs l'establiment d'una agenda de recerca, del context i de l'abast de l'avaluació de riscos. Això inclou assegurar-se que les comunitats tenen accés a opinions científiques i legals independents sobre els projectes proposats».¹⁷ A més d'aquesta demanda d'assessorament científic independent, *Principis per a la Supervisió* reivindica de manera inconfusible el «coneixement tradicional»: «Les oportunitats de participar en decisions sobre biologia sintètica no han de quedar restringides només a les aportacions científiques. Altres formes de coneixement, entre les quals hi ha el coneixement tradicional i, també, l'anàlisi de consideracions de tipus cultural, legal, social i econòmic, haurien de tenir un pes en els processos de presa de decisions».¹⁷ L'informe insisteix que cal prestar una atenció especial a tres categories de persones: les comunitats, especialment les comunitats pobres, on es poden ubicar instal·lacions comercials; els sindicats i els grups vinculats a la seguretat laboral preocupats per l'exposició que afectaria el món laboral, i les comunitats preocupades per les implicacions relacionades amb l'ús de la terra i altres temes rellevants.

La justícia: Tal com deixava clar l'èmfasi que feia en el compromís públic amb les comunitats pobres i els treballadors, a *Principis per a la Supervisió* hi ha una profunda preocupació per la justícia. Els eixos principals de la seva visió en aquesta matèria són els binomis riquesa/pobresa i Nord/Sud. L'escrit de suport que va escollir per a la contraportada de l'informe,

de Vandana Shiva, una activista mediambiental, expressava clarament la cosmovisió subjacent a l'informe:

«La biologia sintètica, la següent onada d'enginyeria genètica, permet que les companyies petrolieres i els fabricants de pesticides i llavors redissenyin la vida per poder obtenir-ne més diners. Aquestes empreses ara es volen apoderar dels boscos i les terres del Sud Global per fabricar els anomenats biocombustibles destinats a avions i vaixells militars o a produir nous cosmètics per als rics. En usar la biologia sintètica, la dictadura dels biocombustibles s'afegeix a la dictadura alimentària fruit del primer tipus d'enginyeria genètica. Els *Principis per a la Supervisió* de la Biologia Sintètica és una eina important per ajudar la gent a aconseguir el control d'aquestes noves tecnologies».¹⁷

Com s'ha esmentat abans, les preocupacions de *Biologia Sintètica* pel que fa a la justícia se centren en les injustícies que es pot causar mitjançant la concessió de patents. El suport d'aquest informe a la creació de comissions a múltiples nivells sembla que s'adreça principalment a avaluar els riscos i els beneficis per a la comunitat, però podria estimular també fàcilment la protecció procedimental contra la injustícia.

L'últim dels cinc principis que articula la Comissió Presidencial és «promoure la justícia i l'equitat». Aplicant-ho a la biologia sintètica, les dues recomanacions finals de *Noves Direccions* insten que els riscos inherents a la recerca i a la producció comercial «no es distribueixin injustament». L'informe continua ocupant-se també de la justícia i l'equitat pel que fa als beneficis: «Els fabricants i altres agents que pretenen utilitzar la biologia sintètica per a activitats comercials s'han d'assegurar que els riscos i els beneficis potencials per a les comunitats i el medi ambient s'avaluin i es gestionin de manera que els riscos més greus, inclosos els impactes a llarg termini, no es limitin innecessàriament o injustament a determinats individus, subgrups o poblacions. Aquests esforços també s'han d'adreçar a garantir que els avenços importants que es poden derivar d'aquesta recerca arribin a les persones i les poblacions que en puguin treure més benefici».¹⁸

La Comissió també és conscient dels eixos riquesa/pobresa i Nord/Sud, tan centrals per a *Principis per a la Supervisió*, però, tenint en compte que preveu tant riscos com beneficis potencials, el seu to no podria ser més diferent: «[...] la major part de l'optimisme que envolta la biologia sintètica procedeix directament del seu potencial per resoldre alguns dels vells i significatius problemes associats a aquestes disparitats. La biologia sintètica ofereix aplicacions potencials que poden ser especialment beneficioses per a les poblacions més endarrerides, inclosa la millora de la qualitat i l'accés a vacunes contra malalties infeccioses, medicacions i fonts combustibles».¹⁸

Consideracions ètiques més enllà de les conseqüències. Un dels trets interessants de la biologia sintètica és la seva capacitat de plantejar assumptes ètics més enllà de l'àmbit usual de les conseqüències, com ara els riscos i els beneficis i, també, les qüestions de justícia. Els estudiosos han analitzat qüestions com, per exemple, els límits apropiats del control de la humanitat sobre la natura i la creació o recreació de la vida.²³ Un projecte de recerca de *The Hastings Center*²⁴ va estudiar algunes d'aquestes qüestions i va concloure: (1) que eren temes punyents i que s'havien de prendre seriosament, i (2) que, en la mesura que la biologia sintètica no treballava amb formes de vida més complexes que els microbis unicel·lulars, aquestes consideracions no plantejaven cap barrera ètica seriosa. Això podria canviar en el moment que la biologia sintètica comencés a tractar amb formes de vida més complexes, especialment la vida humana.

Dels tres informes, tant *Principis per a la Supervisió* com *Biologia Sintètica* limiten la seva atenció sobre assumptes ètics a les conseqüències, com ara riscos i beneficis, i a la justícia. Cap de les recomanacions dels informes no s'ocupa explícitament de qüestions no conseqüencialistes, tot i que *Biologia Sintètica* les planteja quan al·ludeix a la pretensió de l'equip de Venter d'haver creat una cèl·lula sintètica. Aquest informe observa que una pretensió d'aquest tipus «convida a una forta reflexió».¹⁹ Tanmateix, els autors de l'informe no estan convençuts que, de fet, es creés vida o una

cèl·lula viva i, per tant, passen ràpidament a qüestions que consideren de rellevància més immediata com ara els temes relatius a les conseqüències i la justícia. *Principis per a la Supervisió* es manté fermament centrat en els riscos i la justícia, sense fer cap menció a altres categories de preocupacions ètiques.

En canvi, *Noves Direccions* recomana visitar les objeccions morals a la biologia sintètica a mesura que aquest àmbit es desenvolupi. Insten a iniciar un «procés deliberatiu i iteratiu», «especialment si es produeixen canvis fonamentals en les capacitats d'aquesta ciència i les seves aplicacions». En el comentari que precedeix la recomanació 10, els autors mencionen expressament les «objeccions intrínseques» com a diferents de les conseqüències *per se* o les qüestions de justícia.

La continuïtat en front la discontinuïtat radical: Dos dels informes que estem analitzant aquí emfatitzen, en general, la continuïtat de la biologia sintètica amb les primeres formes de les ciències i la tecnologia biològiques. *Noves Direccions* reconeix que es poden albirar «avenços revolucionaris», però conclou que «la recerca de l'Institut Venter i la biologia sintètica estan en les primeres etapes d'una nova direcció en un *llarg continuuum de recerca en biologia i genètica*».¹⁸ L'informe és conscient dels nous participants que han aparegut en aquest marc, com ara els enginyers i els biòlegs «DIY», però en l'anàlisi i les recomanacions, preval la visió de la continuïtat.

L'informe d'Espanya i Portugal, en la mateixa línia, opina que el treball de l'equip de Venter va crear una nova «eina biotecnològica», però no va arribar a crear ni molt menys una nova vida. L'informe afirma: «En ciència no hi ha descobriments que surten del no-res, que no tenen cap predecessor o que sorgeixen d'un cervell tan privilegiat o original i intel·ligent que no té cap necessitat de considerar el que altres han descobert, descrit o intuït prèviament».¹⁹ A més, l'informe observa que les qüestions ètiques són també «de tota manera semblants» a les que sorgeixen en altres tipus de tecnologies.¹⁹ Una vegada més, triomfa la visió de la continuïtat.

Principis per a la Supervisió n'és l'excepció. La seva descripció de la biologia sintètica com a «enginyeria genètica extrema» sembla que apunta cap a la continuïtat, però l'anàlisi i les recomanacions en subratllen la novetat i la discontinuïtat. L'informe reclama l'aplicació total del Principi de Precaució i «una reglamentació específica per a la biologia sintètica executable i que permeti enjudiciar el seu incompliment», com també «els més estrictes nivells de contenció física, biològica i geogràfica, i una avaluació de riscos mediambientals independent per a cada activitat o producte proposat».¹⁷

D'altra banda, sembla que *Principis per a la Supervisió* prengui partit per l'excepcionalisme de la biologia sintètica. És a dir, a l'efecte de la política i la supervisió tracta la biologia sintètica com una cosa substancialment diferent d'altres tecnologies més antigues, com ara l'enginyeria genètica i, per tant, com quelcom que requereix mitjans nous i diferents per controlar-ne el risc i garantir la justícia. Amb tot, també podria ser que els autors d'aquest informe estiguin entaulant novament velles batalles, intentant convèncer els lectors que la biologia sintètica és prou diferent de l'enginyeria genètica i de l'alimentació modificada genèticament per poder recuperar el terreny perdut en aquelles lluites. Queda per veure si la seva exigència de protecció dels drets dels treballadors i la salut i de justícia per a les comunitats del Sud Global trobarà ressò en el marc de la biologia sintètica.

La malària, l'artemisina i la biologia sintètica

Importen les diferències en aquests informes? Seria injust reduir aquests tres documents complexos i multifacètics a caricatures o a un simple rànquing. Tot i que hi ha qüestions que aborden els tres documents, els informes difereixen molt en la importància que atorguen a cadascuna; així, alguns temes destacats en un informe reben poca o cap atenció en els altres. En lloc d'ocupar-nos de generalitats, un estudi de cas pot ser més clarificador. Un candidat obvi és la producció d'artemisina sintètica per complementar o substituir l'artemisina derivada de la seva font botànica,

la planta artemísia anual, que es cultiva en diversos països en vies de desenvolupament.

Noves Direccions explica la història de la biologia sintètica i l'artemisina com un relat de bones motivacions, d'associació intel·ligent i d'enormes beneficis potencials per a centenars de milions de persones que s'infecten cada any amb el paràsit de la malària. L'informe descriu el desenvolupament de la capacitat de produir artemisina sintètica a escala industrial com «un exemple que demostra que els acadèmics, el públic, els interessos industrials i les organitzacions sense ànim de lucre s'han unit per promoure el benestar global».¹⁸ En referència a l'artemisina i la possible producció de biocombustibles, *Noves Direccions* afirma: «És molt important esforçar-se per aconseguir aquestes i altres aplicacions i, assegurar-se, si es té èxit, que arriben als individus i les comunitats que se'n poden beneficiar més».¹⁸

Aquesta posició al voltant de l'artemisina sintètica contrasta amb la defensada a *Principis per a la Supervisió*, que observa correctament que la biologia sintètica pot «substituir la producció botànica dels productes basats en la planta natural (per exemple, cautxú, olis vegetals, artemisina) per sistemes de producció en basses utilitzant microbis sintètics o traslladar la producció a plantes tractades genèticament».¹⁷ *Principis per a la Supervisió* argumenta després que aquesta evolució «podria tenir impactes econòmics devastadors per a les comunitats agrícoles, pesqueres i forestals que depenen dels compostos naturals per a la seva subsistència. Aquests impactes, com també els de l'extracció de biomassa i l'acaparament de terres associat s'han de tenir en compte en qualsevol avaluació de riscos. Aquestes avaluacions han d'incloure una participació completa i activa de les comunitats que quedaran afectades».¹⁷

Tret que les lleis econòmiques quedin en suspens, els cultivadors d'artemisina anual tindran menys demanda per als seus cultius en el moment en què es disposi d'artemisina sintètica en grans quantitats. Llevat que puguin trobar mercats alternatius per a l'artemisina anual o que es passin a cultius

igualment rendibles, els seus mitjans de vida quedaran greument afectats. Què diran aquestes comunitats, que probablement patiran pèrdues econòmiques greus, quan se'ls consulti sobre la producció d'artemisina sintètica? Potser seran magnànims i s'autosacrificaran. Potser diran que és més important assegurar un subministrament suficient i barat als malalts de malària que no que ells facin diners. Però, i si decideixen mirar pel seu interès? Què passa si aquestes comunitats, que, de fet, poden quedar greument afectades, s'oposen a la producció i la distribució d'artemisina sintètica? Quin pes han de tenir les seves veus en la decisió de produir-ne prou per cobrir les necessitats mundials a un preu molt més baix?

Principis per a la Supervisió intenta defensar els pobres i els impotents, els treballadors, el Sud Global, les veus de la gent que s'han ignorat durant molt de temps. Per això, se li ha de reconèixer el mèrit. Amb tot, la seva posició de ni tan sols considerar els possibles beneficis que es podrien derivar de la biologia sintètica resta utilitat a l'informe. (Una cerca del mot «malària» no dona ni un resultat a tot l'informe.) Tampoc no es pot pretendre que la seva recomanació assenyada d'incloure la «participació total i activa»¹⁷ de les comunitats afectades pugui resoldre totes les qüestions difícils.

Si partim de la hipòtesi que l'artemisina produïda per la biologia sintètica és tan segura i eficaç com la seva bessona botànica, la decisió de produir-la i distribuir-la no és pas difícil: per descomptat que ho hem de fer. Podria beneficiar centenars de milions de persones al Sud Global i a tot arreu. Fins i tot, si els cultivadors d'artemisina anual protesten. Seria molt millor invertir en maneres de millorar la salut i els mitjans de vida d'aquestes comunitats de cultivadors que no pas protegir-los contra el canvi al cost esgarrifós de la salut dels altres.

És probable que altres productes de biologia sintètica presentin balanços molt més complicats de riscos i beneficis i problemes més complexos en matèria de justícia. Hi ha perles de saviesa en cadascun dels tres informes. Esperem que el diàleg global sobre la biologia sintètica s'hi basarà.

Referències bibliogràfiques

1. Comissió Europea. *SynBiology: An Analysis of Synthetic Biology Research in Europe and North America*. 2005.
2. Whitehorn C, Breman J. «Epidemiology, prevention, and control of malaria in endemic areas». *UpToDate*. 2012. Disponible en: <http://www.uptodate.com/contents/epidemiology-prevention-and-control-of-malaria-in-endemic-areas>. Accés a la pàgina: 9 de abril de 2012.
3. Organització Mundial de la Salut. *Informe Mundial sobre el Paludisme*. 2010.
4. «Synthetic biology extends anti-malaria drug artemisinin's effectiveness». *News Medical*. 2009. Disponible a: <http://www.news-medical.net/news/2009/03/08/46650.aspx?page=2>.
5. Hale V, Keasling J D, Renninger N, Diagona T T. «Microbially derived artemisinin: a biotechnology solution to the global problem of access to affordable antimalarial drugs». *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2007, 77 (Suplement 6), 198-202.
6. Comunicat de premsa d'Amyris. «Artemisinin – Anti-malarial Therapeutic». Disponible a: <http://www.amyris.com/en/markets/artemisinin>.
7. Sample I. Jay Keasling: «We can use synthetic biology to make jet fuel». *The Guardian*. 2011. Disponible a: <http://www.guardian.co.uk/technology/2011/feb/27/jay-keasling-synthetic-biology-diesel>.
8. Registry of Standard Biological Parts. Disponible a: http://partsregistry.org/Main_Page. Accés a la pàgina: 9 d'abril de 2012.
9. Est R V, Vriend H D, Walhout B. *Constructing Life: The World of Synthetic Biology*. La Haya; 2007.
10. Hotz R. «Scientists Create Synthetic Organism». *The Wall Street Journal*. 2010.
11. Gibson D G, Glass J I, Lartigue C y cols. «Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome». *Science*. 2010, 329(5987), 52-6. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20488990>. Accés a la pàgina: 29 de febrer de 2012.
12. Bedau M, Church G, Rasmussen S y cols. «Life after the synthetic cell». *Nature*. 2010, 465(7297), 422-4. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20495545>. Accés a la pàgina: 16 d'abril de 2012.
13. Regis E. *What Is Life?: Investigating the Nature of Life in the Age of Synthetic Biology*. Nueva York: Farrar, Straus and Giroux; 2008.
14. Ball P. «Synthetic biology: starting from scratch». *Nature*. 2004, 431(7009), 624-6. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15470399>. Accés a la pàgina: 16 d'abril de 2012.
15. Smolke C D. «Building outside of the box: iGEM and the BioBricks Foundation». *Nature Biotechnology*. 2009, 27(12), 1099-102. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20010584>.
16. Rugnetta M. «The Promise and Dangers of Synthetic Biology». *Science Progress*. 2010. Disponible a: <http://scienceprogress.org/2010/07/the-promise-and-dangers-of-synthetic-biology/>.
17. Hoffman E, Hanson J, Thomas J. *Principios para la supervisión de la biología sintética*. 2012, 1-20.
18. Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. *New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies*. 2010.
19. Comité. *Biología Sintética: Informe conjunto del Comité de Bioética de España y del Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida de Portugal*. Lisboa-Barcelona, 2011. Disponible a: http://www.comitedeBioetica.es/documentacion/docs/es/CBE-CNECV_Informe_Biologia_Sintetica_24112011.pdf
20. Fouchier R A M, García-Sastre A, Kawaoka Y. «Pause on avian flu transmission studies». *Nature*. 2012, 481(7382), 443. Disponible a: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22266939>. Accés a la pàgina: 16 de abril de 2012.
21. King N. «Biological Terrorism». *Science, Technology, and Society: An Encyclopedia*. 2005:28-30.
22. The US National Science Advisory Board for Biosecurity (NSABB). *Addressing Biosecurity Concerns Related to the Synthesis of Select Agents*. 2006.
23. Kaebnick G. «Of Microbes and Men». *Hastings Center Report*. 2011, 41, 25-28.
24. Bedau M A, Carlson R, Gutmann A, Kaebnick G E, Murray T. *Synthetic Biology and the Ethics of Human Ingenuity*. 2011.

Sobre l'autor

Thomas H. Murray, doctor honoris causa en medicina per la Universitat d'Uppsala, és investigador sènior i president emèrit de *The Hastings Center* de Nova York. El doctor Murray va dirigir anteriorment el Centre d'Ètica Biomèdica de la Universitat Case Western Reserve de Cleveland, Ohio, a on també va ocupar la càtedra Susan E. Watson de bioètica.

Murray ha ocupat importants càrrecs relacionats amb la bioètica, entre els que destaquen el de president de la *Society for Health and Human Values* i de la *American Society for Bioethics and Humanities*. Així mateix, és un dels directors i fundadors de la revista *Medical Humanities Review*, i es troba a les juntes editorials de les publicacions *The Hastings Center Report*, *Human Gene Therapy*, *Politics and the Life Sciences*, *Cloning, Science, and Policy*, *Medscape General Medicine*, *Teaching Ethics*, *Journal of Bioethical Inquiry* i *Journal of Law, Medicine & Ethics*. El doctor Murray, que ha comparegut davant un gran nombre de comitès del Congrés dels Estats Units, es autor de més de dues-centes publicacions.

Entre les seves publicacions destaquen:

- «From Birth to Death and Bench to Clinic», *The Hastings Center Bioethics Briefing Book for Journalists, Policymakers, and Campaigns 2009-2009*, The Hastings Center 2008.
- Murray, T. H., «Enhancement», *The Oxford Handbook of Bioethics*, Bonnie Steinbock (ed.), Oxford University Press, 2007.
- Loland, S., Murray, T. H., «The ethics of the use of technologically constructed high-altitude environments to enhance performances in sport», *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17, 193-195, 2007.
- Green, N. S., Dolan, S. M., Murray, T. H., «Newborn Screening: Complexities in Universal Genetic Testing», *American Journal of Public Health*, vol. 96, n. 11, Novembre 2006. Sports Enhancement
- Botkin, J.R., Clayton, E. W., Fost, N., Burke, W., Murray, T. H., Baily, M.A., Wilfond, B., Berg, A. and Ross, L. F., «Newborn Screening Technology: Proceed with Caution», *Pediatrics*, vol. 117, n. 5, Maig 2006.

Títols publicats

Quaderns de Bioètica:

28. *La ética en las instituciones sanitarias: entre la lógica asistencial y la lógica gerencial*
27. *Ética y salud pública*
26. *Las tres edades de la medicina y la relación médico-paciente*
25. *La ética, esencia de la comunicación científica y médica*
24. *Maleficencia en los programas de prevención*
23. *Ética e investigación clínica*
22. *Consentimiento por representación*
21. *La ética en los servicios de atención a las personas con discapacidad intelectual severa*
20. *Retos éticos de la e-salud*
19. *La persona como sujeto de la medicina*
18. *Listas de espera: ¿lo podemos hacer mejor?*
17. *El bien individual y el bien común en bioética*
16. *Autonomía y dependencia en la vejez*
15. *Consentimiento informado y diversidad cultural*
14. *Aproximación al problema de la competencia del enfermo*
13. *La información sanitaria y la participación activa de los usuarios*
12. *La gestión del cuidado en enfermería*
11. *Los fines de la medicina*
10. *Corresponsabilidad empresarial en el desarrollo sostenible*
9. *Ética y sedación al final de la vida*
8. *Uso racional de los medicamentos. Aspectos éticos*
7. *La gestión de los errores médicos*
6. *Ética de la comunicación médica*

5. *Problemas prácticos del consentimiento informado*
4. *Medicina predictiva y discriminación*
3. *Industria farmacéutica y progreso médico*
2. *Estándares éticos y científicos en la investigación*
1. *Libertad y salud*

Informes de la Fundació:

5. *Ètica i biologia sintètica: quatre corrents, tres informes*
4. *Las prestaciones privadas en las organizaciones sanitarias públicas*
3. *Clonación terapéutica: perspectivas científicas, legales y éticas*
2. *Un marco de referencia ético entre empresa y centro de investigación*
1. *Percepción social de la biotecnología*

Interrogants ètics:

3. *La subrogación uterina: análisis de la situación actual*
2. *Afectividad y sexualidad. ¿Son educables?*
1. *¿Qué hacer con los agresores sexuales reincidentes?*

Par a més informació: www.fundaciongrifols.org