



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

BIOLOGÍA DE GARAJE Y MEDICINA

Miguel José Charcos Valero



Tesis

Doctorales

www.eltallerdigital.com

UNIVERSIDAD de ALICANTE



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

DEPARTAMENTO DE
BIOTECNOLOGÍA

BIOLOGÍA DE GARAJE Y MEDICINA

Miguel José Charcos Valero

Tesis presentada para aspirar al grado de
DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Programa de doctorado: Biotecnología en Ciencias
de la Salud (Biotecnología y Biomedicina)

Dirigida por:

Joaquín De Juan Herrero

Joaquín De Juan Herrero, Catedrático de Biología Celular de la Universidad de Alicante

CERTIFICA,

Que Miguel José Charcos Valero ha realizado bajo mi dirección la Tesis Doctoral titulada Biología de garaje y medicina.

Este trabajo de investigación, que presenta para optar al grado de Doctor por la Universidad de Alicante, está dentro del Programa Oficial de Postgrado Biotecnología en Ciencias de la Salud (Biotecnología y Biomedicina), con Mención de Calidad del Ministerio de Educación y Ciencia (Referencia: MCD2003-00613), coordinado por el Departamento de Biotecnología.

Hallándose concluida y reuniendo las condiciones de originalidad y rigor científicos requeridos, autorizamos su presentación con el fin de que pueda ser leída y defendida ante la Comisión Evaluadora correspondiente.

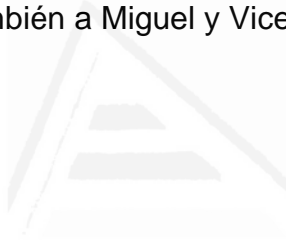
Para que así conste, expide y firma el presente certificado en Alicante, a 30 de noviembre de 2015.

El director

Joaquín De Juan Herrero

Mi reconocimiento a Joaquín De Juan Herrero por la confianza depositada en mí durante todo el tiempo que nos conocemos y por su ayuda inestimable en la elaboración de esta tesis.

Mi agradecimiento a Rita, mi esposa, por su estoica paciencia durante la elaboración de este trabajo. Gracias también a Miguel y Vicente, mis hijos, por sus palabras de ánimo.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



A mis padres,
a los que todo debo

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 Los precedentes.....	21
1.2 La progresión de la biología molecular hacia una ciencia de datos.....	23
1.3 Evolución de la informática y de las comunicaciones	25
1.3.1 Informática	25
1.3.2 Comunicaciones.....	46
1.4 La pasión por el conocimiento y su difusión sin restricciones.....	54
1.5 Tecnologías compartidas y ciencia ciudadana.....	63
1.6 El acceso a las técnicas de laboratorio.....	70
1.7 Ética y bioseguridad	86
1.7.1 Ética	86
1.7.2 Bioseguridad	91
2. REVISIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA	97
3 - MATERIAL Y MÉTODOS.....	113
3.1 Material	113
3.2 Método	116
4 RESULTADOS	121
6. CONCLUSIONES.....	143
BIBLIOGRAFÍA	145

ANEXO I.....	175
ANEXO II.....	177
ANEXO III.....	179
ANEXO IV.....	183
ÍNDICE DE FIGURAS	189
ÍNDICE DE TABLAS.....	191



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



INTRODUCCIÓN

Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

1 INTRODUCCIÓN

A mediados de la primera década de nuestro siglo surge un movimiento ciudadano que incursiona en la biología molecular y en la ingeniería genética mediante laboratorios domésticos, con instrumental de bajo coste, muchas veces autoconstruido, y que utilizan técnicas de biotecnología con diferentes finalidades.

Estos movimientos han recibido diferentes denominaciones: Biohackers, Biopunks, Biología DIY, DIY Biología, Biología de garaje, Kitchen biologie y otros. Habiendo sido objeto de atención por parte de los medios de comunicación que han informado de su existencia y de las posibles implicaciones que las prácticas de la biología de síntesis fuera de las instituciones podrían tener, aventurando conjeturas.^{1, 2, 3}

Meredith Patterson, periodista americana, con un doctorado en Informática, presentó una ponencia en el CodeCon (Congreso anual para hackers y aficionados a la tecnología) de San Francisco en 2005, titulada “How to Purify DNA Using Common Household Items” en la que exponía cómo extraer DNA de un tejido vivo con medios caseros. Aunque esto ya lo había hecho en 2003 se considera que fue a partir del congreso CodeCon⁴ cuando se despertó un mayor interés por la biología de síntesis

y comenzaron a aparecer grupos de entusiastas de esta disciplina a nivel mundial.

También en el 2005, Rob Carlson ^{5, 6} publicaba en Wired un artículo en el que invitaba a los lectores a montar un laboratorio de biología en su casa comprando el instrumental en eBay⁷

Pero no fue hasta el 2008 en que Jason Bobe, en la actualidad Director Ejecutivo de Personal Genomes, y Mackenzie L. Cowell, coordinador entonces del iGEM, fundaron la DIYbio como organización aglutinadora de todos los grupos de aficionados que a nivel mundial trabajaban en biología de síntesis.⁸

En el 2008, Katherine Aull, estudiante del MIT, montó un laboratorio en un armario de su apartamento en Cambridge. Su padre tenía los síntomas de una hemocromatosis hereditaria pero no era posible el diagnóstico bioquímico y un análisis genético era muy caro para su economía. Compró el termociclador, la cubeta de electroforesis y una fuente de alimentación en eBay y para el resto utilizó elementos domésticos y pudo determinar las mutaciones C282Y y H63D en el DNA de su padre.



- 1- Reactivos
- 2- Taladro
(centrífuga)
- 3- Caja de
poliestireno
(incubadora)
- 4- Termociclador

Figura 1 Laboratorio en el armario de Katerin

Al año siguiente, en la edición del CodeCon, presentó una ponencia con su experiencia que fue muy divulgada por la prensa. El movimiento DIY Bio tuvo un desarrollo espectacular.

En este mismo año, 2009, la European Molecular Biology Organization (EMBO), en uno de sus informes,⁹ ya se hacía eco del desarrollo que estos grupos de aficionados había alcanzado.

Utilizando el buscador Google se hicieron unas búsquedas utilizando las distintas denominaciones dadas a la práctica aficionada de la biología de síntesis y de tres términos médicos populares (cáncer de mama, fecundación in vitro y colesterol) y con biotecnología, vemos que para cáncer de mama, hacking biológico y biología de garaje, proporciona un número similar de resultados en español y en inglés. Los demás se pueden ver en la tabla 1.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

CONCEPTO	Nº DE RESULTADOS	
	ESPAÑOL	INGLÉS
Cáncer de mama	5.960.000	
Breast cancer		108.000.000
Fecundación in vitro	184.000	
In vitro fertilization		4.220.000
Biopunk		164.000
Hacking biológico	7.640.000	
Biologic hacking		7.240.000
Biotecnología	7.320.000	
Biotechnology		102.000.000
DIY Biology		4.900.000
DIY-bio		21.800.000

CONCEPTO	Nº DE RESULTADOS
Colesterol	18.300.000
Cholesterol	82.800.000
Biología de garaje	6.550.000
Biologie de garage	450.000
Kitchen biology	19.200.000

Tabla 1 Número de resultados por término de búsqueda en Google

En el presente trabajo se estudian las circunstancias que confluyendo dieron origen a este movimiento: los desarrollos de la biología molecular, de la ingeniería genética, de la informática y de las comunicaciones que lo han permitido, los cambios de paradigma respecto a la propiedad intelectual y a la utilidad social de la ciencia que lo soportan ideológicamente, los problemas éticos y de bioseguridad que plantean y, por último, su distribución geográfica, su evolución y la cuantificación de su trabajo como productores de conocimiento y desarrollo tecnológico en relación con la medicina.

1.1 Los precedentes

En mayo de 1959, Charles Percy Snow, físico y novelista inglés, pronunció la conferencia anual Rede, en la Senate House de la Universidad de Cambridge. La tituló “Las dos culturas” y la publicaría después con el título de “Las dos culturas y la revolución científica”. En 1963 publicó “Las dos culturas: una segunda mirada”¹⁰ que era una adenda al texto de la conferencia publicada conjuntamente con el texto original.

El motivo central de Snow era señalar la diferencia existente en aquellos años entre el conocimiento humanístico y el científico, entendido éste como el de las ciencias experimentales y de la naturaleza. Considerándose cultura únicamente los conocimientos humanísticos. Decía Snow: “Creo que la vida intelectual de toda la sociedad occidental se está escindiendo cada vez más en dos grupos polarizados”...”Los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos, con los físicos como los más representativos”¹¹

Snow no fue sólo pionero en la exposición pública de esta realidad, sino que en la segunda parte de su obra habla de que “probablemente sea demasiado prematuro hablar de una

tercera cultura ya existente. Pero hoy estoy convencido de que está llegando.”¹²

Un año antes, en 1962, el Premio Nobel en Fisiología y Medicina, había recaído en Francis Harry Compton Crick, James Dewey Watson y Maurice Hugh Frederik Wilkins "for their discoveries concerning the molecular structure of nucleic acids and its significance for information transfer in living material".¹³ James D. Watson publicaría seis años después un libro sobre las vicisitudes en el laboratorio¹⁴, en un proceso de divulgación que corrobora las palabras de Snow sobre una tercera cultura.

John Brockman, empresario cultural como él mismo se define¹⁵ publicó en 1995, "The Third Culture"¹⁶, libro en el que desarrolla el concepto de Tercera Cultura, algo que ya apuntó en un ensayo en 1991, The Emerging Third Culture: "La tercera cultura consiste en aquellos científicos y otros pensadores del mundo empírico, que, a través de su trabajo, y de sus escritos expositivos, ocupan el lugar de los intelectuales tradicionales al hacer visibles los significados más profundos de nuestra vida y redefinir quién y qué somos"¹⁷

La otra aportación de Snow en su revisión de la conferencia hace referencia al carácter social de la ciencia: "La revolución científica es el único método por el cual la mayoría de la gente puede obtener las cosas primordiales (años de vida, no

padecer hambre, la supervivencia de los niños); las cosas primordiales que damos como un hecho y de las que en realidad gozamos gracias a que tuvimos nuestra propia revolución científica no tanto tiempo atrás. La mayoría de la gente quiere esas cosas. La mayoría de la gente, cuando se le da una oportunidad, se lanza de inmediato a la revolución científica”.¹⁸

Veremos más adelante cómo la biología de garaje participa también de esta concepción de la ciencia.

1.2 La progresión de la biología molecular hacia una ciencia de datos

En 1965, Margaret Belle Dayhoff, investigadora en la National Biomedical Research Foundation, publicó el primer Atlas of Protein Sequences ¹⁹, que fue el precursor de las bases de datos de proteínas actuales.

En el Brookhavend National Laboratory , en Long Island, los doctores Edgar Meyer y Walter Hamilton, fundaron en 1971, el Protein Data Bank (PDB), que es una base de datos de la estructura tridimensional de las proteínas y de los ácidos nucleicos, que desde sus inicios, con sólo siete estructuras

proteicas, hasta la actualidad que con la incorporación de 7.016 estructuras en 2015 se han alcanzado 112.387 estructuras moleculares en total, con un ritmo de crecimiento exponencial.²⁰

Un año antes Saul Needleman y Christian Wunsch habían propuesto el algoritmo que lleva su nombre para realizar alineamientos globales de dos secuencias, aplicándose en biología para alinear secuencias de estructuras primarias de proteínas o de ácidos nucleicos.²¹

Con posterioridad se desarrollan otros algoritmos como el de Smith-Waterman para determinar regiones similares entre un par de secuencias²², el algoritmo de Wilbur-Lipman que permite recuperar información de las bibliotecas digitales, muy utilizado en las bases de datos biológicas²³, a los que siguieron otros como el FASTA para el alineamiento de secuencias de proteínas y ADN²⁴

El BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) es otro programa para el alineamiento de secuencias desarrollado por los National Institutes of Health de Estados Unidos en 1990, que es de dominio público y se puede utilizar gratuitamente desde el National Center for Biotechnology Information (NCBI)²⁵

En 1993 se inventó la técnica analítica de la huella peptídica o Peptide Mass Fingerprinting (PMF) desarrollada por varios

grupos de trabajo simultáneamente, basada en el trabajo de Attwood y Beck²⁶, que se utiliza para la identificación de proteínas, hidrolizándolas y comparando los péptidos obtenidos con una base de datos biológica de proteínas cuya secuencia se conoce.

Al inicio del siglo actual se desarrolla el software T-Coffee (Tree-based Consistency Objective Function For alignment Evaluation), que como ellos mismos definen en su página web, es una colección de herramientas para procesar, evaluar y manipular múltiples alineamientos de DNA, RNA, secuencias y estructuras de proteínas.²⁷

Como dice Craig Venter: “Acabamos de entrar en lo que yo llamo “la era digital de la biología”, en la que los ámbitos antaño distintos de los códigos informáticos y de los que programan la vida están empezando a fusionarse”²⁸

1.3 Evolución de la informática y de las comunicaciones

1.3.1 Informática

Se considera que los ordenadores han evolucionado por generaciones. El concepto de generación va unido a la complejidad de las operaciones que el ordenador puede

realizar, lo que a su vez depende de la tecnología empleada en su construcción.²⁹

Antes del año 1946, los ordenadores eran electromecánicos. Algunos de ellos fueron el Harvard Mark y el Colossus Mark de Turing que se utilizó para el criptoanálisis durante la segunda Guerra Mundial. De ambos se construyeron varios modelos.

La Primera Generación

En febrero de 1946 J.P. Eckert y John Mauchly, de la Universidad de Pensilvania, inauguraron un nuevo ordenador el día 14. Era el ENIAC (**E**lectronic **N**umerical **I**ntegrator **A**nd **C**omputer) mil veces más rápido que cualquier máquina anterior, resolviendo cinco mil adiciones y sustracciones, trescientas multiplicaciones o cincuenta divisiones por segundo. Y tenía el doble del tamaño del Harvard Mark I (1944): llenó cuarenta armarios contenedores con cien mil componentes, incluyendo cerca de diecisiet mil válvulas electrónicas. Su peso era de veintisiete toneladas, medía cinco por veinticuatro metros y consumía 150 KW. A pesar de sus múltiples ventiladores, la temperatura ambiente llegaba a los 67°C. Se programó para resolver determinados cálculos y su reprogramación era muy lenta por lo que no se podía aprovechar su capacidad de cálculo. Se necesitaban diecinueve mil válvulas de repuesto por año.

En 1945 Von Neumann sugirió que el sistema binario fuera adoptado en todos los ordenadores, y que las instrucciones y datos fueran compilados y almacenados internamente en el ordenador, en la secuencia correcta de utilización. Estas sugerencias sirvieron de base filosófica para los posteriores proyectos de ordenadores (actualmente se investigan ordenadores "no Von Neumann", que funcionan con fuzzy logic (lógica difusa).

En 1947 Bardeen, Shockley y Brattain inventan el transistor y Francis Crick, físico, comenzó a estudiar biología y seis años más tarde propuso, junto con James Dewey Watson, la estructura de doble hélice para el ADN.

A partir de las ideas de Neumann y de la lógica matemática o álgebra de Boole, introducida por Boole en el inicio del siglo XIX, se construyó el BINAC (**B**inary **A**utomatic **C**omputer), ordenador automático binario, de 1949, que era compacto (1,40 x 1,60 x 0,30 m) lo suficiente para ser llevado a bordo de un avión, pero que nunca funcionó.

Wilkes construyó el EDSAC (**E**lectronic **D**elay **S**torage **A**utomatic **C**alculator) en 1949, que fue la primera calculadora electrónica que poseía órdenes internas (no programas). El primer videojuego, OXO (tres en raya) fue desarrollado para esta computadora (Existe un emulador con versiones para Windows y Linux)³⁰

El primer ordenador comercial de gran escala fue el UNIVAC (**U**niversal **A**utomatic **C**omputer) americano, de 1951, que era programado tocando cerca de seis mil llaves y conectando cables a un panel. La entrada y salida de información era realizada por una cinta metálica de 1/2 pulgada de ancho y 400 m de largo. En total, se vendieron 46 unidades del UNIVAC Modelo I, que normalmente iban acompañados de un dispositivo impresor llamado UNIPRINTER, que, consumía 14.000 W.

Mauchly y Eckert proyectaron y construyeron el EDVAC (**E**lectronic **D**iscrete **V**ariable **A**utomatic **C**omputer) completado en 1952, que fue la primera computadora funcional en utilizar el sistema binario y que almacenaba los programas. El EDVAC utilizaba memorias basadas en líneas de retardo de mercurio, muy caras y más lentas que los CRTs, pero con mayor capacidad de almacenamiento.

Otro fue el IBM 701, de 1952, que utilizaba cinta plástica, más rápida que la metálica del UNIVAC, y el IBM 704, con la capacidad fenomenal de almacenar 8.192 palabras de 36 bits. En Inglaterra surgen el MADAM (**M**anchester **A**utomatic **D**igital Machine), el SEC (**S**imple **E**lectronic **C**omputer) y el APEC (**A**ll-**P**urpose **E**lectronic **C**omputer).

Entre 1947 y 1951, el WHIRLWIND, del MIT, fue el primer ordenador que procesaba información en tiempo real, con

entrada de datos a partir de cintas perforadas y salida en CRT (monitor de vídeo), o en la Flexowriter, una especie de máquina de escribir. En sus distintas versiones fue utilizado por la aviación norteamericana hasta la década de 1960.

La Segunda Generación

El transistor bipolar fue inventado en los Laboratorios Bell de Estados Unidos en diciembre de 1947 por John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley, quienes fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1956. Fue el sustituto de la válvula termoiónica de tres electrodos, o tríodo.

A partir de 1950 los ordenadores se empezaron a construir con circuitos transistorizados en lugar de las válvulas electrónicas, comenzando la llamada “segunda generación” de computadoras.

El primer ordenador totalmente transistorizado fue el TRADIC (**TR**Ansistor **D**igital **C**omputer o **TR**ansistorized **A**irborne **D**igital **C**omputer) de Bell Laboratories, que estaba en desarrollo desde 1954 y funcional desde 1958. Utilizaba lenguajes de alto nivel como FORTRAN y COBOL.

Ejemplos de esta época son el IBM 1401 y el BURROUGHS B 200. En 1954 IBM comercializa el 650, de tamaño medio. El IBM TX-0, de 1958, tenía un monitor de vídeo de primera calidad, era rápido y relativamente pequeño, poseía un dispositivo de salida sonora.

El PDP-1 (**P**rogrammed **D**ata **P**rocessor-1), construido por Digital Equipment, fue adquirido por el MIT en 1960. Entre otros colectivos, comenzó a utilizarse por la organización estudiantil TMRC (**T**ech **M**odel **R**ailroad **C**lub) que comenzó a experimentar con él y a los que se considera junto a los miembros del Laboratorio de Inteligencia Artificial los precursores de la cultura hacker. Ellos crearon el videojuego Spacewar en 1962.

Mientras a una persona de nivel medio le llevaría cerca de cinco minutos multiplicar dos números de diez dígitos, MARK I lo hacía en cinco segundos, el ENIAC en dos milésimas de segundo, un ordenador transistorizado en cerca de cuatro billonésimas de segundo, y, una máquina de tercera generación en menos tiempo aún.

La Tercera Generación

En 1958 se construyó por Jack Saint Clair Kilby el primer circuito integrado, conocido también por chip o microchip, por el

que recibiría el Premio Nobel de Física en el año 2000 ³¹ Este hecho permitió la fabricación de microprocesadores y el desarrollo de toda la tecnología microelectrónica actual. Con la integración en un único chip de múltiples transistores constituyendo puertas lógicas, comenzó el desarrollo de ordenadores más pequeños y más fiables. Empezaba así una nueva etapa en la construcción de ordenadores que ha llegado hasta nuestros días y que se caracteriza por la integración cada vez mayor de más transistores en menos espacio.

En la siguiente tabla se muestran las características de los circuitos integrados. (Tabla 2 Clases de circuitos por el grado de integración ³²)

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

DENOMINACIÓN	Nº DE COMPONENTES	Nº DE PUERTAS LÓGICAS	APLICACIONES
SSI Pequeña escala de integración	$N < 100$	< 10	Puertas lógicas y biestables
MSI Media escala de integración	$100 < n < 1.000$	< 100	Codificadores, sumadores, registros
LSI Gran escala de integración	$1.000 < n < 10.000$	< 1000	Circuitos aritméticos complejos, memorias
VLSI Muy alta escala de integración	$10.000 < n < 10^5$	< 10.000	Microprocesadores de gama baja, microcontroladores, CPLDs (Complex Programmable Logic Device)
ULSI Ultra escala de integración	$10^5 < n < 10^6$	< 100.000	Microprocesadores y FPGAs (Field Programmable Gate Array) de gama media-alta
GLSI Giga alta escala de integración	$n > 10^6$	< 100.000	Multiprocesadores multicore y FPGAs de última generación

Con la serie de IBM 360 se iniciaba un período de transición hacia ordenadores cada vez más pequeños y con mayor potencia de cálculo, así mismo se iba produciendo un cambio en las unidades de entrada y salida haciéndolas más ergonómicas con teclado y pantalla CRT y unidades de almacenamiento magnético generalmente en cintas y también en discos de diferente tecnología y capacidad de almacenamiento.

En 1960 existían cerca de 5.000 ordenadores en USA. Es de esta época el término software. En 1964, la CSC, **C**omputer **S**ciences **C**orporation (creada en 1959 con un capital de 100 dólares) se transformó en la primera compañía de software con acciones negociadas en bolsa. El primer mini computador comercial de éxito surgió en 1965, el PDP-8 (**P**rogrammed **D**ata **P**rocessor), lanzado por la americana DEC (**D**igital **E**quipment **C**orporation). Dependiendo de su configuración y accesorios costaba alrededor de 18.000 US\$. Siguiendo su camino otras compañías lanzaron sus modelos, haciendo que a finales de la

década ya existieran cerca de cien mil ordenadores repartidos por el mundo.

AÑO	ORDENADOR	CARACTERÍSTICAS
1964	CDC 6600	Control Data Corporation Almacenamiento en cinta magnética
	PDP-8 PDP-11	DEC. Primer ordenador portátil (en un carro) Tamaño de un frigorífico
1965	IBM 360 Y 370	Se podían conectar en red
1966	B2500 B3500	Burroughs Multiproceso
1970	PDP-15	Utilizaba circuitos TTL

Tabla 3 Ordenadores de la Tercera Generación

Los miniordenadores surgieron como elementos de transición entre las generaciones tercera y cuarta. Sus destinatarios fueron grandes y medianas empresas.

En 1970 INTEL Corporation introdujo en el mercado un nuevo tipo de circuito integrado: el microprocesador. El primero fue el 4004, de cuatro bits. Fue seguido por el 8008, en 1972, el muy difundido 8080, el 8085, etc. A partir de ahí surgen los microcomputadores.

La Cuarta Generación

Comenzó con el desarrollo de la técnica de los circuitos LSI (LARGE SCALE INTEGRATION) y VLSI (VERY LARGE SCALE INTEGRATION). En ese periodo surgió también el procesamiento distribuido, el disco óptico y la gran difusión del microcomputador, que pasó a ser utilizado para procesamiento de texto, cálculos, bases de datos, etc.

En 1971 John Blankbaker fabrica el KENBACK 1, que es considerado el primer PC. En 1972 Bushnell lanza el videojuego Atari. IBM al año siguiente fabrica el IBM 3340 que va dotado de un disco duro Winchester cuya característica es que va cerrado herméticamente y los cabezales no rozan con la superficie del disco. (el nombre fue un homenaje al rifle del mismo nombre basado en la rapidez).

En 1974, Intel fabrica su CPU 8080 y al siguiente año MITS comercializa el Altair 8800, vendido en kit. No tenía teclado sino unos interruptores y se conectaba a la televisión. El almacenamiento se hacía en cintas de cassette. En este mismo año, 1975, William Henry Gates y Paul Allen fundan Microsoft que dotan del lenguaje BASIC al Altair.

Gary Kildall y John Torode fundan Digital Research y lanza el CP/M). (**C**ontrol **P**rogram for **M**icrocomputers) en 1975 que fue el primer sistema operativo para ordenadores personales ³³ En 1977 Jobs y Wozniak crean el microcomputador Apple, Radio Shack el TRS-80 y la Commodore el PET 2001.

La hoja de cálculo VisiCalc (**V**isible **C**alculator) de 1978, fue el primer programa comercial de Software Arts. En 1979 Rubinstein comienza a comercializar un procesador de textos escrito por Barnaby: el Wordstar, y Paul Lutus produce el Apple Writer (que liberaría en 1992 permitiendo su copia y distribución siempre que no se obtuvieran beneficios). Un ingeniero de la NASA, Waine Ratliff, del Jet Propulsion Laboratory , creó el primer sistema de gestión de base de datos, el Vulcan, en 1978, que pasaría a denominarse dBASE II al incorporarlo al IMSAI 8080 en 1981 (Este ordenador es el utilizado por el personaje principal de la película Juegos de Guerra, de 1983).

En 1981 apareció el Sinclair ZX81/ZX Spectrum que fue un ordenador minúsculo desarrollado por John Sinclair, profesor en la Universidad de Cambridge. Inicialmente concebido para su uso por los estudiantes de la universidad. La CPU tenía un procesador Zilog Z80A de 8 bit a 3,25 MHz, una memoria compuesta por una ROM y una RAM y una ULA. La ROM, con 8K de capacidad, almacenaba de modo permanente los programas, tablas, etc., necesarios para el funcionamiento del

sistema y un traductor para el lenguaje de programación BASIC. La RAM tenía un área de trabajo disponible para el usuario de 1 K pero, era expandible hasta 16K. En la caja de plástico se alojaba también un subsistema de comunicaciones para conexión en serie de periféricos denominado SCL (**S**inclair **C**omputer **L**ogic), una unidad para entrada y salida de sonido y un codificador de imágenes para TV. En la parte trasera de la caja de plástico tenía un conector donde se podía enchufar una impresora minúscula que usaba un rollo de papel especial. El ordenador era suministrado con un cable para la conexión al televisor y otro para la conexión con un grabador de "cassettes" musical (norma Philips). El transformador de alimentación debía ser adquirido por separado. Los programas y datos eran grabados en un cassette magnético y eran también leídos desde él. No tenía teclas. Los caracteres ASCII estaban impresos en una membrana. Esta tecnología y la falta de ventilación de la unidad de alimentación eléctrica eran las causas principales de averías que enviaban el ZX81 a la

basura. Fue un ordenador muy popular debido a su bajo precio de venta.

Fabricado por la Osborne en USA se empezó a comercializar también en 1981, el Osborne-1. La CPU tenía una memoria de 64KB, una UAL y un Procesador Zilog Z80A de 8 bit a 4 MHz. La caja, del tipo maleta attaché con un peso de 11 Kg, albergaba 2 unidades de disquete de 5" $\frac{1}{4}$ con 204 KB o con opción a 408 KB de capacidad, un monitor de 5" (24 líneas por 54 columnas) en blanco y negro y un teclado basculante (servía de tapa de la maleta) con dos bloques de teclas, uno alfanumérico con los caracteres ASCII y otro numérico. Disponía de conectores para un monitor externo, puertos serie RS-232C y paralelo IEEE-488 o Centronics. El sistema era alimentado por una batería propia recargable con una autonomía de 5 horas, por una batería externa de automóvil o por un transformador de corriente eléctrica alterna a continua. El sistema operativo era el CP/M desarrollado por Digital Corporation. El software suministrado incluía un intérprete MS-BASIC desarrollado por Microsoft, un Compilador BASIC

desarrollado por la Compyler Systems, una hoja de cálculo SUPERCALC (derivada del VisiCalc) y un procesador de texto denominado WORDSTAR. Podía ser programado en BASIC, FORTRAN, COBOL, PASCAL, PL 1, ALGOL, C, FORTH, ADA, ASSEMBLER y CROSS-ASSEMBLER.³⁴

El 12 de Agosto de 1981 IBM comercializó el IBM PC. Poseía un microprocesador Intel 8088, 16k de RAM, ampliables a 256k, una unidad de diskettes de 160k, un monitor de pantalla verde monocromática y como sistema operativo el MS-DOS rebautizado como PC-DOS. Su precio inicial fue de \$3.285, unas 400.000 ptas de la época (el salario medio en España en 1981 era de 65.000 ptas).

Las circunstancias personales y comerciales que se dieron entre Microsoft, IBM, Gary Kildal, Appel e Intel durante esos años constituyen una historia apasionante de cómo la tecnología informática ha evolucionado hasta ser lo que hoy conocemos.

Como nota curiosa la microinformática, contrariamente a lo que se cree, no se desarrolló sólo en los EE.UU, pues en el año 1973 se fabricó en España el primer ordenador personal, el Kentelek 8, a cargo de la empresa Distesa (de la editorial Anaya). El creador fue el ingeniero Manel Puigbó Rocafort. Jordi Ustrell diseñó posteriormente otro ordenador personal para la empresa catalana EINA ³⁵

Al IBM PC le siguió en 1983 el IBM PC XT (**Extended Technology**) con un procesador Intel 80286 y en 1983 se comercializaba el IBM PC AT (**Advanced Technology**) con un procesador Intel 80386.

Dado que el sistema operativo de IBM era bajo licencia, otras compañías empezaron a fabricar equipos clónicos del de IBM porque Microsoft podía ceder su MS-DOS también bajo licencia y así Compaq fue la precursora en la competencia con IBM en el mercado de los ordenadores personales. IBM en un intento de no perder ventas lanzó en 1987 el IBM PS/2 (**P**ersonal **S**ystem) pero al cabo de unos años se

reincorporó al mercado de los clónicos, que no ha parado de crecer desde la década de 1980, siendo su desarrollo paralelo al de los microprocesadores Intel, al que también le salieron competidores pero siempre adaptándose al modelo iniciado por IBM.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

AÑO	MODELO DE ORDENADOR	PROCESADOR (Intel)	SISTEMA OPERATIVO
1981	IBM PC	8088	MS-DOS
1983	IBM PC XT	80286	MS-DOS
1985	IBM PC AT	80386	Windows 1-0
1987	IBM PS/2	80286 80386	OS/2 Windows 2.0
1989	Clónicos	80486 (y anteriores)	
1990			Windows 3.0
1991			Windows 3.1
1993		Pentium (P54C)	Windows NT
1995			Windows 95

Tabla 4 Relaciones entre PC, procesador y sistema operativo

La Quinta Generación (desde 1991)

Las aplicaciones exigen cada vez más una mayor capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos. Sistemas especiales, sistemas multimedia (combinación de textos, gráficos, imágenes y sonidos), bases de datos distribuidas y redes neuronales, son sólo algunos ejemplos de esas necesidades. Una de las principales características de esta generación es la simplificación y miniaturización del ordenador, además de mejor desempeño y mayor capacidad de almacenamiento. Todo eso, con los precios cada vez más accesibles. La tecnología VLSI está siendo sustituida por la ULSI (**Ultra Large Scale Integration**). El concepto de procesamiento está yendo hacia los procesadores paralelos, o sea, la ejecución de muchas operaciones simultáneamente por las máquinas. La reducción de los costos de producción y del volumen de los componentes permitió la aplicación de estos ordenadores en los llamados sistemas embutidos, que controlan aeronaves, embarcaciones, automóviles y ordenadores de pequeño porte. Son ejemplos de esta

generación de ordenadores, los micros que utilizan la línea de procesadores Pentium, de INTEL.

1993	Pentium
1997	Pentium II
1999	Pentium III
2001	Pentium IV

Tabla 5 Año de aparición de las CPU Pentium

Grandes cambios en este periodo se darían debido a las memorias DIMM de 108 pines, a la aparición de las placas de video AGP y a un perfeccionamiento de los slots PCI mejorando aún más sus prestaciones.³⁶

Actualidad

Hoy en día sólo han quedado dos fabricantes en el terreno de los procesadores para computadoras: Intel y AMD. Entre ambos cubren casi la totalidad de las necesidades de proceso de cómputo en ámbitos como el hogar, la oficina y la industria,

y han puesto en el mercado CPUs con velocidades y rendimientos imposibles de imaginar tan sólo una década atrás.

Entre los más destacados productos de estas firmas podemos mencionar los procesadores Intel Core, en sus variantes i3, i5 e i7 de dos o cuatro núcleos y velocidades de reloj que superan ampliamente los 3.4 Ghz. En cuanto a AMD, su modelo Fusion es uno de los diseños más avanzados, ya que logra combinar en la misma cápsula de la CPU al chip gráfico. Otro acierto de la firma es el Phenom II, el cual puede llegar a tener en su interior hasta 6 núcleos corriendo a 3.6 Ghz.

1.3.2 Comunicaciones

La génesis y el desarrollo de internet forman ya parte de la cultura general. Este estudio se va a centrar exclusivamente en aquellos puntos que nos permitan entender como la interconexión de los ordenadores y el intercambio de información ha llevado a una imbricación de las TIC con la biología molecular.

El protocolo NCP (**N**etwork **C**ontrol **P**rogram) iniciado en 1970 fue la base de las comunicaciones entre sistemas

pertenecientes a ARPANET hasta 1981, cuando se diseñó TCP/IP para permitir un mejor crecimiento de la red.³⁷

En 1972, Ray Tomlinson, de la BBN, inventó el correo electrónico.³⁸

TCP/IP

En 1973, el File Transfer Protocol (FTP) ya estaba definido e implementado, facilitando el movimiento de ficheros en ARPANET.³⁹

Las primeras pruebas con TCP se hicieron para sistemas operativos con tiempo compartido. Ejemplo de ello fue Tenex (TEN-Extended) y TOPS 20 que fue la evolución de aquel. Tenex era el sistema operativo del PDP-10 de la empresa DEC.

Primero se desarrolló para el ordenador Xerox Alto que fue la primera estación de trabajo personal que se fabricó por Xerox en 1972 en su centro de Palo Alto, en California, el PARC (Palo Alto Research Center). Después se adaptó al IBM PC.

Esta TCP se utilizaba en ordenadores personales y terminales de trabajo y permitía a estos conectarse a Internet. El aumento de PCs y estaciones de trabajo en la década de los 80 hizo que el desarrollo de Internet aumentara.

Para las conexiones entre ordenadores se utilizaba la tecnología Ethernet que había desarrollado Robert Metcalfe, también en el PARC de Xerox en 1973.

La ARPANET inicial tenía pocos servidores y pocas redes. Para ampliar el número de redes hubo que desarrollar estas nuevas tecnologías.⁴¹

La transición de NCP a TCP/IP se hizo en enero de 1983. Fue un paso importante que precisó que todos los servidores se convirtieran simultáneamente o bien tuvieran desarrollada una adaptación al nuevo protocolo.

Desde varios años antes de 1983 se estuvo preparando la transición. Dado que no hubo problemas importantes durante la misma, para celebrarlo se puso de moda un ping con la inscripción: "Sobreviví a la transición a TCP/IP".

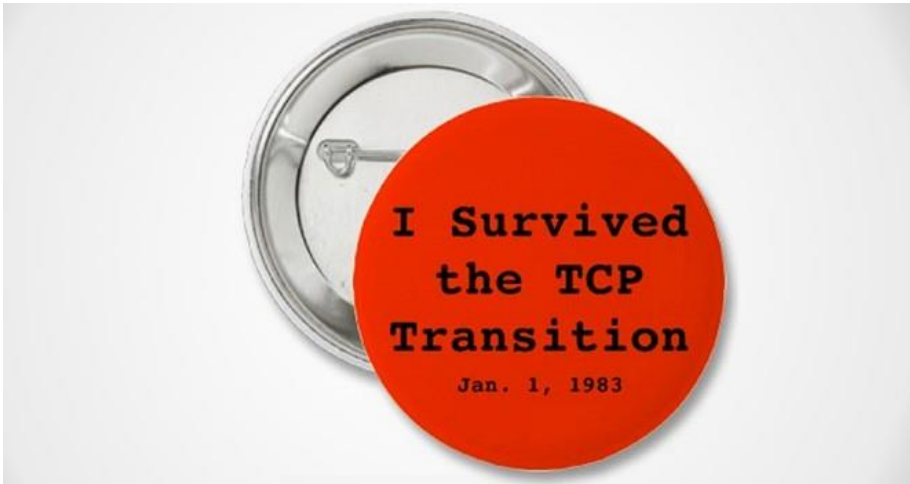


Figura 2 Ping utilizado en aquellos días

Para facilitar el recordar las direcciones que hasta entonces eran sólo numéricas, se asignaron nombres a los servidores. Como su número no era grande fue suficiente con una tabla de dos columnas: nombre del servidor y dirección asignada. Conforme aumentó el número de redes, el uso de tablas no era práctico y Paul Mockapetris que trabajaba para el consorcio de la University of Southern California y el Information Sciences Institute (USC/ISI) hizo una propuesta en los RFC 882 y 883 ⁴² para implantar el Sistema de Nombres de Dominio o DNS (Domaine Name System).

En 1985 Internet se había consolidado como una herramienta dentro de la comunidad académica e investigadora y empezaba a utilizarse ya en otros ámbitos.

El correo electrónico comenzaba a ser de uso común incluso entre diferentes sistemas.

En el desarrollo de Internet ha tenido mucha importancia el poder acceder libremente a los protocolos y especificaciones técnicas.

En 1969 S.Crocker, entonces en UCLA, había establecido la serie de notas RFC (*Request For Comments* , petición de comentarios). Estos memorándum pretendieron ser una vía informal y de distribución rápida para compartir ideas con otros investigadores conectados a las redes. Al principio, las RFC se imprimían en papel y se distribuían vía correo postal. Pero cuando el FTP (*File Transfer Protocol* , protocolo de transferencia de ficheros) empezó a usarse, las RFC se convirtieron en ficheros difundidos *online* a los que se accedía mediante FTP.

El *e-mail* o correo electrónico ha sido también un factor determinante en todas las áreas de Internet.

Las RFC

La Petición de Comentarios era un sistema de notas retroalimentado. Una RFC daba lugar a otras que la ampliaban con nuevas ideas y cuando se alcanzaba un consenso, éste daba lugar a un documento con las especificaciones.

Aunque hay todavía RFC informativas sobre aspectos diferentes de un mismo problema, con el tiempo se han enfocado en la estandarización de protocolos. Se recurre a ellas como un referente en los estándares de ingeniería en Internet.

El acceso a las RFC es libre y su distribución ayuda en el desarrollo de nuevos sistemas.

Las listas de correo

Otra herramienta ampliamente utilizada en el desarrollo de especificaciones técnicas y de protocolos, han sido las listas de correo.

El IETF (Internet Engineering Task Force) tiene decenas de equipos de trabajo, dedicados cada uno de ellos a diferentes aspectos de Internet. Cada grupo tiene una lista de correo que le sirve de tablón para la discusión de los proyectos. Cuando se alcanza un acuerdo se difunde como una RFC.

El desarrollo exponencial de Internet se debe a que permite la difusión de información sin restricciones y que la propia información sobre su diseño forma parte de esta difusión a través de las RFC. Este procedimiento de información que se retroalimenta es fundamental para la evolución futura de Internet.⁴³

Con el desarrollo de Internet según se ha ido viendo su gran utilidad, no sólo la ciudadanía demanda más ancho de banda, sino que las instituciones académicas e investigadoras que precisan de un intercambio de muchos datos, también han experimentado la necesidad de mayor ancho de banda. Para determinadas aplicaciones como la minería de datos, la física de partículas o el procesado de imágenes médicas, los anchos de banda habituales son insuficientes.

Para obviar esto se creó el Servicio de Backbone de Red de Muy Alto Rendimiento (Very high-speed Backbone Network Service o vBNS).

Fue desarrollado en 1995 por la National Science foundation (NSF) y la Microwave Communications, Inc. (MCI). Inicialmente para el mundo académico. Cuando finalizó el acuerdo con la NSF, el mundo universitario y de investigación creó Internet2 ⁴⁴ para satisfacer sus necesidades de comunicación.

Internet2 es el futuro de la red de redes y está formado actualmente por un consorcio dirigido por más de doscientas universidades que junto a la industria de comunicaciones y el gobierno están desarrollando nuevas técnicas de conexión que acelerarán la capacidad de transferencia entre servidores.

Sus objetivos están enfocados a la educación y la investigación académica. Además buscan aprovechar aplicaciones de audio y video que demandan más capacidad de transferencia de ancho de banda.

Otras redes académicas del resto del mundo se han integrado a Internet2. En Europa este proyecto se denomina GÉANT ⁴⁵ y

comenzó a estar completamente operativo en diciembre de 2001. Desde entonces el número de proyectos asociados no ha parado de aumentar, estando presente España a través de RedIRIS. [Anexo I]



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

1.4 La pasión por el conocimiento y su difusión sin restricciones

Entre los años 1960 y 1970, el software no era considerado un producto aparte sino un añadido que los vendedores de las grandes computadoras de la época aportaban a sus clientes para que éstos pudieran usarlos. En dicha cultura, era común que los programadores y desarrolladores de software compartieran libremente sus programas unos con otros. Este comportamiento era particularmente habitual en algunos de los mayores grupos de usuarios de la época, como DECUS (grupo de usuarios de computadoras DEC). A finales de la década de 1970, las compañías iniciaron el hábito de imponer restricciones a los usuarios, con el uso de acuerdos de licencia.

En 1971, cuando la informática todavía no había sufrido su gran auge, las personas que hacían uso de ella, en ámbitos universitarios y empresariales, creaban y compartían el software sin ningún tipo de restricciones.

En la década de 1980 la situación empezó a cambiar. Las computadoras más modernas comenzaban a utilizar sistemas operativos privativos, forzando a los usuarios a aceptar condiciones restrictivas que impedían realizar modificaciones a dicho software.

En caso de que algún usuario o programador encontrase algún error en la aplicación, lo único que podía hacer era darlo a conocer a la empresa desarrolladora para que ésta lo solucionara. Aunque el programador estuviese capacitado para solucionar el problema y lo deseara hacer sin pedir nada a cambio, el contrato le impedía que modificase el software.

En septiembre de 1983, Richard Stallman, anunciaba en USENET su intención de crear un sistema operativo totalmente libre. Al anuncio inicial del proyecto GNU siguió, en 1985, la publicación del Manifiesto GNU, en el cual Stallman exponía sus ideas y motivaciones para crear una alternativa libre al sistema operativo Unix, al que denominó GNU (**G**nu **N**o es **U**nix), pronunciado de forma parecida a ñu, en inglés (de ahí los dibujos-logotipos que lo representan). En el mismo año fundó la organización sin ánimo de lucro Free Software Foundation ⁴⁶ para coordinar los trabajos que se realizaran en este sentido. Inventó el concepto de copyleft, que fue utilizado en la Licencia Pública General GNU (conocida generalmente como la «GPL») en 1989. La mayor parte del sistema GNU, excepto el núcleo, se completó aproximadamente al mismo tiempo. En 1991, Linus Torvalds liberó el núcleo Linux bajo los términos de la GPL, teniendo entonces un sistema GNU completo y funcional, el sistema operativo GNU/Linux.

Stallman insiste en la utilización del término «software libre», y no código abierto, porque lo importante es la libertad del usuario que no se pierde. También quiere que se utilice la denominación GNU/Linux y no solamente Linux cuando se habla del sistema operativo.⁴⁷

De acuerdo con la definición establecida por Richard Stallman,⁴⁸ un software es "libre" cuando garantiza las siguientes libertades:



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Libertad	Descripción
0	libertad de usar el programa, con cualquier propósito (Uso).
1	libertad de estudiar cómo funciona el programa y modificarlo, adaptándolo a las propias necesidades (Estudio).
2	libertad de distribuir copias del programa, con lo cual se puede ayudar a otros usuarios (Distribución).
3	libertad de mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie (Mejora).
<p>Las libertades 1 y 3 requieren acceso al código fuente porque estudiar y modificar software sin su código fuente es muy poco viable.</p>	

Tabla 6 Niveles de libertad

En 1997 Eric S. Raymond ⁴⁹ publicó su obra “La Catedral y el Bazar”, que es un ensayo a favor del software de código abierto. Ha tenido dos secuelas tituladas: “Cultivando la noosfera” ⁵⁰ y “El caldero mágico”. ⁵¹

A principios de 1998, Netscape Communications Corporation junto con Raymond, publicaron el código fuente de su producto insignia Netscape Communicator y lo distribuyeron como software libre, dado el descenso de beneficios y la dura competencia con el software privativo Internet Explorer de Microsoft.

Un grupo de personas interesadas en el software libre y en GNU/Linux decidieron introducir un término de mercadotecnia para el software libre, buscando situarlo como amigable para negocios y con menos carga ideológica en su competencia con el software propietario. Esto condujo a la creación del término Open Source (código abierto)⁵² y al cisma con Richard Stallman y su Fundación del Software Libre. [Anexo II]

Recientemente se está aplicando por extensión el término "Código abierto" o su equivalente en inglés "Open Source" a creaciones que no son programas. En concreto se habla

popularmente de cine "Open Source" para referirse al cine bajo distintos tipos de licencias libres. Otro ejemplo es el proyecto de una economía de código abierto de la plataforma Open Source Ecology, iniciado con la fabricación de máquinas industriales de código abierto.

La Open Source Ecology (OSE, en español ecología de fuentes abiertas), es una red de agricultores, ingenieros y otros simpatizantes, cuyo objetivo principal es construir el Global Village Construction Set (GVCS). Fue fundada por Marcin Jakubowski en 2003

La Factor e Farm es la sede principal, donde las máquinas son prototipos y se prueban. La propia granja (Farm) también sirve como un prototipo. Los residentes cultivan sus propios alimentos, recogen agua de la lluvia, y producen toda su electricidad a través de los paneles solares.⁵³

El Proyecto RepRap es una iniciativa con el ánimo de crear una máquina autorreplicable que puede ser usada para hacer prototipos de forma rápida. En esencia es una impresora 3D que es capaz de fabricar objetos en tres dimensiones a base de un modelo hecho en ordenador. Se inició en marzo de 2005.

El autor del proyecto es el doctor Adrian Bowyer, profesor de ingeniería mecánica en la Universidad de Bath en Inglaterra.

El describe la autorreplicación como la habilidad de producir los componentes necesarios para construir otra versión de sí mismo, siendo una de las metas del proyecto. La autorreplicación distingue el proyecto RepRap de otro similar llamado Fab@home.

La principal meta del proyecto RepRap es producir un aparato auténtico autorreplicable no para sí mismo sino para ponerlo al alcance de las personas en cualquier parte del planeta y con una mínima inversión de capital, un sistema de construcción de escritorio que permitirá a cualquiera la fabricación de objetos para su vida cotidiana.

El proyecto RepRap se inició con tres modelos funcionales de impresoras 3D. A estas se les dio el nombre de importantes científicos dedicados al estudio de la Biología y la evolución de las especies: Darwin, Mendel y Wallace.⁵⁴

Un Fab lab (acrónimo del inglés Fabrication Laboratory) es un espacio de producción de objetos físicos a escala personal o local que agrupa máquinas controladas por ordenadores. Su particularidad reside en su tamaño y en su fuerte vinculación con la sociedad.

El concepto de Fab lab aparece al principio de los años 2000 en el Center for Bits and Atoms (CBA) del Massachusetts Institute of Technology (MIT)⁵⁵ cuyo director era ya en esa

época Neil Gershenfeld. Nace de una colaboración, en el seno del Media Lab del MIT, entre el Grassroots Invention Group⁵⁶ y el CBA, cuyas investigaciones giran en torno a la relación entre el contenido de la información y su representación física y al empoderamiento de las comunidades gracias a una tecnología de base. En el marco del desarrollo de sus investigaciones, el CBA recibe una financiación de la National Science Foundation (NSF) para adquirir máquinas capaces de “construirlo casi todo”. El Fab lab nace como una manera de justificar esa financiación, “haciendo lo que se hacía en el MIT, en lugar de solamente hablar de ello”.⁵⁷

Hay que señalar la existencia de un Fab lab en la Universidad de Alicante⁵⁸ con una intensa actividad.

Paralelamente con los movimientos citados, aparece el concepto de cultura libre.

La cultura libre es una corriente de pensamiento que promueve la libertad en la distribución y modificación de trabajos creativos basándose en el principio del contenido libre para distribuir o modificar trabajos y obras creativas, usando Internet así como otros medios. Es un movimiento que se contrapone a las medidas restrictivas de los derechos de autor, que los miembros del movimiento alegan que también obstaculizan la creatividad.

La cultura libre está conformada por cuatro diferentes tipos de corrientes de pensamiento: El dominio público, el copyleft, las licencias Creative Commons y las licencias de programas libres (software libre). Las obras en dominio público pueden utilizar también formatos libres.

Creative Commons, es una organización sin ánimo de lucro fundada en 2001 por Lawrence Lessig, un profesor de leyes de la Universidad de Standford y figura prominente en el movimiento del software libre. Escribió un libro llamado *Cultura libre*,⁵⁹ donde se proveen argumentos a favor del movimiento de la cultura libre y donde cristaliza la génesis de Creative Commons, cuya misión consistiría en crear una serie de licencias estandarizadas para las obras artísticas y culturales, que permiten al autor reservarse sólo algunos derechos sobre su obra, en contraposición a "todos los derechos reservados" del copyright.

1.5 Tecnologías compartidas y ciencia ciudadana

Las grandes necesidades de cómputo que requieren los centros de investigación y determinados problemas científicos que precisan el manejo de ingentes cantidades de datos,

hicieron que se buscaran soluciones alternativas a los grandes y caros superordenadores. Una de las primeras soluciones adoptadas fue la reutilización de los equipos obsoletos haciéndoles trabajar unidos entre sí como si de una sola computadora se tratara. Un clúster es un grupo de ordenadores unidos mediante una red de alta velocidad, de tal forma que el conjunto funciona como un único ordenador, más potente que los comunes de escritorio.

Pionero de esta técnica fue Gene Amdahl que en 1967 publicó las bases de todo el desarrollo posterior ⁶⁰

Un paso más en la búsqueda de soluciones para las grandes necesidades de cómputo fue la idea de utilizar ordenadores alejados entre sí y unidos por internet. Fueron Ian Foster y Carl Kesselman los pioneros de la idea, publicando en 1999 un trabajo inicial que ha sido la base de lo que se llama Computación Grid o computación en red, por semejanza con la red eléctrica. ⁶¹

La tecnología grid es un sistema de computación compartida con recursos que no están próximos geográficamente y que permite resolver problemas complejos necesitados de una gran potencia de cálculo. Los recursos que se comparten pueden ser de cualquier tipo: PC, portátiles, tabletas, etc.

El Gran Colisionador de Hadrones del CERN (European Organization for Nuclear Research) genera 15 petabytes de información al año. Si el procesamiento de estos datos no se repartiera entre todos los centros de investigación de Europa, su manejo sería imposible. Existen múltiples grids a nivel mundial que proporcionan infraestructura a proyectos relacionados con distintas áreas de investigación. Uno de los más activos y con mayores resultados producto de su funcionamiento fue el caBIG (Cancer Biomedical Informatics Grid) activo hasta 2012 y luego sustituido por el National Cancer Informatics Program que amplía sus posibilidades con la incorporación de wikis y blogs, todo ello bajo un concepto de Open Source ⁶²

En lo que al ámbito de este estudio se refiere, citaremos la existencia de proyectos al alcance del ciudadano que quiera unirse a ellos aportando sus recursos personales de hardware. Quizá el más conocido sea el Proyecto Seti de búsqueda de vida inteligente extraterrestre, que incluye varios proyectos coordinados por la NASA, entre ellos el que permite a los no científicos compartir sus recursos informáticos ⁶³ habiendo grupos ciudadanos organizados en torno a él en diferentes países

Hay distintas infraestructuras informáticas para la tecnología grid. Vamos a hacer referencia a una de ellas, quizá la más

popular por la cantidad de proyectos que la utilizan, es la Berkeley Open Infraestructure for Network Computing o BOINC, que fue desarrollada para SETI y que posteriormente ha ampliado su utilización. En el Anexo III se detallan algunos de estos proyectos, vigentes en la actualidad.

La participación de los ciudadanos en estudios científicos se da desde el siglo XIX. Están documentados varios proyectos de recogida de datos meteorológicos por Matthew Fontaine Maury, oficial de la Armada de los USA, en 1825 y el del inglés William Whewell, también marino, que creó una red de recogida de datos sobre el comportamiento local de las mareas en 1835 ⁶⁴

Con el inicio del siglo XXI ha habido una tendencia creciente para que los ciudadanos participen en estudios científicos mediante la recogida y difusión de datos utilizando las tecnologías de la información y comunicación que tiene su máximo desarrollo con el uso de tecnologías móviles.

A este fenómeno de la participación voluntaria de miles de ciudadanos recogiendo datos con finalidad científica se le llama "Ciencia Ciudadana" o también "eCiencia"

"En la eCiencia, los ciudadanos se vuelven productores de la ciencia. Esta co-creación de conocimiento representa un adelanto considerable con respecto al enfoque previo, en el

cual el científico era “el experto” y los ciudadanos, básicamente, unos asistentes gratuitos de investigación”.⁶⁵

El Oxford English Dictionary define “citizen science” como el trabajo científico desarrollado por miembros del público en general, a menudo en colaboración con o bajo la dirección de científicos profesionales e instituciones científicas.⁶⁶

Conscientes las administraciones de la importancia de este nuevo paradigma, la Unión Europea, financia el proyecto Socientize, que lidera el Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI) de la Universidad de Zaragoza.⁶⁷ El CSIC se ha involucrado también en el proyecto⁶⁸ y ha participado en la elaboración del “Libro Verde de la Ciencia Ciudadana”⁶⁹ que fue la base conceptual para el desarrollo de las líneas programáticas recogidas en “El Libro Blanco de la Ciencia Ciudadana”⁷⁰

El capítulo español de Socientize es Ibercivis⁷¹ que utilizando la plataforma BOINC da soporte a varios proyectos, uno de ellos un Docking de proteínas desarrollado desde la Unidad de Bioinformática del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa.

Otro de los proyectos de Socientize se realiza sobre imágenes de células para el estudio de la apoptosis. Hay un vídeo que presenta el contexto del experimento.⁷²

En EEUU en el Congreso Anual de la AAAS de 2014, dedicaron un simposium a la Ciencia Ciudadana ⁷³ y hay en marcha proyectos como la Citizen Science Alliance o la SciStarter que tiene el soporte de la National Science Foundation y la Arizona State University. Esta última con múltiples proyectos, algunos tan interesantes como el uBiome, para mapear el microbioma humano, el GoViral, de recogida de datos sobre los virus causantes de los catarros, Infinome, que estudia la relación entre el modo de vida y los genes, WeCureALZ, que estudia el flujo sanguíneo cerebral para poder diagnosticar antes el Alzheimer y unas decenas de proyectos más. ⁷⁴

La European Citizen Science Association define en diez puntos lo que es la Ciencia Ciudadana:

- 1- Los proyectos de Ciencia Ciudadana implican a los ciudadanos en los descubrimientos científicos que generan nuevos conocimientos.
- 2- Los proyectos de Ciencia Ciudadana tienen resultados propios de la ciencia
- 3- Los científicos y los ciudadanos se benefician participando.
- 4- Los ciudadanos pueden participar, si lo desean, en múltiples etapas del proceso científico.

- 5- Los ciudadanos reciben información de la marcha del proyecto.
- 6- La Ciencia Ciudadana se considera un enfoque de investigación como cualquier otro, con limitaciones y sesgos que deben ser considerados y controlados.
- 7- Los datos y meta-datos de los proyectos de Ciencia Ciudadana deben estar disponibles públicamente y cuando sea posible, los resultados han de publicarse en un formato de libre acceso.
- 8- Los ciudadanos participantes han de reconocerse en los resultados y en las publicaciones.
- 9- Los programas de Ciencia Ciudadana son evaluados por los resultados, la calidad de los datos, la experiencia de los participantes y la repercusión política y social.
- 10- Los directores de los proyectos de Ciencia Ciudadana tendrán en cuenta los aspectos legales y éticos de los resultados relativos al copyright, la propiedad intelectual, los agradecimientos, la confidencialidad, las atribuciones y el impacto ambiental de todas las actividades.⁷⁵

1.6 El acceso a las técnicas de laboratorio

Las técnicas que se utilizan en ingeniería genética están la mayoría dirigidas a aislar moléculas de ácidos nucleicos, fundamentalmente de DNA, a visualizarlas y manipularlas mediante fragmentación y pegado. Son técnicas de laboratorio bioquímico, pero lo que se manipula son unidades de información representadas por fragmentos de ácidos nucleicos.

Estas técnicas consisten pues en:

- 1- Extracción de DNA de los tejidos o de cultivos bacterianos o celulares.
- 2- Visualización del DNA
- 3- Secuenciación del DNA

Hasta ahora la instrumentación requerida para llevar a cabo estas acciones, limitaban la realización de estas técnicas a laboratorios institucionales, fundamentalmente por el coste económico elevado del instrumental requerido para ello. Los grupos DIY Bio han conseguido su dotación a base de ingenio (Do It Yourself) y mediante la compra de equipos usados vendidos en internet a precios asequibles por particulares.

En la dotación de un laboratorio para poder realizar técnicas de biotecnología debemos distinguir:

A.- Elementos comunes a cualquier laboratorio: matraces, pipetas, cubetas, balanza, centrífuga, microscopio, etc.

B.- Instrumental específico: cubeta de electroforesis, termociclador y secuenciador automático, etc.

Aunque hay un buen número de técnicas de estudio del DNA en el laboratorio para la mayoría se necesita la PCR o Reacción en Cadena de la Polimerasa,⁷⁶ que cuando la muestra es pequeña nos permite aumentar (amplificar) la cantidad de DNA hasta obtener el suficiente para seguir realizando con él otras técnicas analíticas.

Esta técnica fue un invento de Kary Banks Mullis, bioquímico estadounidense, realizado en 1985, cuando trabajaba en Cetus Corporation con oligonucleótidos. La idea en sí consiste en multiplicar una hebra de DNA millones de veces. Para ello utiliza nucleósidos trifosfatados y una polimerasa de DNA. Perfeccionó el método utilizando polimerasa Taq, extraída de *Thermus aquaticus*, bacteria termófila. En 1993 se le concedió el Premio Nobel de Química por este invento.⁷⁷

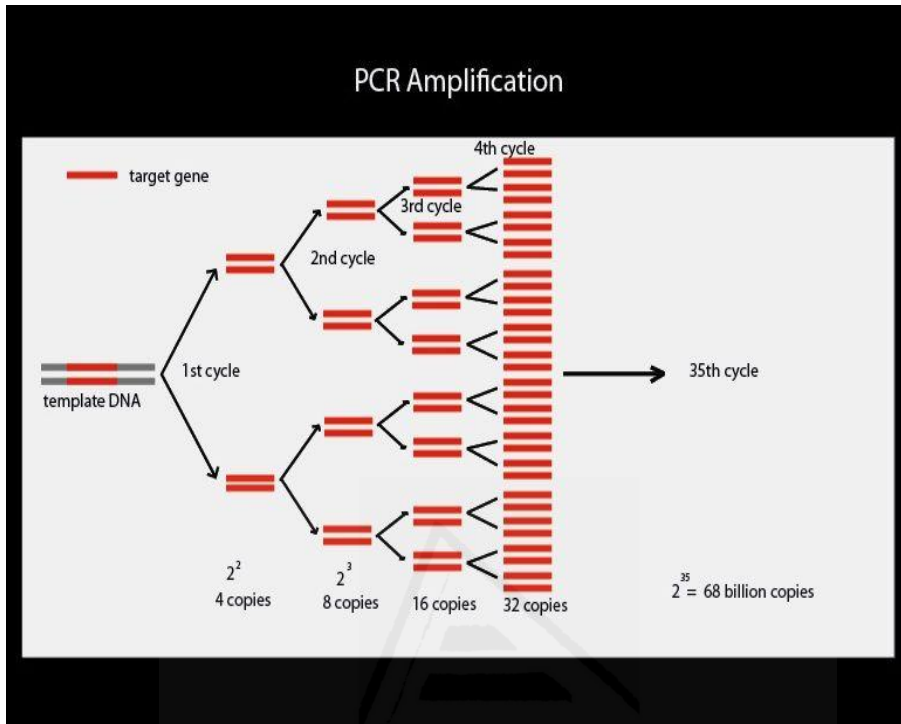


Figura 3 Esquema de la amplificación producida por la PCR

La PCR es una técnica habitual e indispensable en los laboratorios de investigación biológica y médica. Tiene muchas aplicaciones: clonación de DNA para estudiar su secuencia, estudios filogenéticos, diagnóstico de enfermedades hereditarias, técnicas forenses y de determinación de la paternidad y en el diagnóstico de enfermedades infecciosas (existiendo ya una tendencia al estudio del material genético de

los microorganismos con fines de identificarlos antes que a su cultivo, que requiere más tiempo y no siempre es posible la obtención de las muestras o su desarrollo en el laboratorio), en paleontología y antropología biológica.

El proceso de la PCR consta de entre 20 a 35 ciclos en los que se producen varios pasos a diferentes temperaturas.

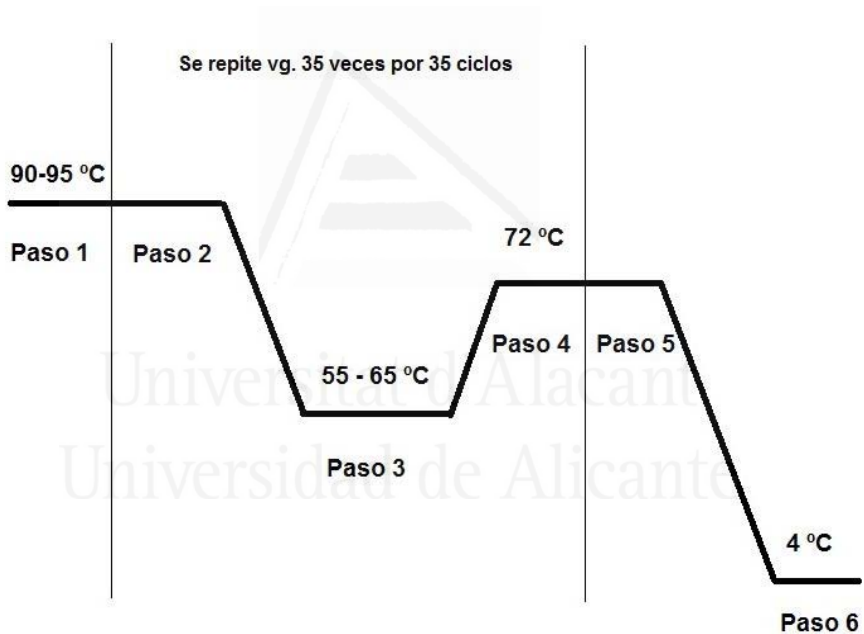


Figura 4 Esquema de los ciclos de la PCR

Las temperatura y los tiempos de cada ciclo dependen de varios factores: la enzima utilizada, la concentración de iones divalentes, los dNTP (desoxirribonucleótidos-trifosfato), la longitud del DNA que se quiere amplificar y la temperatura de unión de los oligonucleótidos utilizados como cebadores. Todo este proceso tan complejo está mecanizado llamándose “Termociclador” al instrumento que lo realiza.

A la técnica básica se le han ido introduciendo modificaciones en función de los resultados que se quieren obtener existiendo múltiples tipos de PCR.

Otra técnica de laboratorio complementaria de la PCR es la electroforesis en gel. Se utiliza para separar moléculas basándose en la forma, el tamaño y el punto isoelectrico. Tiene dos usos: uno analítico y el otro para separar moléculas para su estudio posterior mediante otras técnicas. El gel que se utiliza depende del tamaño de las moléculas con las que se trabaje. En DIY Bio se utiliza el gel de agarosa que es un producto inocuo porque para moléculas pequeñas de ácidos nucleicos o proteínas se utiliza el gel de acrilamida que es un producto tóxico.

La electroforesis es también una técnica con muchas variables que dependen de las moléculas a estudiar.

Hay tres tipos de electroforesis: De frente móvil, Zonal y Continua. La más utilizada es la Zonal. En ella la muestra se aplica como una mancha o banda y los componentes de la muestra migran a través de un disolvente que suele estar diluido en un soporte, que como hemos dicho en nuestro caso es agarosa. El objetivo de esta técnica es separar los componentes de la muestra.

Los medios de soporte además de los citados pueden ser también: papel, acetato de celulosa, almidón, agarosa más poliacrilamida y poliacrilamida más dodecilsulfato sódico (SDS).

Por la disposición de los elementos la electroforesis puede ser vertical u horizontal. Para ver el avance del frente de electroforesis se utiliza un colorante, generalmente azul de bromofenol.

Una vez que la separación de las moléculas se ha producido hay que proceder a la detección o revelado de las bandas que puede hacerse: por tinción, por ensayo enzimático, autorradiografía, inmunoensayo (Western blot) y detección de ácidos nucleicos con sondas (Southern y Northern).

Además de lo dicho hay técnicas especiales y diferentes usos de las mismas.

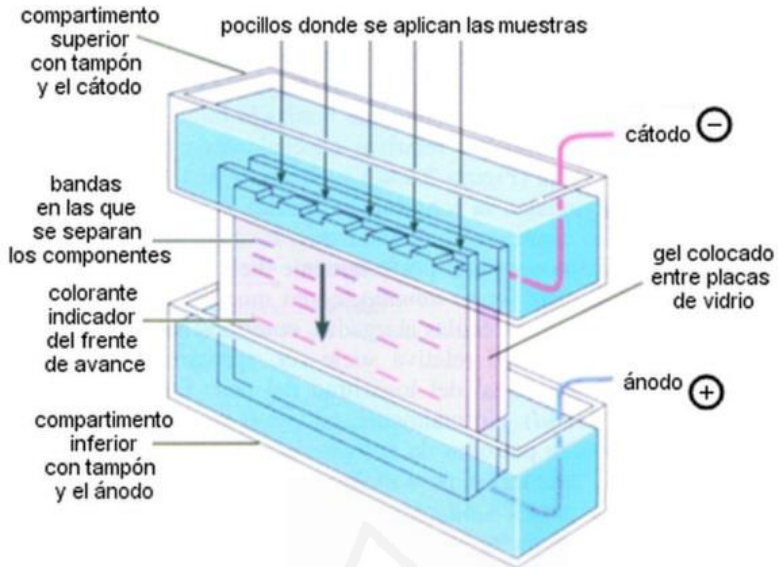


Figura 5 Imagen esquemática de una electroforesis vertical

En una encuesta de respuesta múltiple realizada entre los grupos DIY Bio⁷⁸, el uso del instrumental de laboratorio era el mostrado en la tabla siguiente:

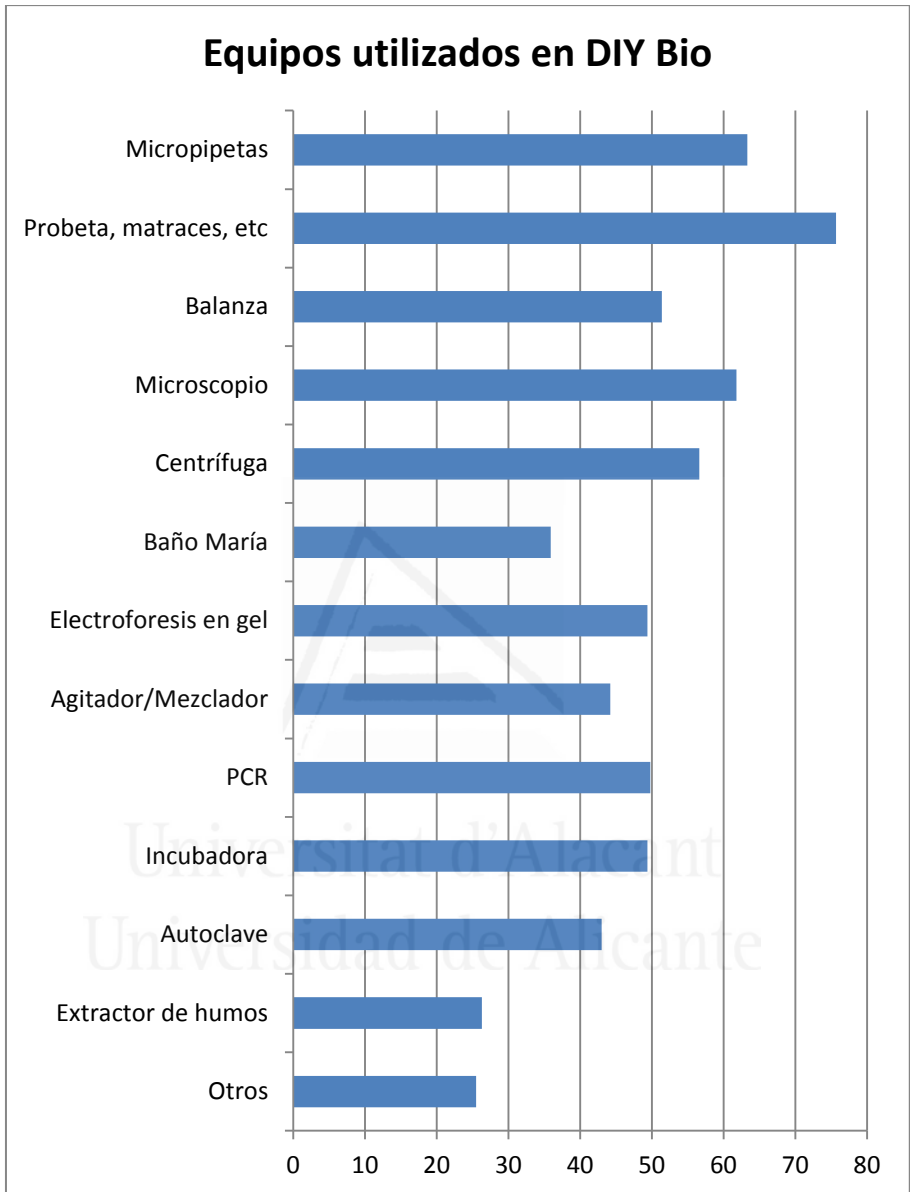


Tabla 7 Manejo de los equipos de laboratorio

El empleo de estas y otras técnicas ha sido facilitado en los últimos años por el desarrollo de cursos online gratuitos por parte de prestigiosas universidades ^{79, 80, 81} en la línea de lo descrito anteriormente de democratización de la ciencia, así como por la comercialización a precios reducidos de los kits con todos los reactivos necesarios para la realización de cada técnica. ⁸²

En cuanto a la dotación del instrumental de laboratorio hacerlo por la vía tradicional de adquirir productos ya comercializados por la industria por el elevado coste económico de los mismos no sería posible para grupos de aficionados. Para ello recurren a tres vías: 1- Autoconstrucción, 2- Donaciones y adquisición de equipos de segunda mano y 3- Adquisición de instrumental diseñado bajo licencia Open Source, que es más barato y permite su modificación.

Citaremos aquí tres ejemplos significativos de lo desarrollado por la comunidad DIY Bio en este sentido. Uno de ellos es la construcción de un rotor para centrífuga utilizando una impresora 3D bajo licencia Open Source Hardware (OSHW)⁸³

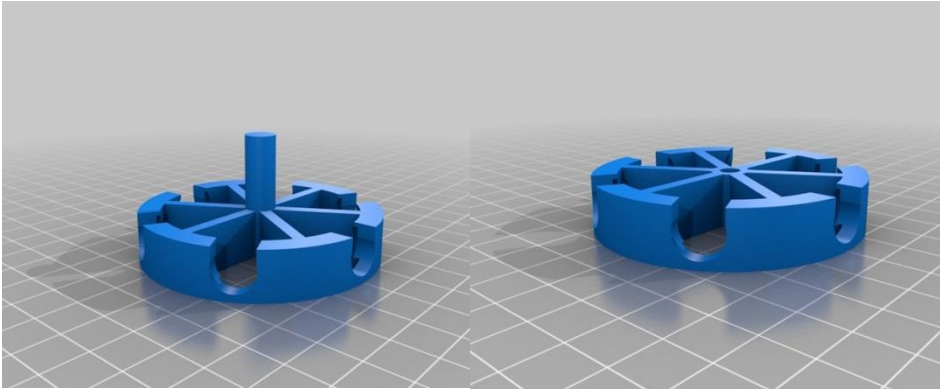


Figura 6 Imágenes CAD del rotor

Otro ejemplo de autoconstrucción es el de una centrifugadora utilizando un disco duro ⁸⁴ Se proponen varias opciones y se emplean para la realización de las piezas una impresora 3D y una cortadora láser también autoconstruída. Para los sistemas de control se utiliza un sistema Arduino que también es OSHW.

El tercer ejemplo propuesto es de la plataforma de Ciencia Ciudadana, GaudiLabs⁸⁵ en donde hay una oferta de proyectos que permite dotar completamente un laboratorio.



Figura 7 Algunos de los instrumentos propuestos

Otra opción es el recurso a solicitar la donación a laboratorios de la industria o de instituciones que se desprenden de equipo por mejora u obsolescencia de los mismos, o bien recurrir a las ofertas que se realizan en eBay o en empresas especializadas en la reventa de equipos, aunque esta suele ser también una opción cara.

La oferta de los grupos DIY Bio no se limita sólo a la instrumentación de laboratorios ubicados en un determinado lugar sino que hay también proyectos, algunos de ellos ya realizados e incluso comercializados para construir

“laboratorios móviles” miniaturizados e integrados en un pequeño maletín.

En GaudiLab tienen un prototipo el DIY Mobile Gen Lab ⁸⁶ que incluye en un portafolios: un termociclador para PCR basado en el OpenPCR ⁸⁷ con pantalla de cristal líquido, una cámara de electroforesis en gel diseñada y construida con un cortador laser según los principios de la OSHW, un transiluminador hecho con la plataforma modificada de un escáner, un soporte para pipetas de diferentes tamaños, un sintetizador de sonido (i) y una batería recargable de 12V.



Figura 8 Mobile Gem Lab

La idea original de un laboratorio portátil se presentó en el iGEM de 2013 por parte del equipo de la University College London (UCL). El proyecto se denominó Darwin Toolbox⁸⁸ comercializado con el nombre de Bento Lab⁸⁹ y que incluye en una pequeña carcasa los siguientes elementos: termociclador, centrífuga y electroforesis en gel.



Figura 9 Descripción del Bento Lab



- 1 Cubeta de electroforesis
- 2 Centrífuga
- 3 Termociclador PCR
- 4 Pantalla y teclado

Un resumen de sus características:

Termociclador	Centrífuga
12 muestras	Admite tubos de 0,2 a 1,5 ml
Tubos de 0,2 ml	12,000 rpm
Control de temperatura Peltier	Tapa de seguridad
Electroforesis en gel	Características
Voltage: 100V	Contenedor de 30x21x5 cm
Transiluminacion azul	Peso: 3 kg
Dimensiones: 75x100 mm	Fuente de alimentación: 12 V 192 W

Tabla 8 Características del Bento Lab

La tercera posibilidad de dotar el laboratorio es recurrir a equipos comercializados bajo licencia Open Source. Son múltiples las ofertas existentes. En la siguiente tabla se muestran algunos ejemplos:

	FABRICANTE	NOMBRE	PRECIO (US dolar)
	CoFactor	OpenPCR ⁹⁰	600
	Applied Biosystems	StepOne System	6000 - 17000
	CoFactor	GeneLaser	99
	23andMe	DNA Test Kit	200-400




	FABRICANTE	NOMBRE	PRECIO (US dolar)
	KeegoTech	MudWatt Microbial Fuel Cell	45
	Sin equivalente		Podría costar cientos de dólares
 	Backyard Brains	SpikerBox	90
	Stanford Research Systems	Preamplifier	2400

Tabla 9 Tabla comparativa de equipos de laboratorio

1.7 Ética y bioseguridad

1.7.1 Ética

Dado que la biología sintética, actividad a la que se dedican los grupos DIY Bio, plantea muchas preguntas de tipo ético, no podemos dejar de referirnos a este aspecto de su actividad. Enfocando el problema desde el punto de vista de la sociología, son cinco los puntos a tener en cuenta para que este tipo de manipulaciones: 1- Beneficio público: maximizar los beneficios, reduciendo al mínimo los riesgos. 2- Gestión responsable, estableciendo procesos de evaluación antes y después de realizar los proyectos. 3- Junto a las responsabilidades hay que garantizar la autonomía y la libertad intelectual. Las tecnologías emergentes suscitan preocupación porque puede hacerse mal uso de ellas, pero esto no debe limitar la libertad intelectual. 4- Se debe garantizar un debate público entre los individuos involucrados. 5- Un principio de equidad, para identificar y dirigir políticas públicas que garanticen un reparto igualitario de los beneficios.⁹¹

Synberc (Synthetic Biology Engineering Research Center)⁹² es un centro de investigación que incluye a varias universidades y que se creó en 2006 con una subvención de la NSF (National Science Foundation) con la finalidad de sentar unas bases para la investigación en biología sintética, tiene entre sus objetivos: desarrollar las tecnologías de biología sintética, formar

ingenieros especializados en biología y hacer participar al ciudadano de las oportunidades y desafíos de la bioingeniería. Tienen a disposición pública una serie de “White papers” (Libros blancos) relativos a directrices para el trabajo con técnicas de biología de síntesis.

Está bien establecido que la aparición de nuevas tecnologías como la nanotecnología, la genómica o la biología sintética plantea cuestiones éticas. Si bien estas tecnologías rediseñan la vida y prometen aplicaciones revolucionarias, también generan problemas y riesgos que hay que saber asumir. La Ética ha de considerarse el compañero habitual de las ciencias y tecnologías en la sociedad contemporánea.⁹³

En EEUU existe la Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues que asesora al Presidente en los aspectos bioéticos de los avances en biomedicina y áreas relacionadas de la ciencia y la tecnología. En 2010 con ocasión del anuncio del J. Craig Venter Institute de que habían insertado un genoma creado en el laboratorio, dentro de una bacteria, creando un organismo nuevo, el Presidente Obama solicitó a la Comisión el estudio de las implicaciones que estas técnicas de la biología de síntesis podían tener. La Comisión elaboró un informe⁹⁴En él se establecen los “Principios éticos básicos para la evaluación de tecnologías emergentes” que son los

mismos ya comentados anteriormente en la primera cita bibliográfica de este apartado.

En el informe hay 24 referencias a la comunidad DIY que abarcan prácticamente todas las consideraciones relativas a ella, incluida la de que el FBI haga un seguimiento del mundo académico, el industrial y el DIY para garantizar la bioseguridad de las investigaciones en biología de síntesis y de sus usos.⁹⁵

Para Robert King Merton, sociólogo estadounidense, un referente en sociología de la ciencia, hay unas normas basadas en valores morales a partir de las cuales será posible el progreso científico: universalismo (las pretensiones de verdad deben ser sometidas a criterios impersonales preestablecidos), comunismo (los hallazgos de la ciencia no son propiedad de nadie, sino atribuibles a la comunidad), desinterés (el único beneficio para el científico es la satisfacción de su contribución y el prestigio que con ello pueda lograr) y escepticismo organizado (no deben establecerse censuras entre las creencias acríticas y las analizables objetivamente)⁹⁶

La ética hacker que es el fundamento de toda la filosofía que impregna el movimiento DIY Bio, no difiere de los postulados de la Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues ni de las normas de Meerton, aunque las trascienden por su amplitud: 1- El conocimiento es el motor y móvil principal de la actividad productiva y la vida en comunidad, sin tener en

cuenta los aspectos remunerativos. 2- Unidad y autonomía de la propia vida a partir de la no aceptación de la separación entre tiempo de vida y tiempo de trabajo y 3- La libertad es un valor fundamental, materialización de la autonomía personal y comunitaria ⁹⁷

En la siguiente tabla tomada de Marcus Schmidt ⁹⁸ podemos ver las similitudes entre el código ético aprobado por los grupos DIY Bio de EEUU y de Europa



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

<p>DIYbio Code of Ethics Draft from the U.S. delegates July 2011</p>	<p>DIYbio Code of Ethics Draft from the European Delegation May 2011</p>
<p>Open Access Promote citizen science and decentralized access to biotechnology.</p>	<p>Transparency Emphasize transparency and the sharing of ideas, knowledge, data and results.</p>
<p>Transparency Emphasize transparency, the sharing of ideas, knowledge and data.</p>	<p>Safety Adopt safe practices.</p>
<p>Education Engage the public about biology, biotechnology and their possibilities.</p>	<p>Open Access Promote citizen science and decentralized access to biotechnology.</p>
<p>Safety Adopt safe practices.</p>	<p>Education Help educate the public about biotechnology, its benefits and implications.</p>
<p>Environment Respect the environment.</p>	<p>Modesty Know you don't know everything.</p>
<p>Peaceful Purposes Biotechnology should only be used for peaceful purposes.</p>	<p>Community Carefully listen to any concerns and questions and respond honestly.</p>
<p>Tinkering Tinkering with biology leads to insight; insight leads to innovation.</p>	<p>Peaceful Purposes Biotechnology must only be used for peaceful purposes.</p>
	<p>Respect Respect humans and all living systems.</p>
	<p>Responsibility Recognize the complexity and dynamics of living systems and our responsibility towards them.</p>
	<p>Accountability Remain accountable for your actions and for upholding this code.</p>

Tabla 10 Código ético en EEUU y Europa

1.7.2 Bioseguridad

La bioseguridad es el conjunto de normas y medidas preventivas destinadas a mantener el control de factores de riesgo de contaminación por agentes biológicos, físicos o químicos.

Los RIESGOS BIOLÓGICOS, son los agentes y materiales potencialmente transmisibles para los humanos, animales y otras formas de vida. En ellos se incluyen patógenos conocidos y agentes infecciosos como: bacterias, plásmidos, virus, hongos, micoplasmas y parásitos, productos celulares, productos de animales libres y animales de laboratorio e insectos que pueden ser reservorios de agentes infecciosos y los fluidos corporales de los animales y plantas. También se incluyen dentro de los potenciales riesgos biológicos aquellos usados en procedimientos como son el DNA recombinante y en general las manipulaciones de material genético.

En España los agentes biológicos se clasifican en el RD 664/1997 en cuatro grupos, siendo el grupo 1 el de menor riesgo y el grupo 4 el de mayor riesgo:

GRUPO DE RIESGO	RIESGO INFECCIOSO	RIESGO DE PROPAGACIÓN A LA COLECTIVIDAD	PROFILAXIS O TRATAMIENTO
1	Poco probable que cause enfermedad	No	Innecesario
2	Pueden causar una enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores	Poco probable	Posible generalmente
3	Puede provocar una enfermedad grave y constituir un serio peligro para los trabajadores	Probable	Posible generalmente
4	Provocan una enfermedad grave y constituyen un serio peligro para los trabajadores	Elevado	No conocido en la actualidad

Tabla 1-7 1
Grupos de riesgo

Tabla 11 Grupos de riesgo

En EEUU el control del riesgo biológico está a cargo del CDC (Centers for Disease Control and Prevention) ⁹⁹ Este centro

establece cuatro niveles de bioseguridad que vienen a coincidir con lo legislado en España.¹⁰⁰

En 1984 se fundó la American Biological Safety Association (ABSA) con la finalidad de promover la bioseguridad como una especialidad científica y para servir a las necesidades de los profesionales en todo el mundo. Publican la revista Applied Biosafety y celebran un congreso anual.. Ofrece un registro de profesionales y una certificación que se obtiene mediante examen.¹⁰¹

Los grupos DIY Bio se desenvuelven en el nivel 1 (BSL-1). Aquí se trabaja con agentes que suponen un peligro mínimo para las personas y el medio ambiente. No se restringe el acceso a las instalaciones y el trabajo se desarrolla en instalaciones estándar. No se precisa equipamiento especial para las personas y la arquitectura y disposición del laboratorio puede ser cualquiera. Las medidas a adoptar en este tipo de instalaciones son las mismas que las de la asepsia clínica: uso de guantes, opcionalmente de mascarilla, y vertido de los materiales en recipientes de recogida que pueden estar abiertos. Los procedimientos de desinfección son iguales a los de la higiene personal y la limpieza de locales y mobiliario con un desinfectante doméstico. Al respecto son significativas las palabras de Ellen Jorgensen¹⁰² (cofundadora de Genspace) en una de las conferencias TED: “seguimos las leyes estatales y

locales. Desechamos nuestra basura de forma adecuada, seguimos procedimientos de seguridad, no trabajamos con patógenos. Saben, si uno trabaja con un patógeno, no es parte de una comunidad de biohackers, es parte de una comunidad de bioterroristas, lo siento. Algunas veces las personas me preguntan, "¿Y si ocurre un accidente?" Pues, trabajando con los organismos seguros con los que normalmente trabajamos, las posibilidades de que un accidente ocurra y que alguien accidentalmente cree algo como una especie de superbicho, es casi tan probable como que ocurra una tormenta de nieve en medio del desierto del Sahara"

La OMS tiene publicado un Manual de bioseguridad en el laboratorio" que va ya por su tercera edición y en él están claramente recogidos los criterios que rigen en cada nivel de bioseguridad ¹⁰³

La United Nations Interregional Crime and Justice Research Institute (UNICRI) en cooperación con la European Commission publicaron un informe que evalúa el riesgo causado por las nuevas tecnologías incluida la biología de síntesis. Como una adenda de seis páginas dedicada a la biología amateur o DIY Bio. ¹⁰⁴

**REVISIÓN Y ESTADO ACTUAL
DEL TEMA**

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2. REVISIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

El fenómeno sociológico de la biología de garaje ha sido posible por la confluencia en el tiempo de los aspectos descritos en la introducción de este estudio y debido al hecho de que la biología haya necesitado del manejo de gran cantidad de bases de datos y de información codificada como son la secuencia y plegamiento de las proteínas y de los ácidos nucleicos, para lo que se ha precisado de informáticos con conocimientos de biología molecular, en lo que es una nueva disciplina como la bioinformática.. La simplificación de las técnicas de laboratorio, unido al fenómeno de la socialización de la ciencia ha llevado a la aparición de laboratorios de biología molecular fuera del entorno académico e institucional.

Coincidimos con Morgan Meyer ¹⁰⁵ en el origen multicausal de la DIY biologie paralelo al desarrollo de la informática, del movimiento Open Source y de los Hackerspaces, aunque él no considera como motivo de su aparición y desarrollo la facilidad de acceso a las técnicas y materiales de laboratorio.

Como describe Moritz¹⁰⁶ refiriéndose al surgimiento de la empresa Apple: “los fundadores de Apple recurrieron a lo más práctico: la casa de la familia Jobs en Los Altos. Jobs, que había vuelto a vivir con sus padres, se apropió de la única habitación vacía de aquella casa de tres: el antiguo dormitorio de Patty, su hermana menor, que se había casado. Sólo tenía una cama individual y una cómoda, así que era perfecta para almacenar las bolsas de plástico llenas de piezas que enviaban los proveedores. Montaban los primeros Apple en el mismo dormitorio y en el de Jobs, donde las gotas de plomo derretido de las soldaduras abrasaban el tablero de una estrecha mesa.”

“Cuando empezaron a trabajar en la segunda remesa de cincuenta ordenadores, Paul Jobs llamó al orden y sugirió que Apple continuara sus asuntos en el garaje. «Era más fácil vaciar el garaje que hacer sitio en casa. Mis coches podían dormir en la calle. Las cosas de la empresa no».

Por similitud con esta situación, a las prácticas realizadas en laboratorios creados en un entorno doméstico y no profesional donde se realizan técnicas de biología sintética se le denomina *Biología de garaje (Garage biologie)*.

Otras denominaciones que ha recibido este movimiento ciudadano son: Kitchen biology (Biología de cocina), Biohacking (Hacking biológico), Life Hacker (Hacker de lo viviente), Amateur biology (Biología aficionada) , Biopunk (Punk

biológico) y DIY (**Do It Yourself**) biology (Haz tú mismo biología). Tal cantidad de denominaciones se debe a títulos de libros o de artículos de revista de divulgación que utilizando términos llamativos pretenden captar la atención del lector.

Do It Yourself es un movimiento contracultural consistente en habilitar al ciudadano para realizar tareas que pueden estar a su alcance sin necesidad de recurrir a profesionales externos o a corporaciones. El movimiento Punk, participa de esta filosofía.

El término generalmente aceptado por las razones que más adelante veremos es el de DIY biologie. Las otras denominaciones han sido utilizadas por los medios de comunicación, más interesados en buscar un término llamativo cuando informan sobre la existencia de este tipo de prácticas que en la realidad de las mismas.

En julio del 2000, Shawn Carlson publicaba en la sección Amateur Scientist de Scientific American un artículo “PCR at Home” describiendo una técnica para hacer una PCR doméstica. Al año siguiente, Robert Carlson, publicaba un artículo en el que pronosticaba la tendencia en varios aspectos de la ciencia y entre ellos comentaba que el desarrollo de técnicas de biología sintética cada vez más accesibles, permitiría experimentos domésticos con el DNA.¹⁰⁷

Cuatro años más tarde, en 2005, retomaba el tema en otro artículo ¹⁰⁸ que comenzaba: “The era of garage biology is upon us. Want to participate?” (La era de la biología de garaje la tenemos encima. ¿Quiere participar?)

En el mismo año de 2005, Jason Bobe y Mackenzie Cowell , pusieron en marcha DIYbio.org, a modo de tablón de anuncios online. Bobe trabajaba en Harvard con el bioingeniero George Church (uno de los fundadores de esta disciplina) y Cowell en la International Genetically Engineered Machines (iGEM). No fue hasta el año 2008 en que el movimiento DIYbio comenzó a desarrollarse paralelamente a la cultura de los Farm labs y los movimientos de Ciencia Ciudadana (community labs) descritos anteriormente.

En el primer trimestre de 2013, el Synthetic Biology Project¹⁰⁹ realizó un estudio cuantitativo de la comunidad DIY Bio. Estos son algunos de los resultados.

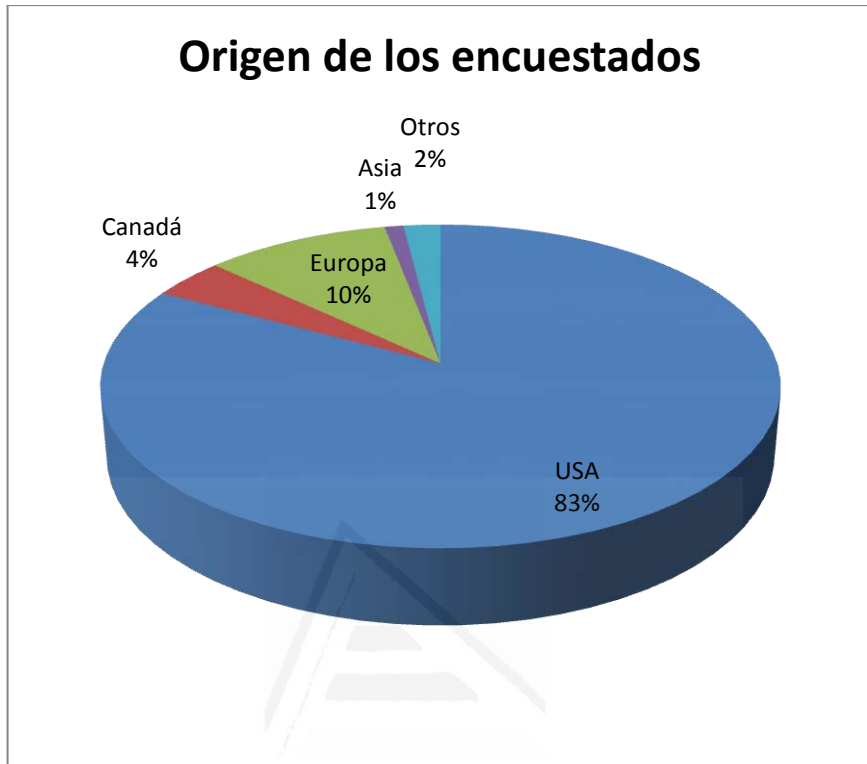


Tabla 12 Origen de los participantes en la encuesta

La distribución del origen se corresponde aproximadamente con el porcentaje de grupos DIY Bio que hay en cada continente. (Anexo IV)

De todos los encuestados el 75,3 % eran hombres y el 24,7 % mujeres.

Por edades el grupo más abundante está entre los 35 y 45 años con un 42%

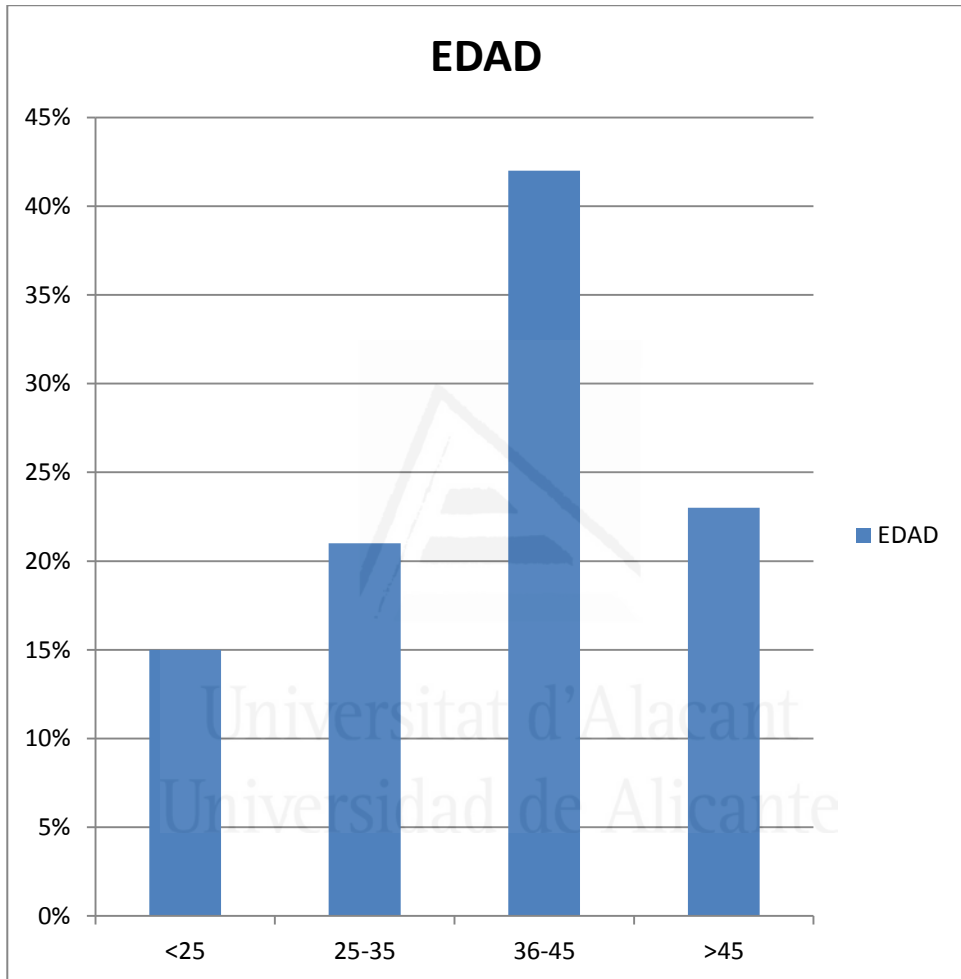


Tabla 13 Distribución por grupos de edad

No todos realizan su actividad en un único sitio.

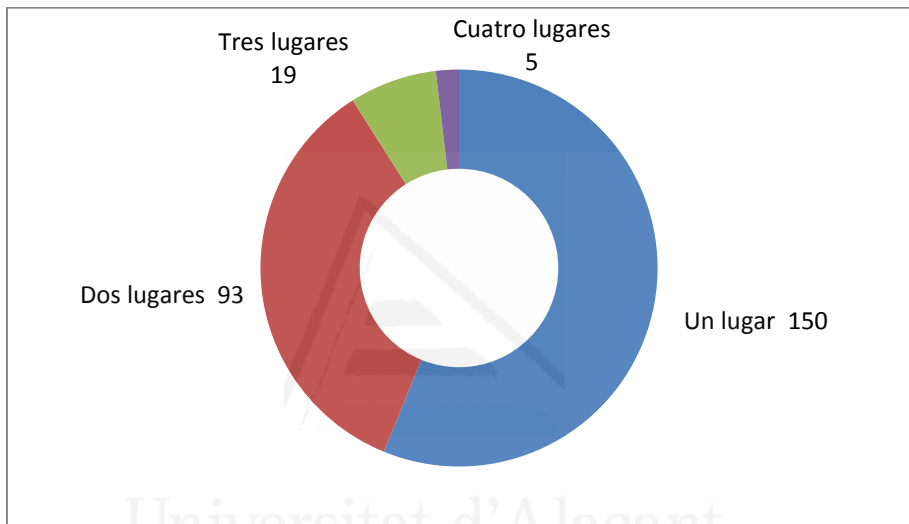


Tabla 14. Número de laboratorios a los que acude una misma persona

De los que trabajaban en un único sitio: uno lo hacía en un laboratorio institucional, 37 en un Hackerspace, 55 en un laboratorio comunitario (community lab) y 23 en su casa.

De los que trabajaban en dos lugares. 5 lo hacían en un laboratorio institucional y en un Hackerspace, 13 en uno

institucional y en casa, 18 en uno institucional y en un Community lab, 15 en un Hackerspace y en casa, 32 en un Community lab y en un Hackerspace y 10 en un Community lab y en casa.

De los 19 que trabajaban en tres lugares: cinco lo hacían en una institución, en un Community lab y en casa; dos en uno institucional, un Hackerspace y en casa; seis trabajaban en un institucional, un hackerspace y en casa y, por último, seis trabajaban en un Hackerspace, en un Community lab y en casa.

Finalmente los cinco últimos trabajaban en el laboratorio institucional, en un Hackerspace, en un Community lab y en casa.

De los datos anteriores se deduce que el trabajo del biotecnólogo aficionado no se realiza aisladamente. De los 267 encuestados, sólo 23 (el 8,6%) lo hacen en su casa, sin que esto signifique necesariamente que trabaja solo.

Respecto al tiempo que dedican a esta actividad, el promedio es de 6,85 horas semanales.

En cuanto al nivel de estudios de los biotecnólogos aficionados, sobre un total de 357 respuestas, estos fueron los resultados:

NIVEL DE ESTUDIOS	PORCENTAJE	TOTAL
Ninguno	2,8	10
Secundaria	26,6	95
Universitario	37,5	134
Máster	7,6	27
Doctorado	15,1	54
Doctorado en Medicina	1,7	6
Otros	8,7	31
		357

Tabla 15 Nivel de instrucción

en la tabla 15 podemos apreciar que aproximadamente el sesenta por ciento de los biólogos aficionados tienen estudios universitarios.

Los tipos de proyecto en que están trabajando en los DIY Bio laboratorios son muy variados incluyendo hasta proyectos artísticos en una quinta parte de los casos. Se trataría de crear luminiscencia en organismos vivos, tal como ya propuso Krichevsky ¹¹⁰ en el año 2010., aunque a nivel de fermentos (yogur luminiscente).



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

TIPO DE PROYECTO	PORCENTAJE	TOTAL
Medicina y relacionados con la salud	23,8	73
Monitorización ambiental	15,6	48
Investigación básica	33,6	103
Educativo	41,4	127
Empresarial	30,0	92
Artístico	21,5	66
Agrícola y similares	11,4	35
Exploración personal	40,4	124
Desarrollo de instrumentos	30,3	93
Software	19,9	61
Otros	9,1	28
		307

Tabla 16 Tipos de proyecto

Otro aspecto a considerar es el tipo de experimentos en los que los miembros de los grupos DIY Bio han intervenido. El más realizado es la extracción de DNA, con un 65% de practicantes, lo que resulta lógico dado que es el paso previo en cualquier práctica de biología sintética. Le siguen los experimentos con bacterias o levaduras con un 44,6%. Los experimentos que con menor frecuencia se han realizado son aquellos en los que intervienen células de mamífero, lo que resulta lógico dado que sólo un laboratorio DIY Bio tiene la facultad legal para hacerlo. En la tabla 17 se exponen el conjunto de experimentos.

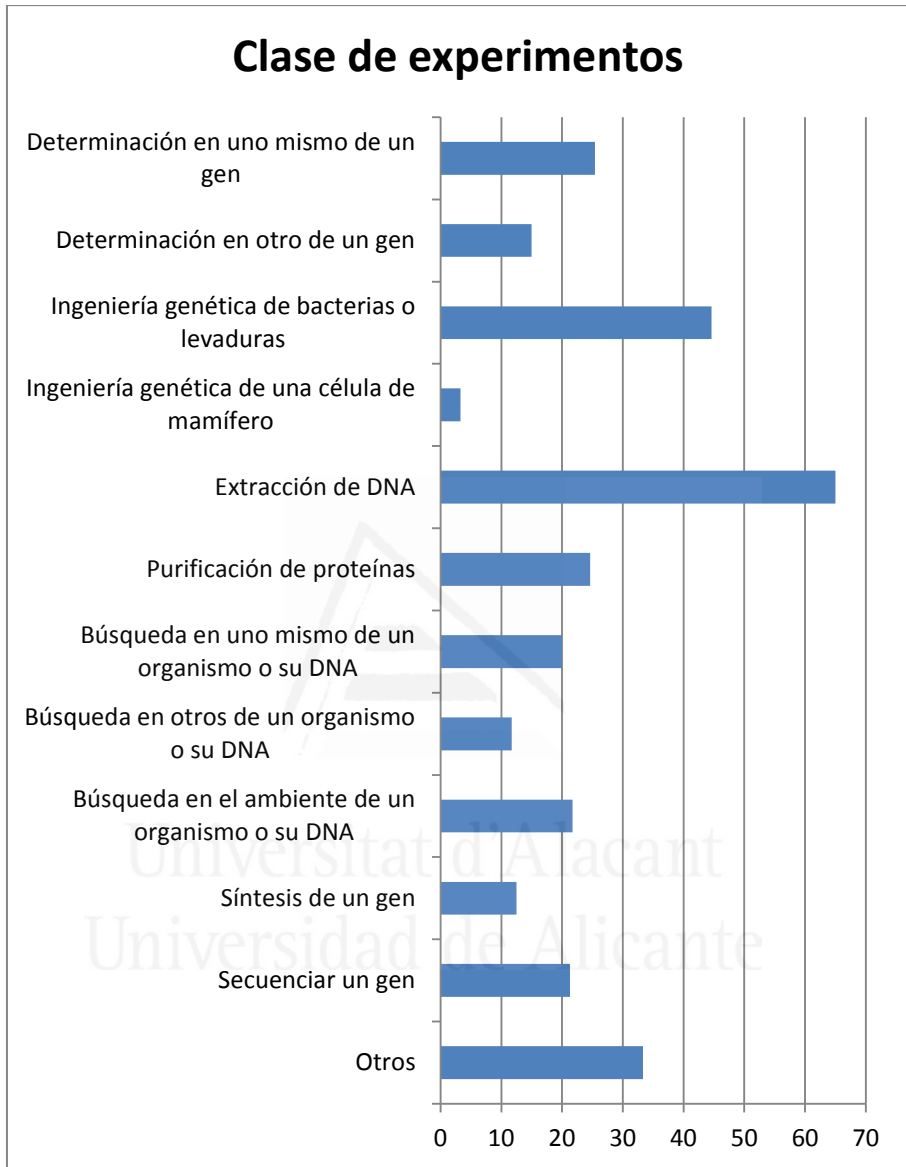


Tabla 17 Experiencias que realizan



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

MATERIAL Y MÉTODO

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

3 - MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Material

Dado el carácter no institucional de los aficionados a la biología de síntesis no es posible recurrir a fuentes de datos administrativos. Tampoco es posible recurrir a fuentes de información primarias porque no existen. La única publicación conocida es BioCoder,¹¹¹ editada por O'Reilly Atlas de Sebastopol (California) y de la que han aparecido sólo seis números. Se trata de un boletín para su uso por la comunidad DIY Bio.

La única fuente de información disponible con datos sobre la actividad de los grupos DIY Bio es el estudio de Syntetic Biology Project¹¹² en el que no se analizan los proyectos en los que trabajan los distintos grupos.

Se ha tenido que recurrir a la literatura gris y al análisis manual de las sedes webs y otras formas de presencia en internet de los grupos DIY Bio y algunos otros que no están adheridos a la organización.

Se ha partido por tanto de la relación de grupos que figuran en la web diybio.org que durante el tiempo en que se ha estado realizando este trabajo ha sufrido modificaciones en cuanto a los grupos adheridos, desapareciendo algunos y

adscribiéndose otros, sin que estos cambios hayan afectado significativamente a este estudio.

En la actualidad (noviembre 2015) hay inscritos en diybio.org 70 grupos de trabajo. De estos 30 residen en EEUU y 27 en Europa distribuyéndose el resto según se muestra a continuación en la Tabla 18

UBICACIÓN GRUPOS DIY BIO	NÚMERO
EEUU	30
Canadá	3
Méjico	1
Europa	27
Asia	1
Israel	1
Oceanía	3
Sudamérica	4

Tabla 18 Ubicación de los grupos DIY Bio

De estos grupos, aun figurando en la relación, hay algunos que no tienen presencia en internet por lo que se supone que han desaparecido o no se han creado completamente todavía. De estos hay dos en EEUU, uno en Europa y dos en Oceanía, donde sólo queda el grupo de Melbourne.

Algunos no poseen sede web pero ello no significa que no estén activos. Es lo que ocurre con el grupo de Guanajuato (Méjico) con una inusitada actividad o con el de Oaklan en California que ha solicitado una autorización BSL2 para poder trabajar con muestras humanas.

UBICACIÓN	MEETUP	GOOGLE GROUPS	FACEBOOK
EEUU	3	1	1
Canadá	2	-	-
Méjico		3	1
Europa	2		2
Oceanía			1

Tabla 19 Tipo de presencia en Internet

3.2 Método

La metodología seguida ha sido la de visitar manualmente cada una de las sedes web o de las redes sociales en que tienen presencia los grupos DIY Bio. Se ha hecho un seguimiento de sus proyectos y se han recogido los resultados en una tabla.

También se ha hecho un análisis cibernético de la presencia en internet con el software Webometric Analyst ® ¹¹³ pero de los datos obtenidos no se extrae información relevante para este estudio.

Se ha utilizado un programa araña, Teleport Pro ®, ¹¹⁴ con el que se ha obtenido una copia exacta de los sitios web a estudio, permitiendo ver qué tipos de archivos contienen así como la navegación fuera de línea, lo que ha permitido el estudio de los mismos sin necesidad de disponer de una conexión a Internet.

En nuestra búsqueda manual entre los grupos DIY Bio hemos encontrado otros grupos que sin pertenecer ni estar adscritos a este colectivo, también trabajan fuera de las instituciones en biología de síntesis y participan de la misma filosofía de Ciencia Ciudadana y tecnología Open Source, motivo por el cual se recoge aquí su trabajo.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

RESULTADOS



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

4 RESULTADOS

Del estudio de las sedes web de los grupos DIY Bio, así como de las redes sociales de aquellos grupos que tienen presencia en la misma, se ha obtenido que:

El grupo BUGSS (Baltimore Under Ground Science Space)¹¹⁵ está trabajando en la producción de cadenas de E. coli que sean productoras de metalotioneína. La metalotioneína es una proteína rica en cisteínas (30%) con un peso molecular alrededor de los 6500 Da. Tiene la capacidad de unirse a metales pesados a través de los grupos tiol (-SH) de la cisteína. El objetivo es disponer de un detector de plomo para testear los alimentos. Colaboran en este proyecto con el grupo de Cambridge.

El grupo de Cambridge (MIT DIY Bio)¹¹⁶ trabaja, además de en el proyecto referido anteriormente en un protocolo de aislamiento de micropartículas desprendidas por las células de determinados tipos de cáncer. Las micropartículas celulares son vesículas menores de 1µm que se generan en la membrana celular al producirse una activación y en la apoptosis. Empleando marcadores celulares se ha visto que las micropartículas derivan de leucocitos, eritrocitos, células endoteliales, del SNC, de adipocitos y de

células tumorales, siendo las de este último origen las que se están estudiando por parte de este grupo.¹¹⁷

El otro proyecto en el que trabaja este grupo es en un protocolo de diagnóstico inmunológico para la malaria, sin que hasta el momento hayan obtenido resultados.

El grupo de Denver¹¹⁸ tiene el grupo Healt Devices que está trabajando en un detector de alcohol en sangre en tiempo real, BAC (**B**lood **A**lcohol **C**alculator) Utilizan en sus experimentos un sensor Bitalino¹¹⁹ marca que comercializa biosensores en kit para biólogos aficionados y para la enseñanza, con el software acompañante OpenSignal.

El grupo de Jackson¹²⁰ está trabajando en el Skindroid, que es una lámina con biosensores para sustituir a la piel dañada y carente de terminaciones nerviosas.

El grupo de Okland¹²¹ ha solicitado una autorización BSL2 para poder trabajar con muestras humanas. Son mentores del proyecto Open Insulin¹²² que está en su primera fase. Se trata de inserta una secuencia de DNA para la insulina en E. coli para inducir a la bacteria a expresar precursores de insulina. Es un proyecto Open Source.

El grupo de Seatel¹²³ colabora con el Colaboran con el Center for Sensorimotor Neural Engineering en el desarrollo de interfaces cerebro-ordenador.

El grupo de Sunnyvale ¹²⁴ colabora con Organovo en la construcción de bioimpresoras. El cirujano Anthony Atala, director del Wake Forest Institute for Regenerative Medicine, investiga sobre el crecimiento y regeneración de tejidos y órganos. En una de las conferencias TED ¹²⁵ explica en qué consiste su trabajo. Esquemáticamente consiste en crear un armazón de un material bioabsorbible e implantarle las células del tejido o del órgano que se quiere regenerar. Una vez conseguida la colonización celular, el órgano se implanta en el paciente. En la figura 3 1 se muestra la matriz de una oreja hecha de material biocompatible y bioabsorbible que se ha realizado con una impresora 3D, a la que primeramente se le implantarán células de cartílago y en un segundo tiempo, células dérmicas.



Figura 10 Matriz de una oreja

Otro ejemplo de esta técnica es el de la creación de una vejiga urinaria. En la figura 11 se muestra el molde previo a la implantación de células mucosas en el interior y células de músculo liso en el exterior.



Figura 11 Matriz de vejiga

Estas son técnicas experimentales que de momento solo son aplicables para reparar defectos de menos de dos centímetros y que han demostrado su utilidad clínica en el reemplazo de estructuras tubulares como los vasos sanguíneos o la uretra.¹²⁶

El grupo de Barcelona¹²⁷ tiene en marcha el proyecto BioStrike, que es internacional, consistente en el descubrimiento de nuevos antibióticos entre el microsistema que nos rodea en nuestra vida cotidiana. A partir de muestras de tierra que se colocan en un cultivo de *E. coli* se determinan las propiedades

que tiene de inhibir su crecimiento. El proyecto reparte entre los participantes un kit con todos los elementos necesarios para desarrollarlo. El participante deberá introducir en una base de datos accesible via web toda la información relativa a las muestras obtenidas (localización GPS, temperatura y humedad de la muestra, secuencia de DNA, fotografías de los cultivos, etc.¹²⁸

El grupo de Copenhage¹²⁹ tiene dos proyectos: 1- Herbal Medicine, para elaborar los propios tratamientos y cosméticos con extractos vegetales y 2- Vaghurtm (o Vagina Yogurt) entroncado con la filosofía Punk y algo escatológico, consistente en aislar los lactobacilos vaginales para producir yogur con ellos.

De los tres grupos que hay en Londres, el London Hackspace¹³⁰ que alberga varios grupos Lab farm, el de biohacking, que tiene un permiso CL1, ha concluido varios proyectos, uno de ellos, la determinación del grupo sanguíneo mediante la saliva. Se trata de obtener una muestra de DNA y determinar el gen "histo-blood group ABO system transferase" de 1062 bp, que es parte del locus del gen ABO.¹³¹

El grupo de Namur, en Bélgica,¹³² participa en un proyecto de identificación de bacterias, fundamentalmente salmonellas y clostridium, con afinidad por determinadas células tumorales a las que acaban destruyendo.

Este procedimiento ya se comprobó que no es efectivo. Actualmente hay dos ensayos clínicos en marcha consistentes en producir bacterias anaerobias, modificadas genéticamente para crecer dentro de un tumor y producir determinada enzima. El interior de los tumores, por la insuficiente vascularización, son zonas a las que no llegan los citostáticos. Por esa falta de vascularización, son zonas aneróbicas, por las que las bacterias son atraídas. Una vez la diseminación bacteriana se ha producido se administra un profármaco que se convertiría en activo con la enzima de la bacteria intratumoral, actuando exclusivamente a este nivel y dejando intactas las células no tumorales.

El grupo parisino de La Paillasse¹³³ participa en el proyecto Epidemium¹³⁴ (Challenge4Cancer) en colaboración con los laboratorios ROCHE, que es un programa de investigación científica participativa y abierta destinado a comprender mejor el cáncer gracias al Open Big Data¹³⁵ y el establecimiento de modelos predictivos.

El equipo suizoesloveno de Hackteria¹³⁶ colaboró con el proyecto POC Diagnostic de Nairobi (**P**oint **O**f **C**are)¹³⁷ aportando dos instrumentos diseñados por ellos: el DIY Microscopy¹³⁸ y el DIY Laser Cutter¹³⁹ Otro proyecto en el que colaboran es en el de detección de parásitos mediante LAMP

(Loop mediated Isothermal Amplification) que permite detectar DNA del parásito en muestras biológicas de personas.

GynePunk¹⁴⁰ es un grupo underground del colectivo de Calafou en Barcelona, donde coexisten varios espacios colaborativos, entre ellos el Pechblenda biolab. Pechblenda es parte de Hackteria.

GynePunk dedica sus esfuerzos a la emancipación de la mujer y en colaboración con Hackteria han desarrollado un “maletín de emergencia” que contiene una centrífuga, un microscopio y una incubadora con la finalidad de analizar líquidos orgánicos: sangre, orina y flujo vaginal. Con la centrífuga decantan los sólidos para poder examinarlos al microscopio identificando por el color la existencia de infección micótica urinaria o genital. Con la incubadora facilitan el crecimiento de colonias bacterianas en una placa de Petri, también con finalidad diagnóstica.

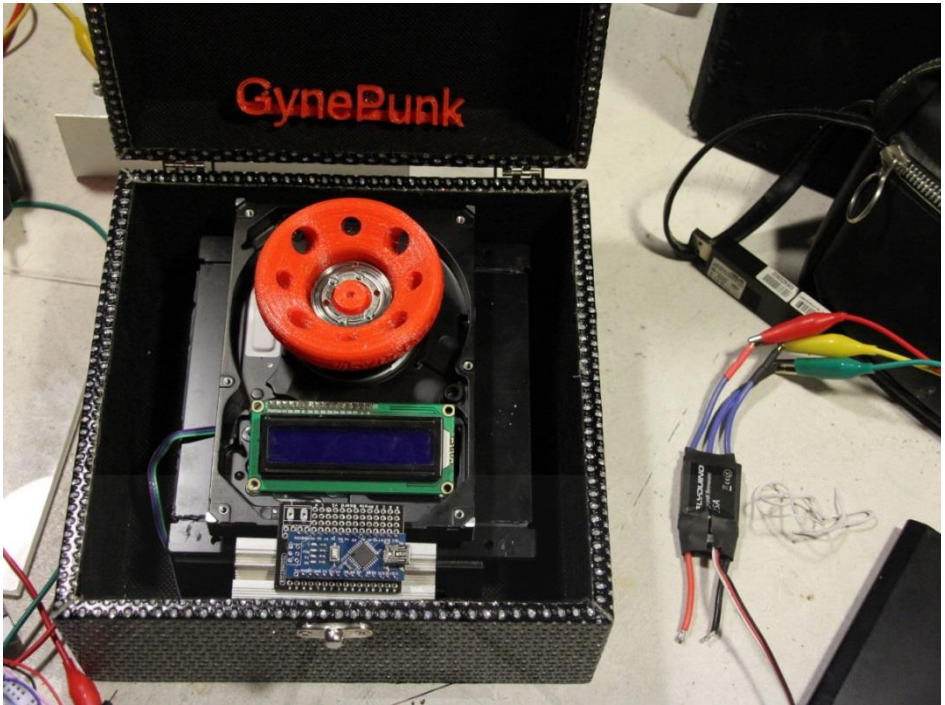


Figura 12 Maletín de GynePunk

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Han desarrollado un espéculo vaginal construido con una impresora 3D. (Fig. 13)

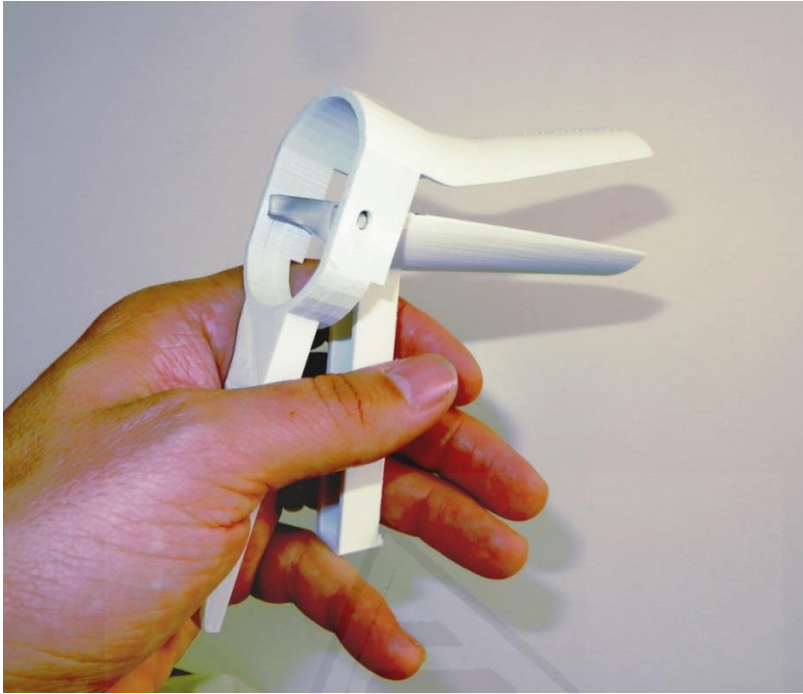


Figura 13 Especulo hecho con una impresora 3D por Gaudi Lab

Entre sus próximos proyectos está el desarrollar instrumental y protocolos de obstetricia y ginecología que permitan hacer diagnósticos de bajo coste.

Además de los referidos grupos pertenecientes a la organización DIY Bio, existen otros grupos de trabajo y personas que a nivel individual han desarrollado también proyectos DIY en biología que participan también de la filosofía Open Source.

Amplino¹⁴¹ es un equipo portátil de diagnóstico para la malaria. Está basado en una PCR en tiempo real (rtPCR) también denominada PCR cuantitativa o Q-PCR. La diferencia con una PCR es que al mismo tiempo que se amplifica el DNA se va cuantificando el mismo a través de unos sensores para fluorescencia que se han incorporado al termociclador. La mezcla analítica debe llevar incorporado un fluoróforo. La malaria se diagnosticaba hasta ahora o bien por microscopía, identificando al parásito en un frotis de sangre, o bien por serología con técnicas que demuestran la presencia de un anticuerpo, el del plasmodio en este caso, en sangre. El primer procedimiento requiere personal entrenado en identificar al parásito y el segundo precisa de un equipamiento de laboratorio que permita hacer algunos procedimientos de electroforesis. Como las áreas en donde la malaria es endémica corresponden a países pobres, no se suele disponer de estos medios y se aplica el tratamiento antipalúdico por la presencia de los síntomas. En ocasiones no es posible realizar el diagnóstico y hay que repetirlo al cabo de una semana o dos. Entre tanto ante la presencia de los síntomas hay que estar tratando al paciente.

En el informe de 2014 sobre el paludismo publicado por la OMS¹⁴² cada año se producen 198 millones de casos y quinientas ochenta y cuatro mil muertes.

Si tenemos en cuenta que con Amplino el proceso diagnóstico sólo requiere la introducción de la muestra en el aparato y que el diagnóstico es de certeza porque lo que se determina es la existencia del DNA del parásito (o su ausencia) nos podemos hacer una idea del alcance de este instrumento diagnóstico.



Figura 14 Amplino

La imagen del Amplino nos recuerda a la del Bento Lab comentado previamente.

El proyecto MARILYN, se lleva a cabo por una organización sin ánimo de lucro INDYSCI, y es también Open Source y su propósito es la investigación farmacéutica bajo esta filosofía. Consiste en la búsqueda de análogos de la sibiromicina, un antibiótico que por su unión con el DNA, tiene aplicación en algunos tratamientos antineoplásicos.¹⁴³

OpenBCI¹⁴⁴ es un proyecto comunitario que ha construido una plataforma de hardware y software que hace posible la medida, el análisis y la utilización de las señales eléctricas del cuerpo humano. El sistema OpenBCI puede medir datos de la actividad cerebral (EEG), cardíaca (ECG), del músculo (EMG), etc.

Se subvenciona a través de donativos.

TIPOS DE PROYECTOS MÉDICOS DESARROLLADOS POR LOS GRUPOS DIY Bio

PROYECTO	Nº
Test diagnósticos Detección de contaminantes Detección de alcohol en sangre Grupo sanguíneo por la saliva Test para la enfermedad del sueño Detección de parásitos con LAMP Equipo diagnóstico de la malaria	6
Biosensores	4
Nuevos fármacos Open insulina Nuevos antibióticos	3
Lucha contra el cáncer	3
Elaboración de productos Fitoremedios Yogur	3
Brazos y manos protésicos	1
Bioimpresoras	1
Vacuna contra el VIH	1
Total	22

Tabla 20 Tipos de proyectos médicos



DISCUSIÓN

Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

5. DISCUSIÓN

De los ochenta y dos grupos analizados, setenta pertenecen a la comunidad DIY Bio y doce corresponden o a grupos independientes o a personas con un interés particular en este tipo de práctica de la biología como podría ser el caso no recogido en este estudio de Cory A. Gall⁴⁵ doctorando en entomología y microbiología veterinaria, que busca financiación para un proyecto de estudio del microbioma de las garrapatas concretamente de la *Dermacentor andersoni*, que es la especie que habita en el oeste de los EEUU, responsable de la transmisión de la Fiebre de las Montañas Rocosas en humanos y de la anaplasmosis bovina, ambas producidas por bacterias del orden de las rickettsiales.

De los doce grupos independientes, seis se excluyeron del estudio por tener una finalidad comercial lo que los coloca fuera de la filosofía Open Source y de servicio altruista a la sociedad, características de los grupos DIY Bio.

De los setenta grupos DIY Bio, sólo diecisiete, el 24, 29 %, tienen en desarrollo o han concluído algún proyecto relacionado con la medicina.

Markus Schmidt¹⁴⁶ et al. afirman que los biólogos aficionados son individuos que realizan experimentos biológicos más por diversión que por vocación, restando seriedad a su labor, lo

que está en contradicción con estos resultados, ya que si la cuarta parte de los biólogos aficionados trabaja en proyectos de utilidad, esto sí que es una auténtica vocación no “contaminada” por el hecho de que la labor de investigador sea también el medio de vida.

Meyer¹⁴⁷ afirma que son muchos los doctorandos en biología que se dedican a la biología de garage como proyectos secundarios en sus carreras y que algunos de los grupos DIY Bio han sido fundados y mantenidos por este tipo de personas., lo que está en contradicción con la idea de que la dedicación por afición a la biología de síntesis sea algo parecido a una diversión frívola.

También afirma Meyer, en el artículo ya citado y en otro ¹⁴⁸ escrito con posterioridad, que hay más grupos DIY Bio en EEUU que en Europa. En nuestro trabajo, de los 70 grupos estudiados, 30 están en EEUU y 27 en Europa, como se ha dicho anteriormente, y de los que tienen proyectos médicos hay seis estadounidenses y seis europeos, lo que vuelve a igualar a los grupos de ambos lados del Atlántico, también cuando tenemos en cuenta su producción.

Thomas Landrain¹⁴⁹ publicó un estudio sobre los proyectos biomédicos en “do-it-yourself biology” pero tomó como base para el mismo los presentados a iGEM. Esta competición no es representativa del movimiento DIY Bio, a cuyos miembros no

se les permite presentarse a la misma, pues está abierta sólo a equipos “amateurs” institucionales, es decir, a estudiantes de biología sintética o biología molecular, en alguna institución académica.

Las fuentes primarias consultadas hacen referencia a las implicaciones sociales y a las posibles incidencias que pudieran darse en materia de seguridad de los grupos DIY Bio sin que se conozca estudio cuantitativo alguno quizá por la ausencia en este mismo tipo de fuentes de datos al respecto, y por la dificultad inherente de encontrar los datos que permitan dicha cuantificación por el propio carácter extra institucional e informal del movimiento DIY Bio.

En la literatura gris tampoco se encuentran datos para cuantificar la actividad DIY Bio. En general son artículos de divulgación que inciden más en los detalles espectaculares de dicha actividad: manipulación genética, hacking biológico, modificación de organismos, etc, que en la realidad de la misma. Ocasionalmente se cita algún ejemplo concreto de laboratorio o de la dotación instrumental, por su amplitud o bien por lo curioso del mismo, como puede ser el caso, ya referido en la introducción, de Katherine Aull o el del venezolano Guido Núñez-Mújica¹⁵⁰ que quiere desarrollar una máquina PCR portátil y autónoma para poder diagnosticar la enfermedad de Chagas in situ en las regiones pobres del planeta.

En la búsqueda azarosa entre la literatura gris se encontró el informe del grupo Synthetic Biology, ya referido, que aporta un estudio cuantitativo porcentual de la DIY Bio relativo a la composición y actividades de los grupos DIY, pero sin que haya una cuantificación absoluta ya que los datos se obtuvieron a través de una encuesta en línea, con una gratificación para los participantes consistente en el sorteo de un iPad entre ellos, lo que puede haber introducido un sesgo importante en la participación.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



CONCLUSIONES

Universitat d'Alicant

Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

6. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto anteriormente se puede concluir en relación a la denominada “Biología de garaje”, lo siguiente:

1. Los grupos de biología de garaje surgieron como un movimiento hacker en un momento en que la biología molecular, por la ingente cantidad de datos que tenía que manejar, tuvo que recurrir a procedimientos informáticos, dando entrada así a unos profesionales que abordaron la biología y la genética molecular como un problema de manejo de códigos de información.
2. Una cuarta parte de los componentes de estos grupos son biólogos moleculares que desarrollan su actividad en una institución y que la prolongan en su tiempo libre.
3. La contribución de estos grupos al progreso científico es nula al estar al margen de los canales de difusión de la ciencia. Indirectamente podrían tener cierta influencia por el estímulo que su actividad produciría en los profesionales que los integran.
4. Los grupos más activos son los que tiene su sede en un espacio compartido con otros grupos DIY en un Hackerspace o en un Community Lab.

5. Desde la aparición de la organización DIY Bio en el año 2008 hasta la actualidad el número de grupos se ha mantenido constante. Igualmente ha ocurrido con la actividad de los mismos.
6. La construcción de equipos de laboratorio a precios asequibles a economías modestas ha abierto la posibilidad de dotar a sociedades en vías de desarrollo de instrumentos diagnósticos para enfermedades endémicas en esas zonas.
7. En los diez años de promedio que existen los grupos de biología de garaje no se ha producido ningún accidente biológico.
8. Todos los grupos realizan actividades de divulgación de la biología de síntesis mediante conferencias y talleres prácticos.
9. La repercusión de la actividad de estos grupos en la medicina, que es el objetivo por el que se inició este estudio, es marginal en cuanto a resultados prácticos, estando su verdadera importancia en relación al hecho del empoderamiento ciudadano sobre determinados aspectos de la salud y a la creación de una conciencia respecto a los cambios que la biología de síntesis puede introducir en sus vidas cuando se aplica al diagnóstico de enfermedades hereditarias y al conocimiento del propio genoma.



BIBLIOGRAFÍA

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- 1 Erin Biba. « Genome at home : biohackers Build their own Labs » Wired 19/08/11
http://www.wired.com/2011/08/mf_diy/ (acceso 01 agosto 2015)
- 2 Nicolas Six. « Biohackers : les bricoleurs d'ADN » Le Monde.fr. 07/07/2013
http://www.lemonde.fr/technologies/visuel/2013/07/07/biohackers-les-bricoleurs-d-adn_3441946_651865.html
(acceso 01 agosto 2015)
- 3 Lucile Morin. “.Biohackers, l'internationale des savants fous » Liberation, 9 novembre 2014.
http://www.liberation.fr/futurs/2014/11/09/l-internationale-des-savants-fous_1139780 (acceso 01 agosto 2015)
- 4 LiveJournal. Dec. 16th, 2003
<http://maradydd.livejournal.com/162245.html> (acceso 20 octubre 2015)
- 5 Biodesic
<http://www.biodesic.com/People.html> (acceso 20 octubre 2015)

- 6 Rob Carlson. "Splice it Yourself" Wired. 01/05/05
<http://www.wired.com/2005/05/splice-it-yourself/>
(acceso 15 octubre 2015)
- 7 DIY Bio
<http://diybio.org/> (acceso 20 noviembre 2015)
- 8 Marcus Wohlsen. "Biopunk". 2011, USA, Ed. Current,
250 pp (9-16)
ISBN: 978-1-61732-007-3
- 9 Howard Wolinsky. "Kitchen biology. The rise of do-it-yourself biology democratizes science, but is it dangerous to public health and the environment?".
EMBO Rep. 2009 Jul; 10(7): 683–685.
doi: 10.1038/embo.2009.145
- 10 SNOW, C.P. Las dos culturas. Traducido por Horacio Pons, Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión SAIC, 2000. ISBN 950-602-401-4
- 11 SNOW, CP. La Conferencia Rede. En SNOW, C.P. Las dos culturas. Traducido por Horacio Pons, Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión SAIC, 2000, pg 75
- 12 SNOW, CP. Una segunda mirada. En SNOW, C.P. Las dos culturas. Traducido por Horacio Pons, Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión SAIC, 2000, pg 132

- 13 The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1962.
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1962/index.html (acceso 01 de septiembre de 2015)
- 14 James D. Watson, The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA, Atheneum, 1980, ISBN 0-689-70602-2
- 15 WATSON, JAMES D. The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA. New York: Ed. Atheneum, 1968
- 16 JOHN BROCKMAN.
http://edge.org/memberbio/john_brockman (acceso 01 de septiembre de 2015)
- 17 JOHN BROCKMAN. La tercera cultura. Traducido por Ambrosio García, 1ª edición. Barcelona: Tusquet Editores, 1996. ISBN 84-7223-954-3
- 18 JOHN BROCKMAN. La tercera cultura en Kosmópolis. Diario El País, 5, diciembre, 2005. [acceso 01 de septiembre de 2015]. Disponible en http://elpais.com/diario/2005/12/05/catalunya/1133748444_850215.html

- 19 Dyhoff, M.O, Atlas of protein Sequence and Structure. Washington, Ed. National Biomedical Research Foundation, 1968
ISBN 10: 0912466057 ISBN 13: 9780912466057 (Para la edición de 1976)
- 20 Protein Data Bank
<http://www.ebi.ac.uk/pdbe/> (acceso 22 octubre 2015)
- 21 Needleman, S.B. and Wunsch, C.D. (1970). «A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins». Journal of Molecular Biology (Elsevier) 48 (3): 443–453.
J. Mol. Biol. 48(3):443-453.
- 22 Smith TF, Waterman MS (1981). «Identification of common molecular subsequences.». J Mol Biol. 147 (1): 195–7. [PMID 7265238](#)
- 23 Wilbur, W. J., Lipman, D. J. (1983). [«Rapid similarity searches of nucleic acid and protein data banks»](#). Proc Natl Acad Sci U S A. 1983 Feb; 80(3): 726–730
- 24 Lipman, D. J., Pearson, W. R. (1988). [«Improved tools for biological sequence comparison.»](#). [Proc Natl Acad Sci U S A](#). 1988 Apr;85(8):2444-8

- 25 Altschul SF1, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ
Basic local alignment search tool J Mol Biol. 1990 Oct
5;215(3):403-10
- 26 Attwood TK1, Beck ME, Bleasby AJ, Parry-Smith DJ.
PRINTS--a database of protein motif fingerprints
Nucleic Acids Res. 1994 Sep;22(17):3590-6
- 27 Notredame's Lab Comparative Bioinformatics
<http://www.tcoffee.org/>
- 28 Craig Venter, J, "La vida a la velocidad de la luz" Ed.
Crítica, Barcelona, 2015. Traducido por Joandomènech
Ros
- 29 FOROUZAN B.A, Introducción a la ciencia de la
computación. De la manipulación de datos a la teoría
de la computación. México, 2003, Thomson (pag 10)
ISBN-970-686-285-4
- 30 THE EDSAC SIMULATOR
<http://www.dcs.warwick.ac.uk/~edsac/> (04/11/15)
- 31 "The Nobel Prize in Physics 2000". Nobelprize.org.
Nobel Media AB 2014. Web. 3 Nov 2015.
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2000/index.html (accedido el 03/11/15)

- 32 MUNDO DIGITAL
<http://www.mundodigital.net/la-historia-de-los-circuitos-integrados/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 33 INTERNET ARCHIVE
https://archive.org/details/sp_cc189_gary_kildall_specia
(accedido 25 noviembre 2015))
- 34 OBSOLETE TECHNOLOGIE WEBSITE
<http://www.oldcomputers.net/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 35 ZONA DE PRUEBAS
<http://zonadepruebas.org/backup/modules/smartsection/>
(accedido el 27 de septiembre de 2015)
- 36 CHARCOS VALERO, M. VII Curso “TIC en Biomedicina”. Universidad de Alicante. Curso 2006/07. Tema 15. No publicado
- 37 J. Newkirk, M. Kralely Harvard, J. Postel, S. Crocker (junio de 1970). «A Prototypical Implementation of the NCP». Internet Engineering Task Force. RFC 55. Request for Comments 55. Consultado el 17 de abril de 2015.
- 38 Ray Tomlinson “The First network Email” en
<http://www.ibiblio.org/pioneers/metcalfe.html> (accedido 25 noviembre 2015))

- 39 Request for Comments 114 (RFC 114)
<https://tools.ietf.org/html/rfc114> (accedido 25 noviembre 2015))
- 40 Origins and Development of TOPS-20 by Dan Murphy
<http://tenex.opost.com/hbook.html> (accedido 25 noviembre 2015))
- 41 Internet Pioneers
<http://www.ibiblio.org/pioneers/metcalfe.html> (accedido 25 noviembre 2015))
- 42 Internet Hall of Fame
<http://www.internethalloffame.org/inductees/paul-mockapetris> (accedido 25 noviembre 2015))
- 43 Internet Society
<http://www.internetsociety.org/es/breve-historia-de-internet#f6> (accedido el 16/10/15)
- 44 Internet2
<http://www.internet2.edu/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 45 GÉANT
http://www.geant.org/Networks/Pan-European_network/Pages/Home.aspx (accedido 25 noviembre 2015))

- 46 Free Software Foundation
<http://www.fsf.org/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 47 El sistema operativo GNU
<http://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.es.html> (accedido 25 noviembre 2015))
- 48 Fundación del Software Libre de Europa
<https://fsfe.org/about/basics/freesoftware.es.html>
(accedido 25 noviembre 2015))
- 49 Eric S. Raymond's Home Page
<http://catb.org/esr/writings/cathedral-bazaar/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 50 Hardware & Software Development
www.hsdblog.com.ar/wp.../cultivando-la-noosfera-eric-s-raymond.pdf (accedido 25 noviembre 2015))
- 51 Lectulandia
<http://www.lectulandia.com/book/el-caldero-magico/>
(accedido 25 noviembre 2015))
- 52 Open Source Initiative
<http://opensource.org/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 53 Open Source Ecology
<http://opensourceecology.org/> (accedido 25 noviembre 2015))

- 54 RepRap
<http://reprap.org/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 55 The Center for Bits and Atoms
<http://cba.mit.edu/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 56 The Grassroots Invention Group (GIG)
<http://gig.media.mit.edu/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 57 The Fab Foundation
<http://www.fabfoundation.org/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 58 FaBLab Alicante
<http://fablab.ua.es/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 59 ÁRTICA CENTRO CULTURAL ONLINE
www.articaonline.com/wp-content/.../Cultura-Libre-Lawrence-Lessig.pdf (accedido 25 noviembre 2015))
- 60 Gene Amdahl, "Validity of the Single Processor Approach to Achieving Large-Scale Computing Capabilities", AFIPS Conference Proceedings, (30), pp. 483-485, 1967.

- 61 Foster, Ian; Kesselman, Carl.
“The Grid: Blueprint for a new computer infrastructure”
Publisher: New Delhi Elsevier Science 2004 Edition:
2nd ed
ISBN: 9788131202005
- 62 NATIONAL CANCER INSTITUTE Center for
Biomedical Informatics & Information Technology
<https://cbiit.nci.nih.gov/ncip/ncip-home> (accedido 25
noviembre 2015))
- 63 SETI HOME
<http://setiathome.ssl.berkeley.edu/> (accedido 25
noviembre 2015))
- 64 Victorian-Era Citizen Science: Reports of Its Death
Have Been Greatly Exaggerated
By Caren Cooper |
Scientific American, August 30, 2012 |
[http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/victorian-
era-citizen-science-reports-of-its-death-have-been-
greatly-exaggerated/](http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/victorian-era-citizen-science-reports-of-its-death-have-been-greatly-exaggerated/) (accedido 25 noviembre 2015))

- 65 Finquelievich, Susana, Fischnaller , Celina. "Ciencia ciudadana en la Sociedad de la Información: nuevas tendencias a nivel mundial" Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS [online] 2014, 9 (Septiembre-) : [Date of reference: 1 / noviembre / 2015] Available in:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92431880001>> ISSN 1668-0030
- 66 Oxford English Dictionary
<http://www.oed.com/view/Entry/33513?redirectedFrom=citizen+science#eid316619123>
(accedido 25 noviembre 2015))
- 67 Societize _ Citizen Science Projects
<http://www.societize.eu/?q=eu> (accedido 25 noviembre 2015))
- 68 Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
<http://www.csic.es/libro-verde-de-la-ciencia-ciudadana>
(accedido 25 noviembre 2015))
- 69 DIGITAL AGENDA FOR EUROPE
<https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/green-paper-citizen-science-europe-towards-society-empowered-citizens-and-enhanced-research-0>
(accedido 25 noviembre 2015))

- 70 Socientize _ Citizen Science Projects
<http://www.socientize.eu/?q=eu/content/white-paper-citizen-science> (accedido 25 noviembre 2015))
- 71 IBERCIVIS
<http://www.ibercivis.net/index.php> (accedido 25 noviembre 2015))
- 72 Socientize: Experimento sobre imágenes de células
<https://www.youtube.com/watch?v=HYjnEXXtSe0#t=19>
(accedido 25 noviembre 2015))
- 73 AAAS 2014 ANNUAL MEETING
<https://aaas.confex.com/aaas/2014/webprogram/Session7199.html> (accedido 25 noviembre 2015))
- 74 scistarter _ Science we can do together
<http://scistarter.com/topic/6-Health%20%26%20Medicine> (accedido 25 noviembre 2015))
- 75 EUROPEAN CITIZEN SCIENCE ASSOCIATION
<http://ecsa.biodiv.naturkundemuseum-berlin.de/>
(accedido 25 noviembre 2015))
- 76 SMITHSONIAN INSTITUTION ARCHIVES
http://siarchives.si.edu/research/videohistory_catalog9577.html (accedido 25 noviembre 2015))

- 77 NOBELPRIZE.ORG
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1993/mullis-bio.html (accedido 25 noviembre 2015)
- 78 Syntetic BIOLOGY PROYECT
<http://www.synbioproject.org/> (acceso 10 noviembre 2015)
- 79 LEARN.GENETICS. Genetic Science Learning Center
<http://learn.genetics.utah.edu/content/labs/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 80 MITOPENCOURSEWARE Massachusetts Institute of Technology
<http://ocw.mit.edu/subscribe/index.htm> (accedido 25 noviembre 2015))
- 81 VALUE@Amrita. Virtual Amrita Laboratoies
Universalizing Education
<http://vlab.amrita.edu/index.php> (accedido 25 noviembre 2015))
- 82 BIO-RAD
<http://www.bio-rad.com/> (accedido 25 noviembre 2015))
- 83 DremelFuge-A One-Piece Centrifuge for Rotary Tools
<http://www.thingiverse.com/thing:1483> (acceso 12 noviembre2015)

- 84 Hacked Hard-disc Centrifuge
http://hackteria.org/wiki/index.php/Hacked_Hard-disc_Centrifuge (acceso 10 noviembre 2015)
- 85 GaudiLabs
http://hackteria.org/wiki/index.php/Hacked_Hard-disc_Centrifuge#Laser_cut_rotary_holders (acceso 12 noviembre 2015)
- 86 DIY Mobile Gen Lab
<http://www.gaudi.ch/GaudiLabs/wp-content/uploads/DIYMobileGenLab.pdf> (acceso 18 noviembre 2015)
- 87 OPENPCR
<http://openpcr.org/> (accedido 25 noviembre 2015)
- 88 DARWIN TOOLBOX
http://2013.igem.org/Team:UCL_E/Product/Box (acceso 18 noviembre 2015)
- 89 BENTO LAB
<http://www.darwintoolbox.com/> (acceso 18 de noviembre 2015)
- 90 OPENPCR
<http://openpcr.org/> (acceso 18 de noviembre 2015)

- 91 Alonso, C. y Soto, M. (2014). "Biología sintética: aspectos científicos y sociales". *Arbor*, 190 (768): a148. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4002>
- 92 SYNBERG
<http://www.synberc.org/> (acceso 15 noviembre 2015)
- 93 Bernadette Bensaude Vincent. *Ethical Perspectives on Synthetic Biology*. Biological Theory, Massachusetts Institute of Technology Press (MIT Press): STM Titles, 2013, 8 (4), pp.368-375.

<hal-00937211>
- 94 *New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies* . Ed. Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. Washinton, D.C. December 2010 192 pp
www.bioethics.gov (accedido 25 noviembre 2015))
- 95 *New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies* . Ed. Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. Washinton, D.C. December 2010 Pg 85

- 96 Orozco, Luis Antonio. Chavarro, Diego Andrés “Robert K. Merton (1910-2003). La ciencia como institución”
Revista de Estudios Sociales. Nº 37, pp 143-162 ,
Diciembre 2010
ISSN 1900-5180 DOI:
<http://dx.doi.org/10.7440/res37.2010.08>
- 97 Pekka Himanen. “La ética del hacker y el espíritu de la era de la información” Ed. Destino, Barcelona, 2002.
Traducido por Ferran Meler Ortí 264 pp
ISBN 10: 84-233-3390-6
ISBN 13: 978-84-233-3390-5
Accesible en línea en:
<http://eprints.rclis.org/12851/1/pekka.pdf> (acceso el 15 noviembre 2015)
- 98 Markus Schmidt, Lei Pei, Alexandra Kelle, Wei Wei. “Biohacking. Keeping Synthetic Biology Research Safe and Responsible Among Amateur Biologists” En Günter Friesinger y Jana Herwig, Eds “The art of Reverse Engineering” pg 31, 2014, Wetzlar, Austria
ISBN: 978-3-8376-2503-5
- 99 Centers for Disease Control and Prevention
<http://www.cdc.gov/> (acceso 11 noviembre 2015)

- 100 Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories 5th Edition
U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention. National Institutes of Health HHS
Publication No. (CDC) 21-1112 Revised December 2009
- 101 AMERICAN BIOLOGICAL SAFETY ASSOCIATION
<http://www.absa.org/index.html> (acceso el 14 noviembre 2015)
- 102 Ellen Jorgensen “ Biohacking -- you can do it, too”
Spanish translation by Mauricio Avila, reviewed by Mariela Rodio.
Filmed June 2012 at TEDGlobal 2012
http://www.ted.com/talks/ellen_jorgensen_biohacking_you_can_do_it_too/transcript?language=en (acceso 10 noviembre 2015)
- 103 Manual de bioseguridad en el laboratorio. – 3a ed
OMS. ISBN 92 4 354650 3 (Clasificación LC/NLM: QY 25) Ginebra 2005
- 104 Security Implications of Synthetic Biology and Nanotechnology. A Risk and Response Assessment of Advances in Biotechnology. UNICRI, Turin, 2012
http://www.unicri.it/in_focus/on/Syntethic_Biology
(acceso 14 noviembre 2015)

- 105 Morgan Meyer, Ksenia Ermoshina. "Bricolage as collaborative exploration: transforming matter, citizens and politics" Ponencia. 13 Conference Cooperating for innovation: devices for collective exploration. Telecom ParisTech. 2.12.2013
- 106 MORITZ, M. Steve Jobs & Apple: La creación de la compañía que ha revolucionado el mundo. Traducido por Amado Diéguez. Madrid, 2011, Alba ISBN-13: 978-8484286622
- 107 Carlson, R. (2001). Open source biology and its impact on industry. IEEE Spectrum, May, 15–17. Available as Biological Technology in 2050 at www.synthesis.cc/Biol_Tech_2050.pdf. (acceso 16 noviembre 2015)
- 108 Carlson, R. (2005) Splice it Yourself. Wired Magazin, January, 05 <http://www.wired.com/2005/05/splice-it-yourself/> (acceso 10 noviembre 2015)
- 109 Grushkin, W, Kuken, T., and Millet, P. (2013), Seven Myths and Realities about Do-It-Yourself Biology, Woodrow Wilson International Center for Scholars, Synthetic Biology Project. <http://www.synbioproject.org/> (acceso 18 noviembre 2015)

- 110 Krichevsky A, Meyers B, Vainstein A, Maliga P, Citovsky V (2010) Autoluminescent Plants. PLoS ONE 5(11): e15461. doi:10.1371
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0015461> (acceso 18 noviembre 2015)
- 111 BioCoder
<http://www.oreilly.com/biocoder/> (accedido 20 octubre 2015)
- 112 Grushkin, W, Kuken, T., and Millet, P. (2013), Seven Myths and Realities about Do-It-Yourself Biology, Woodrow Wilson International Center for Scholars, Synthetic Biology Project.
<http://www.synbioproject.org/> (acceso 18 noviembre 2015)
- 113 Webometric Analist 2.0
<http://lexiurl.wlv.ac.uk/> (acceso 16 noviembre 2015)
- 114 Teleport Pro
<http://www.tenmax.com/teleport/pro/home.htm> (acceso 16 noviembre 2015)
- 115 BUGSS
<http://www.bugssonline.org/> (acceso 23 de noviembre 2015)

- 116 MIT DIY Bio
http://openwetware.org/wiki/MIT_DiYbio (acceso 2 septiembre 2015)
- 117 Barteneva, N.S., E. Fasler-Kan, et al.
(2013). "Circulating microparticles: square the circle"
BMC cell biology 14(1):23
doi:10.1186/1471-2121-14-23
<http://www.biomedcentral.com/1471-2121/14/23>
(acceso 23 noviembre 2015)
- 118 DenverBiolabs
<http://denverbiolabs.com/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 119 BITalino DiY biosignal
<http://denverbiolabs.com/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 120 DiyNeurotech
<http://www.diyneurotech.com/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 121 Counter Culture Labs
<https://counterculturelabs.org/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 122 Open Insulin
<https://experiment.com/projects/open-insulin?s=discover> (acceso 23 noviembre 2015)

- 123 HiveBio
<http://hivebio.org/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 124 BioCurious
<http://biocurious.org/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 125 Antony Atala: Growing new organs
http://www.ted.com/talks/anthony_atala_growing_organ_s_engineering_tissue#t-35019 (acceso 23 noviembre 2015)
- 126 Kang HW1, Yoo JJ1, Atala A2. "Bioprinted Scaffolds for Cartilage Tissue Engineering" Methods Mol Biol. 2015;1340:161-9.
doi: 10.1007/978-1-4939-2938-2_11.
- 127 DIYBCN
<http://www.diybcn.org/es/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 128 BioStrike
<https://vimeo.com/126789112> (acceso 23 noviembre 2015)
- 129 BIOLOGIEGARAGEN
<http://biologigaragen.org/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 130 London Hackspace
<https://london.hackspace.org.uk/> (acceso 23 noviembre 2015)

- 131 Homo sapiens ABO blood group (transferase A, alpha 1-3-N-acetylgalactosaminyltransferase; transferase B, alpha 1-3-galactosyltransferase) (ABO), mRNA
NCBI Reference Sequence: NM_020469.2
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/58331215?report=genbank&to=1580> (acceso 23 noviembre 2015)
- 132 DIYbio Belgium
<http://www.diybio.be/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 133 La Paillesse
<http://www.lapaillasse.org/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 134 EPIDEMIUM
<http://www.epidemium.cc/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 135 Pablo del Pozo Gil de pareja. “Una introducción al Big Data en Cirugía”. 2014. Tesis doctoral. Universidad de Murcia
- 136 HACKTERIA
<http://hackteria.org/> (acceso 23 noviembre 2015)

- 137 Ramir Derda et al." Enabling the Development and Deployment of Next Generation Point-of-Care Diagnostics" PLoS Negl Trop Dis. 2015 May; 9(5): e0003676.
Published online 2015 May 14.
doi: 10.1371/journal.pntd.0003676
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4431858/>
- 138 Hackteria.org (2011) DIY Microscopy.
http://hackteria.org/wiki/index.php/DIY_microscopy
(acceso 20 junio 2015)
- 139 Hackteria.org (2011) DIY Micro Laser Cutter.
http://hackteria.org/wiki/index.php/DIY_Micro_Laser_Cutter (acceso 20 junio 2015)
- 140 GinePunk
<http://www.makery.info/2015/06/30/gynepunk-les-sorcieres-cyborg-de-la-gynecologie-diy/?lang=en>
(acceso 20 junio 2015)
- 141 AMPLINO
<http://www.amplino.org/> (acceso 20 junio 2015)
- 142 OMS. "Informe Mundial sobre el Paludismo" Ginebra, 2015
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/161914/1/WHO_HTM_GMP_2015.2_spa.pdf?ua=1&ua=1 (accedido 25 noviembre 2015)

- 143 Jack D. Leber et al. "A revised structure of sibiromycin"
J. Am. Chem. Soc., 1988, 110 (9), pp 2992–2993
DOI: 10.1021/ja00217a061
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja00217a061>
(accedido 25 noviembre 2015))
- 144 OpenBCI
<http://openbci.com/> (acceso 23 noviembre 2015)
- 145 EXPERIMENT
<https://experiment.com/projects/can-we-find-a-bacteria-within-ticks-to-stop-diseases?s=discover>
(acceso 20 octubre 2015)
- 146 Markus Schmidt, Lei Pei, Alexandra Kelle, Wei Wei. "Biohacking. Keeping Synthetic Biology Research Safe and Responsible Among Amateur Biologists" En Günter Friesinger y Jana Herwig, Eds "The art of Reverse Engineering" pg 31, 2014, Wetzlar, Austria
ISBN: 978-3-8376-2503-5

- 147 Morgan Meyer “Bricoler, domestiquer et contourner la science: l’essor de la biologie de Garage”.
Réseaux, 2012/3 n° 173-174, p. 303-328
DOI: 10.3917/res.173.0303
<http://www.cairn.info/revue-reseaux-2012-page-303.htm> (acceso 25 noviembre 2015)
- 148 Morgan Meyer. “Domesticating and democratizing science: a geography of do-it-yourself biology”
Papiers de Recherche du CSI, n° 032, 23 pg, 2013,
París
- 149 Thomas Landrain, Morgan Meyer, Ariel Martín Pérez y Remi Sussan. “Do-it-yourself biology: challenges and promises for an open science and technology movement”. *Systems and Synthetic Biology (Syst Synth Biol)* 2013 Sep;7(3):115-26.
doi: 10.1007/s11693-013-9116-4.

- 150 Andrew S. Wiecek . “Cheap PCR: new low cost machines challenge traditional designs” News, 08/24/2010
BioTechniques. The International Journal of Life Science Methods
<http://www.biotechniques.com/news/Cheap-PCR-new-low-cost-machines-challenge-traditional-designs/biotechniques-301745.html> (acceso 25 noviembre 2015)



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ANEXOS



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

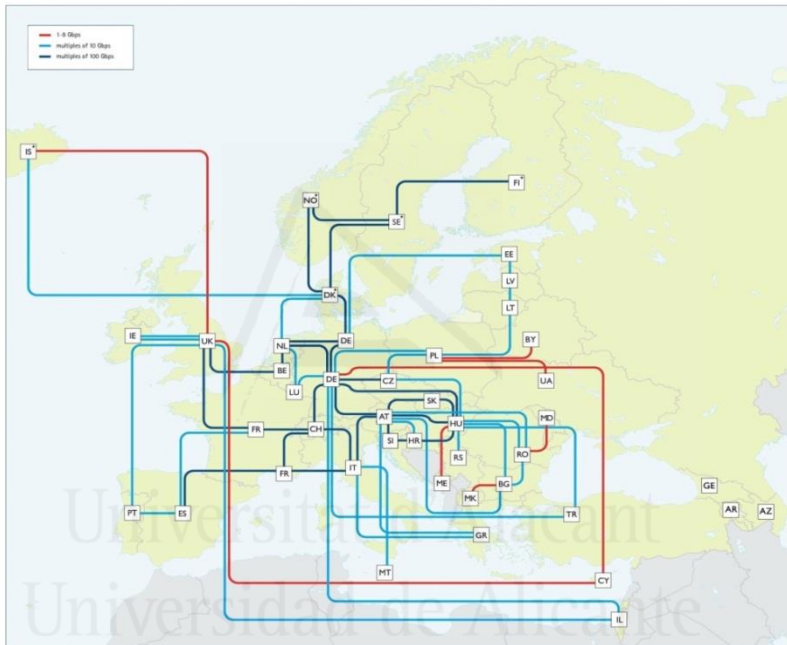
ANEXO I

INTERNET2 EN EUROPA



www.geant.org

GÉANT's pan-European research and education network interconnects Europe's National Research and Education Networks (NRENs). Together we connect over 50 million users at 10,000 institutions across Europe.



GÉANT's pan-European network is funded by the GÉANT Project (GN4-1). This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 691567. The map shows topology as at October 2015. The GN4-1 partners are listed below.

ARMenia	SWITZCH	NOBONET	RENATER	OSCAR	MBREN	NOBONET	NOBONET	NOBONET	NOBONET
AT Austria	Switzerland	Denmark	France	Hungary	Italy	Montenegro	Norway	Serbia	Slovakia
BE Belgium	Cyprus	EE Net	Georgia	HEAnet	NET	NET	NET	NET	NET
CH Switzerland	Spain	Czech Republic	Greece	Israel	Lithuania	NET	NET	NET	NET
CY Cyprus	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
DE Germany	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
DK Denmark	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
EE Estonia	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
ES Spain	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
FR France	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
GR Greece	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
IE Ireland	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
IT Italy	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
LU Luxembourg	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
LV Lithuania	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
MT Malta	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
NL Netherlands	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
NO Norway	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
PL Poland	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
PT Portugal	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
RO Romania	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
RS Serbia	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
SE Sweden	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
SI Slovenia	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
SK Slovakia	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
TR Turkey	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET
UA Ukraine	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET	NET

*Connections between these countries are part of NOBONET (the Nordic regional network)



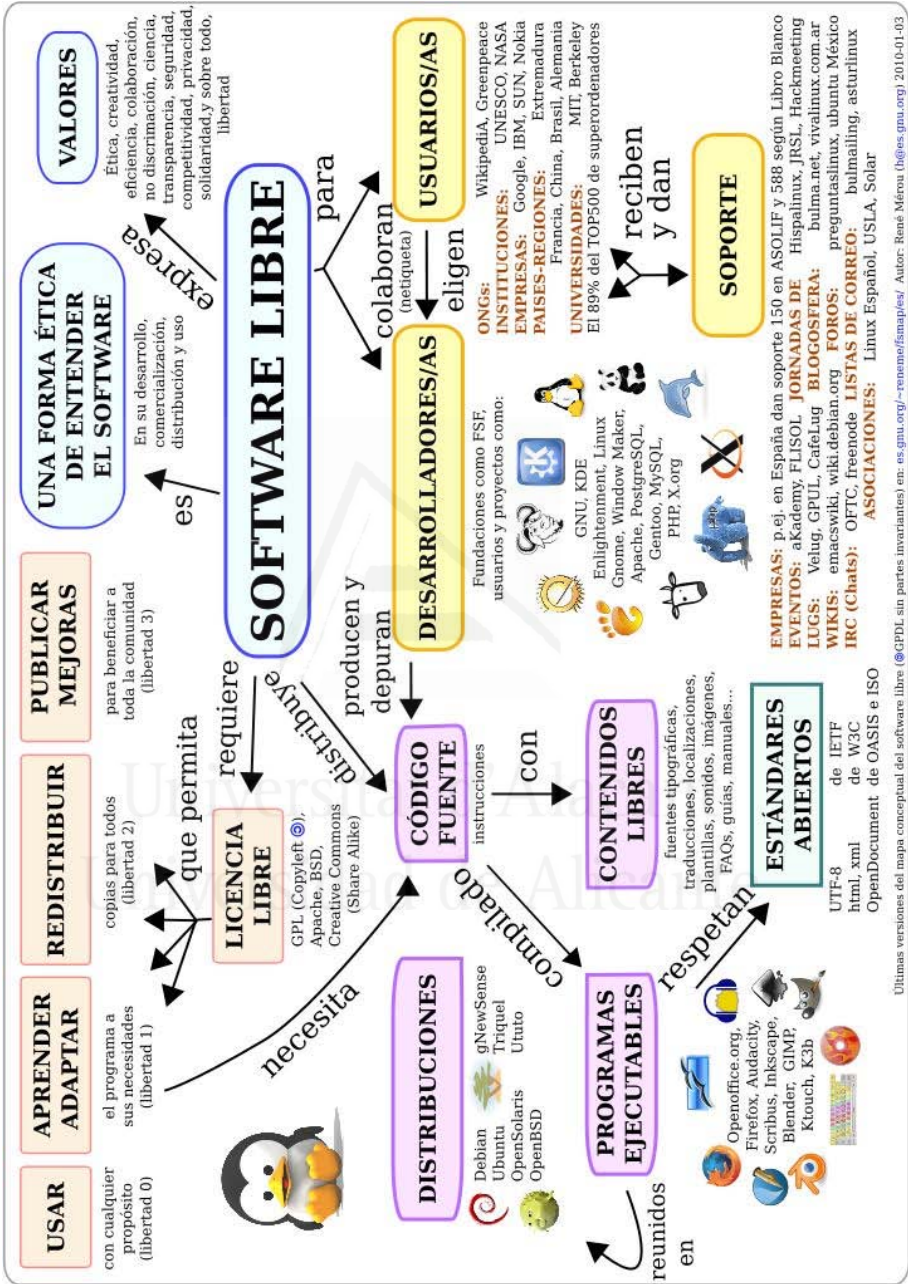
This document has been produced with the financial assistance of the European Union. The contents of this document are the sole responsibility of GÉANT and can under no circumstances be regarded as reflecting the position of the European Union.





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ANEXO II





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ANEXO III

PROYECTOS CON TECNOLOGIA GRID

PROYECTO	DESCRIPCIÓN	INSTITUCIÓN
Docking@Home http://docking.cis.udel.edu/	Modela el acoplamiento proteína-ligando	Universidad de Delaware
Malaria Control http://www.malariacontrol.net/	Modelización estocástica de la epidemiología clínica e historia natural de la malaria por Plasmodium falciparum.	Bill & Melinda Gates Foundation

Universitat d'Alacant
 Universidad de Alicante

<p>GPUGRID.net https://www.gpugrid.net/</p>	<p>Varios proyectos: 1- Descubrimiento de los mecanismos de resistencia a los medicamentos y mal funcionamiento de las señales celulares en cáncer. 2- Modelar el proceso del comienzo de la maduración del VIH simulando a activación de una de sus proteínas clave: la proteasa. 3- Investigar características de proteínas neurológicamente importantes que hasta ahora han evadido las técnicas experimentales tradicionales.</p>	<p>Universidad Pompeu Fabra</p>
<p>POEM@HOME POEM@home</p>	<p>Protein Optimization whit Energy Methods</p>	<p>Karlsruhe Intitute of Technology</p>

<p>Rosseta@home https://boinc.bakerlab.org/</p>	<p>Protein Folding, Desing and Docking</p>	<p>NIH NSF Howard Hughes Medical Institute University of Washington</p>
<p>SIMAP http://liferay.csb.univie.ac.at/portal/web/simap</p>	<p>Matriz de similitud de proteínas</p>	<p>Helmholtz Zentrum München [German Research Center for Enviromental Healt]</p>
<p>Folding@home https://folding.stanford.edu/</p>	<p>Estudio del plegamiento de las proteínas</p>	<p>University of Stanford</p>
<p>Artificial Intelligence System</p>	<p>Una wiki. NO ACTIVO</p>	
<p>DENIS@Home http://denis.usj.es/denisathome/</p>	<p>Modelado de los potenciales de acción miocárdicos.</p>	<p>Universidad de San Jorge de Zaragoza</p>
<p>PS3GRID https://www.gpugrid.net/</p>	<p>Estudio del plegado de las proteínas relacionadas con el Alzheimer [Utilizan el procesador Cell de la PlayStation 3]</p>	<p>Universitat Pompeu Fabra</p>

<p>RALPH@home http://ralph.bakerlab.org/</p>	<p>Version ALPHA de Rosetta@home</p>	<p>Mismas instituciones que Rosetta@home</p>
<p>The Lattice Project http://lattice.umiacs.umd.edu/</p>	<p>Analisis cuantitativo en biología Modelización de procesos biológicos</p>	<p>University of Maryland</p>
<p>Superlink-Online SNP http://cbl-hapw.cs.technion.ac.il/superlink-snp/</p>	<p>SNP (Single Nucleotide Polymorphism) (1)</p>	<p>Technion-Israel Institute of Technology</p>

- (1) Un polimorfismo de un solo nucleótido o SNP (Single Nucleotide Polymorphism, pronunciado snip) es una variación en la secuencia de ADN que afecta a una sola base (adenina (A), timina (T), citosina (C) oguanina (G)) de una secuencia del genoma. Sin embargo, algunos autores consideran que cambios de unos pocos nucleótidos, como también pequeñas inserciones y deleciones (indels) pueden ser consideradas como SNP, siendo entonces más adecuado el término Polimorfismo de nucleótido simple.

Greg Gibson & Spencer V.Muse. A Primer of Genome Science, 3rd Edition. Sinauer Associates. 2004
 ISBN-13: 978-0878932368

ANEXO IV

Grupos DIY Bio existentes

Código de colores
Con página web
Sin actividad o desaparecidas
Google Groups
Facebook
Meetup

	LUGAR	WEB	DENOMINACIÓN
	NORTE AMERICA		
1	Atlanta	http://www.meetup.com/DIYBio-Atlanta/	
2	Baltimore	http://www.bugssonline.org/	Baltimore Under Ground Science Space
3	Berkeley	http://berkeleybiolabs.com/	Berkeley BioLabs
4	Berkeley	http://boinc.berkeley.edu/	BOINC
5	Boston	http://bosslab.org/	Bosslab
6	Brooklyn	http://genspace.org/	Genspace
7	Cambridge	http://openwetware.org/wiki/MIT_DIYbio	MIT DIY bio

	LUGAR	WEB	DENOMINACIÓN
8	Carlsbad	http://biotechnbeyond.com/	BIOTECH & Beyond
9	Charlottesville	http://openbiolabs.org/	
10	Chicago	https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio-chicago	
11	Columbus	https://www.facebook.com/diybiocolumbus	
12	Denver	http://denverbiolabs.com/	DenverBiolabs
13	Durham	http://www.roningenetics.org/	
14	Guanajuato	https://www.facebook.com/groups/DIYbioMexico/	DIYbio México
15	Houston	http://www.brightworkcoresearch.com/	Brightwork Co Research
16	Jackson	http://www.diyneurotech.com/	
17	La Jolla	http://lajollalibrary.org/your-library/bio-lab/	
18	Los Alamos	http://biodidact.net/	BIO didact
19	Los Angeles	http://www.biohackers.la/	THELAB
20	Nashville	http://www.meetup.com/diybio-nashville	
21	New York City	http://www.meetup.com/Biohackers-NYC/	Biohackers-NYC
22	New York City	http://harlembiospace.com/	
23	Norfolk	http://www.biologiklabs.org/	BioLogik
24	Oakland	https://www.facebook.com/Coun	

	LUGAR	WEB	DENOMINACIÓN
		terCultureLabs/ https://counterculturelabs.org/	
25	Orlando	https://familab.org/	FamiLAB
26	Portland		
27	Research Triangle Park	http://www.tridiybio.org/	
28	San Diego	http://www.meetup.com/DIYbio-San-Diego/	
29	San Francisco	https://noisebridge.net/wiki/BioBridge	BioBridge
30	Seattle	http://hivebio.org/	HiveBio
31	Sunnyvale	http://biocurious.org/	BioCurious
	CANADA		
32	Montréal	http://bricobio.org/	Bricobio
33	Toronto	http://www.meetup.com/DIYbio-Toronto/	
34	Vancouver	http://www.meetup.com/DIYBio-Vancouver/ http://www.opensciencenet.org/	Open Science Network
	EUROPE		
35	Barcelona	http://www.diybcn.org/es/	DIYBCN
36	Berlin	https://www.biotinkering-berlin.de/	Biotinkering Berlin

	LUGAR	WEB	DENOMINACIÓN
37	Budapest	http://biodisplay.tyrell.hu/	Bio.display
38	Copenhagen	http://biologigaragen.org/	
39	Cork	https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio-ireland	Open bioLab Graz Austria
40	Eindhoven	http://bioartlab.com/	BL 12
41	Ghent	http://reagentlab.org/	
42	Graz	https://www.facebook.com/OpenBioLabGraz	
43	Groningen	http://www.diybiogroningen.org	
44	Kiev	https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio-kiev/	
45	Lausanne	http://www.eprouvette.ch	L'éprouvette
46	London	https://groups.google.com/forum/#!forum/diybio-london	
47	London	https://london.hackspace.org.uk/	
48	London	https://biohackspace.org/	
49	Manchester	http://diybio.madlab.org.uk/	
50	Munich	http://biogarage.de/	Biogarage
51	Namur	http://www.diybio.be/	La web enlaza a Facebook
52	Nottingham	http://opengenx.wordpress.com/	OPENGENX
53	The Hague	http://www.meetup.com/Dutch-DIY-Bio/	
54	Paris	http://www.lapaillasse.org/	La Paillase
55	Prague	http://brmlab.cz/project/biolab	(Muy activos)

	LUGAR	WEB	DENOMINACIÓN
56	Renens VD	www.hackuarium.ch	
57	Stockholm	http://www.meetup.com/BioNyfik-en-Sthlm/	
58	Switzerland / Slovenia	http://hackteria.org/	Hackteria
59	Trento	http://www.openwetlab.org/	Pen Wet Lab
60	Turin	https://www.facebook.com/be.int-o.7	
ASIA			
61	Singapore	http://diybiosingapore.wordpress.com/	(Muy activos)
62	Tel-Aviv	https://groups.google.com/forum/?fromgroups#!forum/diybio-israel	
OCEANIA			
63	Auckland	http://www.meetup.com/DIYbio-Auckland/	
64	Melbourne	https://www.facebook.com/groups/698017880316967/	
65	Sydney	https://groups.google.com/forum/?hl=en&fromgroups#!forum/biohacksyd	
SOUTH AMERICA			

	LUGAR	WEB	DENOMINACIÓN
66	Buenos Aires	http://www.diybioba.org/	
67	Sao Paulo	http://www.syntechbio.com/	
		https://garoa.net.br/wiki/Biohacki	
68	Sao Paulo	ng	
69	Sao Paulo	http://synbiobrasil.org/	Muy amplia
	OTROS		
70	Renens	http://www.univercite.ch/	UniverCité



Universitat d'Alacant
 Universidad de Alicante

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 LABORATORIO EN EL ARMARIO DE KATERIN	17
FIGURA 2 PING UTILIZADO EN AQUELLOS DÍAS	49
FIGURA 3 ESQUEMA DE LA AMPLIFICACIÓN PRODUCIDA POR LA PCR	72
FIGURA 4 ESQUEMA DE LOS CICLOS DE LA PCR	73
FIGURA 5 IMAGEN ESQUEMÁTICA DE UNA ELECTROFORESIS VERTICAL	76
FIGURA 6 IMÁGENES CAD DEL ROTOR	79
FIGURA 7 ALGUNOS DE LOS INSTRUMENTOS PROPUESTOS	80
FIGURA 8 MOBILE GEM LAB	81
FIGURA 9 DESCRIPCIÓN DEL BENTO LAB	82
FIGURA 10 MATRIZ DE UNA OREJA	124
FIGURA 11 MATRIZ DE VEJIGA	125
FIGURA 12 MALETÍN DE GINEPUNK	129

FIGURA 13 ESPECULO HECHO CON UNA IMPRESORA 3D POR GAUDI LAB 130

FIGURA 14 AMPLINO 132



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ÍNDICE DE TABLAS

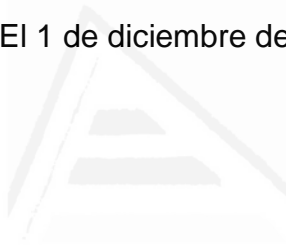
TABLA 1 NÚMERO DE RESULTADOS POR TÉRMINO DE BÚSQUEDA EN GOOGLE	20
TABLA 2 CLASES DE CIRCUITOS POR EL GRADO DE INTEGRACIÓN ³²	31
TABLA 3 ORDENADORES DE LA TERCERA GENERACIÓN	34
TABLA 4 RELACIONES ENTRE PC, PROCESADOR Y SISTEMA OPERATIVO	43
TABLA 5 AÑO DE APARICIÓN DE LAS CPU PENTIUM	45
TABLA 6 NIVELES DE LIBERTAD	58
TABLA 7 MANEJO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO	77
TABLA 8 CARACTERÍSTICAS DEL BENTO LAB	83
TABLA 9 TABLA COMPARATIVA DE EQUIPOS DE LABORATORIO	85
TABLA 10 CÓDIGO ÉTICO EN EEUU Y EUROPA	90
TABLA 11 GRUPOS DE RIESGO	92

TABLA 12	ORIGEN DE LOS PARTICIPANTES EN LA ENCUESTA	101
TABLA 13	DISTRIBUCIÓN POR GRUPOS DE EDAD	102
TABLA 14	NÚMERO DE LABORATORIOS A LOS QUE ACUDE UNA MISMA PERSONA	103
TABLA 15	NIVEL DE INSTRUCCIÓN	105
TABLA 16	TIPOS DE PROYECTO	107
TABLA 17	EXPERIENCIAS QUE REALIZAN	109
TABLA 18	UBICACIÓN DE LOS GRUPOS DIY BIO	114
TABLA 19	TIPO DE PRESENCIA EN INTERNET	115
TABLA 20	TIPOS DE PROYECTOS MÉDICOS	134

Impreso en los Talleres de la

Universidad de Alicante

El 1 de diciembre de 2015



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante