

Algunas ideas sobre ciencia y tecnología en el siglo XX

Pau Alsina González

PID_00163039



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción	5
1. Sobre la física	7
1.1. Las aportaciones de la geometría no euclidiana	8
1.2. La Teoría de la Relatividad	10
1.3. En el reinado subatómico	13
1.4. La nueva visión de la mecánica cuántica	14
1.5. Temores y fantasías de la energía nuclear	16
1.6. El impacto de la nueva astronomía	18
2. Sobre las Tecnologías de Información y Comunicación	20
2.1. El auge de las telecomunicaciones	20
2.2. La omnipresencia de la informática	23
2.2.1. Los orígenes de la cibernética	28
2.2.2. Los avances en inteligencia artificial	30
2.2.3. El desarrollo exponencial de Internet	32
3. Sobre la biología	36
3.1. De la historia natural a la teoría de la evolución	37
3.2. De la biología molecular a las biotecnologías	40
Bibliografía	45

Introducción

El presente módulo expone de forma breve y sintética algunas de las más relevantes teorías científicas y desarrollos tecnológicos que articulan nuestra contemporaneidad. Dado que el siglo xx ha sido especialmente prolífico con relación a la ciencia y a la tecnología, pretender abarcar aquí la totalidad de sus desarrollos se nos presenta como una tarea imposible de llevar a cabo, no sólo por el poco espacio del que disponemos sino también por el contexto de la presente asignatura. Nuestro propósito ha sido más bien el de seleccionar aquellos aspectos que consideramos más relevantes a tenor de su impacto en el contexto filosófico, social o cultural. Para ello, nos hemos centrado en tres ámbitos clave que durante el siglo xx e inicios del siglo XXI han revolucionado y continúan revolucionando la manera en la que vivimos y vemos la realidad. Nos referimos, pues, al ámbito de la física y la concepción de la materia y el universo, al ámbito de las tecnologías de información y comunicación, y a los de la biología y la concepción de la vida.

1. Sobre la física

Una forma de definir la física es como la ciencia que observa la naturaleza y trata de describir las leyes que la gobiernan mediante expresiones matemáticas. Por ello, la física (del griego φύσις (*physis*), «naturaleza») estudia las propiedades de la materia, la energía, el tiempo, el espacio y sus interacciones. La física estudia, por lo tanto, un amplio rango de campos y fenómenos naturales, desde las partículas subatómicas hasta la formación y evolución del universo, así como multitud de fenómenos naturales cotidianos.

Ciertamente, hasta principios del siglo XIX, era frecuente que los físicos fueran al mismo tiempo matemáticos, filósofos, químicos, biólogos o ingenieros que intercambiaban roles en función de las habilidades puestas en juego. En la actualidad, el ámbito de la física ha crecido tanto que, con muy pocas excepciones, los físicos modernos se ven obligados a limitar su atención a una o dos ramas de su ciencia. Una vez que se descubren y comprenden los aspectos fundamentales de un nuevo campo, éste pasa a ser de interés tanto para los ingenieros como para los otros científicos. Por ejemplo, los descubrimientos del siglo XIX en electricidad y magnetismo forman hoy parte del terreno de los ingenieros electrónicos y de comunicaciones; las propiedades de la materia descubiertas a comienzos del siglo XX han encontrado aplicación en la electrónica; los descubrimientos de la física nuclear, muchos de ellos posteriores a 1950, son la base de los trabajos de los ingenieros nucleares.

Por lo tanto, resulta fácil entender el modo en el que la física está estrechamente relacionada con las demás ciencias naturales y tecnologías, y en cierto modo cómo las engloba a todas, aunque ello no ha de significar caer en reduccionismos al uso. De esta manera, podríamos decir que la química, por ejemplo, se ocuparía de la interacción entre los átomos para formar moléculas, y, a su vez, podríamos tomar en consideración el hecho de que gran parte de la geología moderna es, en esencia, un estudio de la física de la Tierra, que se conoce con el nombre de *geofísica*; la astronomía, de igual manera, trata de la física de las estrellas y del espacio exterior, y está íntimamente relacionada con la rama de la física experimental. Incluso deberíamos tomar nota del hecho que los sistemas vivos están constituidos por partículas fundamentales, que obviamente siguen el mismo tipo de leyes que las partículas más sencillas estudiadas tradicionalmente por los físicos.

El planteamiento **microscópico** de la física moderna, que hace hincapié en la interacción entre partículas como base articuladora de su conocimiento, suele necesitar a su vez como complemento un enfoque **macroscópico** que se ocupe de elementos o sistemas de partículas más extensos. Este planteamiento

macroscópico resulta indispensable en la aplicación de la física a numerosas de las tecnologías modernas que hoy se desarrollan rápidamente en la medida en que resultan útiles para la sociedad.

Por ejemplo, la termodinámica, una rama de la física desarrollada durante el siglo XIX, se ocupa de determinar y cuantificar las propiedades de un sistema en su conjunto, y resulta especialmente útil en otros campos de la física, puesto que también constituye la base de las ingenierías química y mecánica que fueron básicas en la época de la revolución industrial y continúan siéndolo hoy en día.

En este sentido, propiedades como la temperatura, la presión o el volumen de un gas carecen de sentido para un átomo o una molécula individual: estos conceptos termodinámicos sólo pueden aplicarse directamente a un sistema muy grande de estas partículas. La complementariedad necesaria entre el enfoque microscópico y el macroscópico es evidente, y de hecho podemos hallar un nexo de unión entre las dos perspectivas precisamente en otra rama de la física conocida como "mecánica estadística", que explica la forma de relacionar desde un punto de vista estadístico la presión y la temperatura con el movimiento de los átomos y las moléculas.

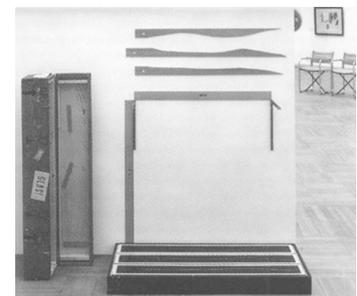
De hecho podríamos dividir el estudio de la física en tres grandes ramas: la física clásica, la física moderna y la física contemporánea. La primera se encarga del estudio de aquellos fenómenos que tienen una velocidad relativamente pequeña comparada con la velocidad de la luz y cuyas escalas espaciales son muy superiores al tamaño de átomos y moléculas. La segunda se encarga de los fenómenos que se producen a la velocidad de la luz o valores cercanos a ella o cuyas escalas espaciales son del orden del tamaño del átomo o inferiores, desarrollada en los inicios del siglo XX. La tercera se encarga del estudio de los fenómenos no-lineales, de la complejidad de la naturaleza, de los procesos fuera del equilibrio termodinámico y de los fenómenos que ocurren a escalas mesoscópicas y nanoscópicas. Esta última área de la física se comenzó a desarrollar hacia finales del siglo XX y a principios del siglo XXI.

1.1. Las aportaciones de la geometría no euclidiana

Para la física siempre han sido clave las aportaciones de las matemáticas. Es el caso de las geometrías no euclidianas. La primera geometría no-euclidiana fue formulada en 1826 por Nikolai Lobachevsky. Años después, en 1854, Georg Riemann desarrolla una geometría no euclidiana que describe un espacio curvo. Las posteriores aportaciones del matemático y físico Henri Poincaré, en 1902, cuestionando la posibilidad de un conocimiento científico objetivo, influenciaron bastante a artistas como Marcel Duchamp, quien, cuando leyó a éste en 1912, inició un giro en su producción. Para Poincaré la ciencia no puede llegar a las cosas en sí, sino que solamente puede llegar a las relaciones entre las cosas, y fuera de esta realidad no existe una realidad cognoscible.

Duchamp

Las teorías de Poincaré, las fotografías de E. Muybridge o el trabajo del fisiólogo Etienne Jules Marey, que descompone el movimiento en diferentes fases, fueron influencias ca-



Tres patrones zurcidos (1913-1914), de Marcel Duchamp

pitales en el arte de Duchamp, que bebe de las grandes realizaciones de una era industrial en completa efervescencia y atraviesa completamente la propia vida cotidiana. Por ejemplo, en su obra *Tres patrones zurcidos* del 1913-1914, crea a partir del azar un instrumento para medir, como es el metro-patrón de platino de la oficina internacional de pesas y medidas de Sèvres.

Euclides resumió en sus *Elementos* lo que en su tiempo sabían los griegos sobre la geometría. En su libro, Euclides formula las premisas fundamentales de la geometría, con el uso de postulados y axiomas. De éstos, el que habría de alcanzar una mayor notoriedad es el quinto postulado, que se refiere a la existencia de una línea paralela a otra, es decir, de dos líneas rectas que no se cortan. Según el postulado quinto, por un punto fuera de una recta sólo se puede trazar una paralela a esta última. En el quinto postulado está implícito el concepto de infinito, y por ello desde tiempos muy remotos se trató de expresar de manera diferente para eliminar el postulado y deducirlo de otros axiomas. En sus intentos, muchos matemáticos reemplazaron el postulado quinto por otras aseveraciones que luego buscaban demostrar.

Geometrías no euclidianas

Uno de los resultados de la geometría euclidiana es que los ángulos interiores de cualquier triángulo suman 180 grados. La geometría euclidiana se enseña en la educación secundaria. En una geometría no euclidiana la suma de los ángulos interiores de un triángulo no es 180 grados. Según la teoría de la relatividad general de Einstein, la gravedad distorsiona el espacio en una geometría no euclidiana.

Con su trabajo, Lobachevski enseñó no sólo que el postulado quinto es inde demostrable, sino algo aún más importante, que desde un punto de vista estrictamente lógico se pueden concebir varias geometrías. La de Euclides cede su lugar como verdad absoluta. Así, Nikolai Lobachevsky y, más adelante, Georg Riemann desarrollaron geometrías no euclidianas, es decir, la geometría que no sigue los postulados y resultados de la geometría de Euclides.

Los matemáticos de la época pensaban que lo que éstos habían descrito eran sólo esferas imaginarias sin aplicación posible, pero Albert Einstein, con su **Teoría General de la Relatividad**, dijo que esas geometrías sí describían el universo real. Debido a que el espacio está "arrugado" por los campos gravitacionales generados por estrellas masivas y galaxias, en el espacio cósmico la distancia más corta entre dos puntos no es una línea recta.

Esto tuvo un gran impacto en el idealismo alemán, basado en la teoría de conocimiento de Immanuel Kant y su geometría euclidiana; el cambio afectó a todas las áreas de conocimiento. Aunque, de hecho, sólo podemos pensar en términos de espacios curvos y de relatividad de espacio y tiempo cuando medimos eventos que suceden a nivel subatómico y celestial, a gran velocidad relativa del observador.



La geometría hiperbólica es un ejemplo de geometría no euclidiana.

1.2. La Teoría de la Relatividad

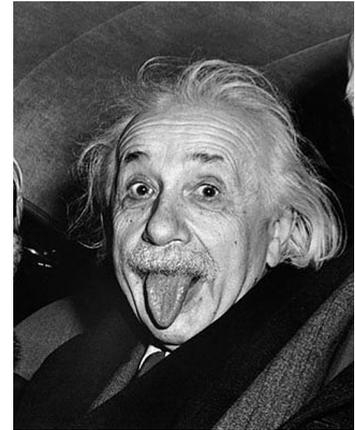
En un alarde de creatividad, Albert Einstein postuló tres nuevas teorías en 1905: la Teoría Especial de la Relatividad, la Teoría Cuántica de la Radiación y su Ley de la Conservación de la Masa-Energía. Todas fueron muy importantes para el avance de la física, pero la Teoría de la Relatividad –refinada en 1916 como teoría general de la relatividad– era esencialmente revolucionaria: **Einstein** hizo añicos la noción de espacio absoluto –el *ether* en el que el universo newtoniano residía– y lo reemplazó por una visión radicalmente alterada de la **unidad cósmica** que enlaza **espacio** y **tiempo**.

Al contrario que Einstein, **Newton** sostenía que el universo estaba en descanso absoluto, como un cubo en geometría euclidiana relleno de un éter invisible –considerado el quinto elemento aristotélico–, en el que el tiempo era lineal y estaba completamente separado del espacio. Todo ello tenía varias implicaciones, como por ejemplo el hecho de que la teoría de la luz de principios del siglo XIX llevase a pensar que la luz, como onda, debía moverse por el espacio a través del supuesto éter.

Pero en 1902 el matemático **Henri Poincaré**, mientras desarrollaba sus **geometrías no-euclidianas**, postuló que la geometría euclidiana no tiene por qué ser considerada necesariamente como verdad, aunque contenga axiomas útiles debido a que para la mayoría de propósitos es conveniente, ya que se corresponde con las experiencias cotidianas. Todo ello significaba que la forma de representar el espacio podía ser de diferentes maneras a las que hasta entonces había establecidas.

Años después, en 1905, Einstein extendió los pensamientos de Poincaré sobre la convencionalidad de los marcos de referencia. Se imaginó viajando encima de un rayo de luz y se preguntó cómo se vería el universo desde este punto de vista. Se basó en que la velocidad de la luz es siempre la misma independientemente de cualquier otro movimiento. A partir de aquí dedujo que la velocidad de la luz es el máximo límite de velocidad, y que si un objeto se aproxima a la velocidad de la luz el tiempo se dilata, la amplitud de un objeto se contrae y su masa se acrecienta.

Por consiguiente, se puede decir que las leyes newtonianas se aplican cuando observamos cualquier cosa a escala humana (del tamaño de una molécula al sistema solar) y cuando nos movemos a una velocidad muy por debajo de la velocidad de la luz. En cambio, cuando observamos eventos ocurriendo en reinados subatómicos intergalácticos es cuando valen las leyes de Einstein, quien llamó a esto el "Principio de Relatividad", porque la velocidad es relativa al observador; de esta manera, la Teoría de la Relatividad introducía muchos cambios en la imagen que se tenía del universo.



Albert Einstein (1879-1955)



Jules Henry Poincaré (1854-1912)

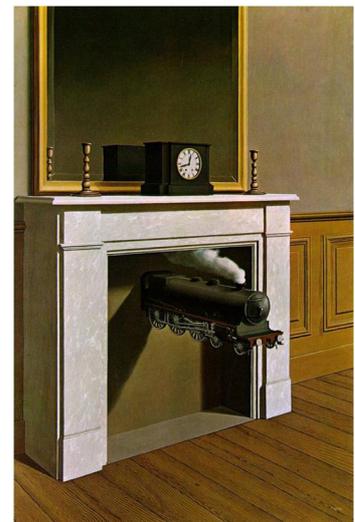
Una consecuencia de la teoría de Einstein es que la masa debe ser vista como una forma muy densa de energía y se resumió con la famosa fórmula $E = mc^2$.

En escalas humanas, la pérdida o ganancia de masa no se puede detectar, pero cuando estudiamos la radiactividad, en la que la relación entre la pérdida de masa y la producción de energía es tanta, sirven estas leyes. En el reinado subatómico una inmensa cantidad de energía es producida en proporción con las unidades de masa perdida, tal como Pierre Curie dijo.

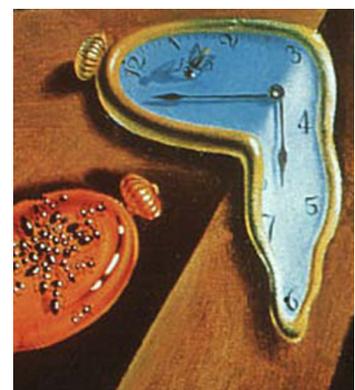
Una vez que Einstein expandió su teoría para incluir la recién descubierta relación entre energía y masa en el entorno subatómico, las antiguas leyes de conservación se incluyeron dentro de una nueva ley más general de conservación de la masa-energía.

En 1907, el físico Hermann **Minkowski** demostró que la Teoría de la Relatividad significaba que el tiempo debe ser siempre considerado al establecer una localización: espacio y tiempo no pueden existir separadamente y deben ser unidas en un solo **concepto de espacio-tiempo**. También sugirió describir eventos utilizando una **geometría cuatridimensional**: las tres dimensiones más el tiempo. Por aquel entonces Einstein trabajaba en una versión de su teoría de la relatividad de 1905 que pudiera aplicarse a objetos acelerando bajo la fuerza de la gravedad (no solamente objetos moviéndose a una velocidad constante). Por ello, incluyó rápidamente estas sugerencias de Minkowski, adoptando la noción de espacio-tiempo. Posteriormente, en 1916, **Einstein** dio luz a su teoría general de la relatividad, incluyendo el **campo gravitacional**, que entonces señaló que podía doblar los rayos de luz. Dijo que la confirmación de este fenómeno se podría verificar si las estrellas detrás del Sol se pudiesen ver cuando hubiese un eclipse solar total en la Tierra, y fue en 1919 cuando se confirmó lo predicho por Einstein.

La presentación de la teoría de Einstein al público difirió según el país y originó diferentes variaciones en las respuestas artísticas, pero sí logró una popularización general de la teoría y la nueva cosmología que se originaba debido a los cambios producidos. En Alemania, por ejemplo, fue divulgada por científicos como Einstein de forma comprensible para los no especialistas, y el público general ya conocía la nueva visión del universo antes de su confirmación en 1919. El propio Einstein escribió artículos y libros divulgativos sobre el tema y concedió muchas entrevistas para hacerla comprensiva a todos los públicos. De esta manera, la Teoría de la Relatividad se presentó como algo inteligible y de gran interés para todos los alemanes preocupados en su propia educación.



El tiempo paralizado (1938) de René Magritte

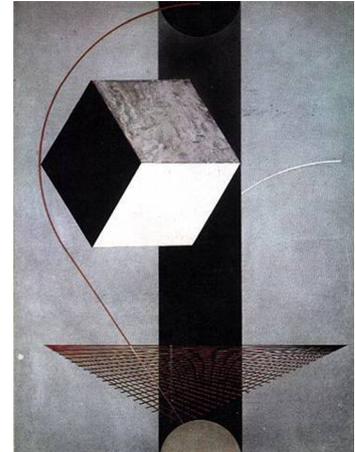


Detalle de *La persistencia de la memoria* (1931), de Salvador Dalí

Por ello, los artistas que estaban conectados con la cultura alemana en 1919 rápidamente incorporaron ideas sobre el espacio-tiempo y el nuevo cosmos en sus pinturas, fotografías, películas, diseños y obras de arquitectura.

En Inglaterra y Estados Unidos no informaron mucho al público, sino que alzaron el mito de la incomprendibilidad del universo, con lo que dejaron a sus generaciones de artistas y ciudadanos curiosos sin información sobre la actualidad científica. En Inglaterra, el público no estaba nada preparado para el anuncio, y los escritores de periódicos como el *Times*, antes de la Guerra Mundial que se avecinaba, sensacionalizaron la nueva teoría como una batalla en la que Newton, el padre inglés de la ciencia moderna, estaba siendo atacado por un "judío suizo", y se leían titulares como "las ideas newtonianas a la basura". Hubo declaraciones de científicos británicos defendiendo a Newton en los medios de comunicación, y todo se presentaba como si se tratase de un antagonismo entre Newton y Einstein. En 1920, un físico británico, Arthur S. Eddington, publicó la popularización de la Teoría de la Relatividad más leída en inglés, en la que se presentaba la nueva física de Einstein como irrelevante para el mundo físico cotidiano y la consideraba una forma estructural, como una forma de símbolos y no como conocimiento de contenido, es decir, una caja vacía.

En Estados Unidos, la Teoría de la Relatividad era dramatizada como una batalla entre científicos esotéricos que viven en una torre de marfil y la gente de cada día que utiliza el sentido común. Más que ayudar a los no científicos a entender la nueva teoría, los científicos americanos adoptaron la misma actitud que los británicos, forjando el mito de la incomprendibilidad y la irrelevancia de la teoría. Pero a principios de 1920 los líderes de la ciencia americana se comenzaron a preocupar por la imagen popular que adquiriría la ciencia como encerrada en torres de marfil, ya que erosionaba el soporte público a la ciencia. La Asociación americana para el avance de la ciencia contrató a su primer oficial de prensa a mediados de los años veinte y ésta se empezó a divulgar mejor. $E = mc^2$ significaba que el **átomo** es una **fuentes de enorme energía**, pero costó mucho cambiar la concepción del público para quien todo aquello era algo incomprensible y oscuro. Por esta razón, los artistas británicos y americanos hicieron poco uso de la teoría en las décadas posteriores a la confirmación.



El Lissitzky, *Proun 99*, 1923-1825. Inspirado en las geometrías no euclidianas de Lobachevski

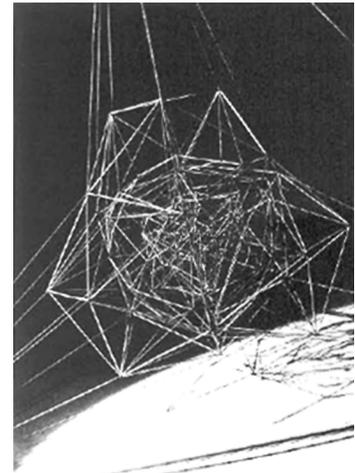
Hoy continúa la idea equivocada de que la relatividad física implica relatividad moral o cultural, el "**todo es relativo**".

En Francia, el trabajo de Poincaré sobre la convencionalidad de los axiomas en geometría preparó el terreno para la Teoría de la Relatividad, que fue recibida como la confirmación de la teoría matemática de Poincaré. La prensa presentó a Einstein junto a Poincaré como si fuese su continuador. Cuando la Teoría de la Relatividad se volvió internacional, en 1919, la mayoría de artistas franceses estaban preocupados por la mente inconsciente, de manera que la nueva física sólo impactó suavemente en los círculos surrealistas. Las referencias al universo espacio-temporal eran mezcladas con un giro psicoanalítico y Poincaré estaba en todas partes.

1.3. En el reinado subatómico

Es cierto que Aristóteles definió cuatro elementos básicos que estructuraban lo real: tierra, aire, fuego y agua, y un quinto elemento que era la quintaesencia, o el llamado éter. Pero las investigaciones empíricas posteriores fueron descubriendo los diferentes elementos, y ya hacia 1860 se descubrieron hasta 60 elementos, cada uno con su peso, valencia y propiedades relacionadas, mientras que los químicos buscaban maneras de organizarlos.

De hecho, el término *átomo* proviene del griego "indivisible", y fue el químico británico John Dalton quien estableció que los átomos se diferencian por el peso y se combinan en pequeños grupos para formar moléculas, y después, hacia 1850, quedó claro que cada átomo podía combinar sólo con un número fijo de átomos (por ejemplo, dos átomos de hidrogeno con uno de oxígeno hacen una molécula de agua). Esta habilidad para combinar se denominó *valencia* (del latín: poder), que cambiaba en función del peso del átomo. Así, con los 60 elementos descubiertos y la necesidad de buscar una forma de ordenarlos, fue el químico ruso Dimitri Mendeleiev quien encontró una solución al ordenar los elementos en función de su peso atómico, y en 1869 publicó su tabla periódica de los elementos, que permitía visualizar de forma clara todo un conjunto de información.



Fotografías de Man Ray tomadas en el Instituto Poincaré, que luego fueron utilizadas por el surrealista André Bretón.

1	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>H</td> <td>1.00797</td> <td>1</td> <td>H</td> <td>1.00797</td> <td>2.1</td> <td>He</td> <td>4.00260</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Li</td> <td>6.941</td> <td>Be</td> <td>9.01218</td> <td>B</td> <td>10.811</td> <td>C</td> <td>12.011</td> <td>N</td> <td>14.007</td> <td>O</td> <td>15.999</td> <td>F</td> <td>18.998</td> <td>Ne</td> <td>20.183</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Na</td> <td>22.990</td> <td>Mg</td> <td>24.305</td> <td>Al</td> <td>26.982</td> <td>Si</td> <td>28.086</td> <td>P</td> <td>30.974</td> <td>S</td> <td>32.06</td> <td>Cl</td> <td>35.453</td> <td>Ar</td> <td>39.948</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>K</td> <td>39.098</td> <td>Ca</td> <td>40.078</td> <td>Sc</td> <td>44.956</td> <td>Ti</td> <td>47.88</td> <td>V</td> <td>50.942</td> <td>Cr</td> <td>52.004</td> <td>Mn</td> <td>54.938</td> <td>Fe</td> <td>55.845</td> <td>Co</td> <td>58.933</td> <td>Ni</td> <td>58.69</td> <td>Cu</td> <td>63.546</td> <td>Zn</td> <td>65.38</td> <td>Ga</td> <td>69.723</td> <td>Ge</td> <td>72.64</td> <td>As</td> <td>74.922</td> <td>Se</td> <td>78.96</td> <td>Br</td> <td>79.904</td> <td>Kr</td> <td>83.80</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Rb</td> <td>85.468</td> <td>Sr</td> <td>87.62</td> <td>Y</td> <td>88.906</td> <td>Zr</td> <td>91.224</td> <td>Nb</td> <td>92.906</td> <td>Mo</td> <td>95.94</td> <td>Tc</td> <td>98.906</td> <td>Ru</td> <td>101.07</td> <td>Rh</td> <td>102.91</td> <td>Pd</td> <td>106.42</td> <td>Ag</td> <td>107.87</td> <td>Cd</td> <td>112.41</td> <td>In</td> <td>114.82</td> <td>Sn</td> <td>118.71</td> <td>Sb</td> <td>121.76</td> <td>Te</td> <td>127.6</td> <td>I</td> <td>126.90</td> <td>Xe</td> <td>131.29</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Cs</td> <td>132.91</td> <td>Ba</td> <td>137.33</td> <td>La</td> <td>138.905</td> <td>Hf</td> <td>178.49</td> <td>Ta</td> <td>180.948</td> <td>W</td> <td>183.84</td> <td>Re</td> <td>186.207</td> <td>Os</td> <td>190.23</td> <td>Ir</td> <td>192.22</td> <td>Pt</td> <td>195.084</td> <td>Au</td> <td>196.967</td> <td>Hg</td> <td>200.59</td> <td>Tl</td> <td>204.38</td> <td>Pb</td> <td>207.2</td> <td>Bi</td> <td>208.98</td> <td>Po</td> <td>209</td> <td>At</td> <td>210</td> <td>Rn</td> <td>222</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Fr</td> <td>223</td> <td>Ra</td> <td>226</td> <td>Ac</td> <td>227</td> <td>Ku</td> <td>228</td> <td>Ha</td> <td>229</td> <td colspan="16"></td> </tr> </table>																1	H	1.00797	1	H	1.00797	2.1	He	4.00260	2	Li	6.941	Be	9.01218	B	10.811	C	12.011	N	14.007	O	15.999	F	18.998	Ne	20.183	3	Na	22.990	Mg	24.305	Al	26.982	Si	28.086	P	30.974	S	32.06	Cl	35.453	Ar	39.948	4	K	39.098	Ca	40.078	Sc	44.956	Ti	47.88	V	50.942	Cr	52.004	Mn	54.938	Fe	55.845	Co	58.933	Ni	58.69	Cu	63.546	Zn	65.38	Ga	69.723	Ge	72.64	As	74.922	Se	78.96	Br	79.904	Kr	83.80	5	Rb	85.468	Sr	87.62	Y	88.906	Zr	91.224	Nb	92.906	Mo	95.94	Tc	98.906	Ru	101.07	Rh	102.91	Pd	106.42	Ag	107.87	Cd	112.41	In	114.82	Sn	118.71	Sb	121.76	Te	127.6	I	126.90	Xe	131.29	6	Cs	132.91	Ba	137.33	La	138.905	Hf	178.49	Ta	180.948	W	183.84	Re	186.207	Os	190.23	Ir	192.22	Pt	195.084	Au	196.967	Hg	200.59	Tl	204.38	Pb	207.2	Bi	208.98	Po	209	At	210	Rn	222	7	Fr	223	Ra	226	Ac	227	Ku	228	Ha	229																
1	H	1.00797	1	H	1.00797	2.1	He	4.00260																																																																																																																																																																																													
2	Li	6.941	Be	9.01218	B	10.811	C	12.011	N	14.007	O	15.999	F	18.998	Ne	20.183																																																																																																																																																																																					
3	Na	22.990	Mg	24.305	Al	26.982	Si	28.086	P	30.974	S	32.06	Cl	35.453	Ar	39.948																																																																																																																																																																																					
4	K	39.098	Ca	40.078	Sc	44.956	Ti	47.88	V	50.942	Cr	52.004	Mn	54.938	Fe	55.845	Co	58.933	Ni	58.69	Cu	63.546	Zn	65.38	Ga	69.723	Ge	72.64	As	74.922	Se	78.96	Br	79.904	Kr	83.80																																																																																																																																																																	
5	Rb	85.468	Sr	87.62	Y	88.906	Zr	91.224	Nb	92.906	Mo	95.94	Tc	98.906	Ru	101.07	Rh	102.91	Pd	106.42	Ag	107.87	Cd	112.41	In	114.82	Sn	118.71	Sb	121.76	Te	127.6	I	126.90	Xe	131.29																																																																																																																																																																	
6	Cs	132.91	Ba	137.33	La	138.905	Hf	178.49	Ta	180.948	W	183.84	Re	186.207	Os	190.23	Ir	192.22	Pt	195.084	Au	196.967	Hg	200.59	Tl	204.38	Pb	207.2	Bi	208.98	Po	209	At	210	Rn	222																																																																																																																																																																	
7	Fr	223	Ra	226	Ac	227	Ku	228	Ha	229																																																																																																																																																																																											
LANTANIDOS																	52	Ce	140.12	Pr	140.91	Nd	144.24	Pm	145	Sm	150.36	Eu	151.96	Gd	157.25	Tb	158.93	Dy	162.50	Ho	164.93	Er	167.26	Tm	168.93	Yb	173.05	Lu	174.97																																																																																																																																																								
ACTINIDOS																	88	Th	232.04	Pa	231.04	U	238.03	Np	237	Pu	244	Am	243	Cm	247	Bk	247	Cf	251	Es	252	Fm	257	Md	258	No	259	Lr	260																																																																																																																																																								

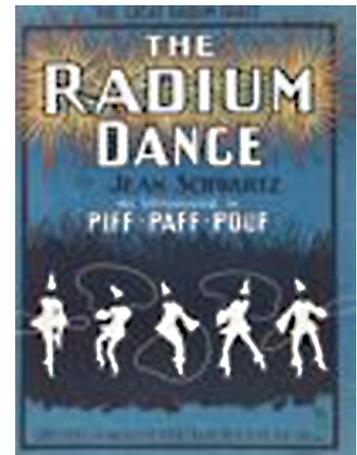
Tabla periódica de los elementos elaborada por Dimitri Mendeleiev (1834-1907)

Por aquel entonces los átomos se suponían indivisibles y sólo se contaba con dos fuerzas que reinaban lo físico: el electromagnetismo para los átomos y las moléculas, así como la gravedad para las estrellas y planetas. Pero entre 1895 y 1905 se descubrió que los átomos no eran sólidos y que existían otras fuerzas desconocidas que intervenían en esta relación. En 1829, el botánico Robert Brown descubrió que granos de polen suspendidos en el agua se mueven en unos patrones erráticos (el llamado "movimiento browniano"), lo que permitió extrapolar estas dinámicas al movimiento de los átomos; luego, a principios del siglo xx, se confirmó que los átomos y las moléculas no son construcciones teóricas, sino objetos físicos con dimensiones reales.

En 1905, Einstein trabajó con las matemáticas para determinar el tamaño molecular de un movimiento de partícula, y en 1908 Jean Baptiste Perrin logró otro avance al fotografiar el recorrido microscópico de las partículas en el agua. Esta imagen significó la primera observación directa del tamaño de las moléculas y la primera imagen grabada de la materia a nivel atómico. Con anterioridad, hacia 1900, Becquerel y Curie sugirieron que los átomos de uranio mientras daban radiación se convertían en otro tipo de átomos. Midieron la radiación del elemento radio y vieron que un gramo da 140 calorías por hora y puede continuar dando esta cantidad de energía durante más de 1.000 años.

The Radium Dance

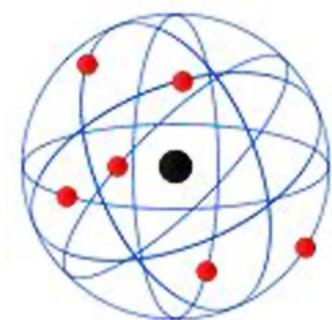
El impacto de todo esto a nivel popular también produjo creaciones como la que llevó a cabo en 1904 Jean Schwartz, quien compuso *The Radium Dance*. El descubrimiento del radio por parte de Marie Curie, partículas volando alrededor del mundo subatómico, inspiró los movimientos del *tempo* de esta canción de Broadway.



Cartel de *The Radium Dance* (1904)

Becquerel y Curie se dieron cuenta de que las sustancias radioactivas deberían tener un nuevo tipo de energía mucho más grande que cualquiera otra conocida por los humanos.

J. J. Thomson, mientras tanto, descubrió los electrones, partículas más pequeñas que el átomo que cargaban electricidad. Los científicos de aquel entonces se preguntaron si los átomos tenían una subestructura que incluía electrones. Así, en 1911, Ernest Rutherford dedujo que los átomos tenían un centro duro (núcleo), y propuso un modelo de "sistema solar" del átomo nuclear en el que la mayoría de la materia está densamente condensada en el núcleo cargado positivo, a cuyo alrededor giran electrones cargados negativamente, lo que da lugar a un átomo neutralmente eléctrico y estable. Después se descubrieron otras partículas subatómicas como los protones y los neutrones, y así se continuó refinando el modelo básico dibujado por Rutherford.



Estructura del átomo como sistema solar según Ernest Rutherford

1.4. La nueva visión de la mecánica cuántica

Parece ser que al físico Max Planck le dijeron que no estudiase física porque "ya estaba descubierto todo", pero precisamente fue él quien definió en 1900 lo que era un *cuántum*, y con esta nueva definición se abrió toda una cantidad

ingente de posibilidades. Al observar cómo los objetos irradiaban calor determinó que la energía radiante es emitida no en un flujo continuo, sino en pequeños paquetes de energía, y que cada uno de ellos es una cantidad discreta –un cuanto–. En 1905, Einstein mostró que la luz consiste en cuantos (con la energía en cada uno de sus paquetes proporcionales a la frecuencia de su amplitud de onda), de manera que las ondas de luz pueden ser tratadas como un grupo de partículas (los fotones).

En 1913, Niels Bohr utilizó los cuantos para explicar la absorción y la emisión de la energía electromagnética de los átomos. Propuso que las órbitas de los electrones dependían de si tenía más o menos energía. El electrón expande su órbita dando, no suavemente, un salto cuántico a la siguiente orbita. Si el átomo pierde energía, el electrón baja a un nivel de energía inferior y órbitas cercanas al núcleo. Cuando cae el electrón da un cuanto de radiación, como una onda de luz, con una energía igual a la diferencia de energía de las órbitas. El modelo cuántico de Bohr era una confirmación de la hipótesis de que la luz es emitida en cuantos discretos a nivel atómico –los átomos pueden absorber y emitir energía solo en amplitudes de onda precisas–.



Congreso Solvay (1927)

Casi simultáneamente, tres físicos –Werner Heisenberg, Louis de Broglie y Erwin Schrödinger en Suiza– propusieron las leyes que gobiernan la energía cuántica del átomo. En 1927, las leyes se sintetizaron en la teoría general llamada "Mecánica Cuántica", que describe la organización de todos los 92 elementos de la tabla de Mendeleiev y explica los espectrógrafos de Gustav Kirchhoff como causantes de la emisión y absorción de energía. Una pieza central es que tal como la luz (energía) es una partícula, los electrones (partí-

culas) son como ondas. Hacia finales de la década de los veinte, los cuantos fueron tan esenciales para la física que todos los físicos, desde Newton a Planck fueron llamados "físicos clásicos" y los posteriores a Planck, "físicos cuánticos".

1.5. Temores y fantasías de la energía nuclear

En Italia, bajo régimen de Mussolini, se decidió invertir en investigación científica para modernizar Italia. Se creó un centro de física subatómica en Roma con los mejores científicos del momento como Enrico Fermi. En 1932, el descubrimiento del neutrón dio a los físicos de Roma un excelente instrumento para sus investigaciones. Llegó a controlar el proceso de transmutación de un elemento en otro al ser bombardeado por neutrones. En 1934, se anunció que se había creado un nuevo elemento, el 93, pero tardaron más años en darse cuenta de que lo que habían encontrado era la fisión nuclear.

Espacialismo

El movimiento artístico llamado **Espacialismo** respondió al más importante descubrimiento de su tiempo: la **energía nuclear**. La segunda generación de futuristas, con Filippo Tommaso Marinetti y Giacomo Balla, actualizó sus conocimientos desarrollando un estilo en el que se expresaba la unidad cósmica mediante la nueva cosmología, pero añadiendo características italianas, como la antigua visión panteísta romana, un vocabulario de líneas de fuerza y un punto de vista aéreo. En 1929 hicieron su manifiesto de la **pintura aérea**. Las vistas aéreas eran metáforas de los paradigmas cambiantes en el nuevo *continuum* espaciotemporal causado por el movimiento relativo.

Fermi continuó investigando, pero por las presiones del régimen huyó en 1938 a América cuando viajaba a Estocolmo para recibir el premio Nobel de Física. En Berlín, también se estaban haciendo investigaciones al respecto. Uno de los científicos, Otto Hahn, tuvo que huir a Suecia, pero antes hizo llegar a Niels Bohr la información que tenían sobre las implicaciones de lo que habían conseguido. Bohr lo explicó a sus colegas americanos, que en seis meses confirmaron que el átomo de uranio se podía partir.

Cuando el núcleo del átomo se parte en dos mitades, el peso total de las dos mitades es inferior al peso original del núcleo. La diferencia de masa se convierte en una cantidad enorme de energía. La conversión se resume en $E = mc^2$. De la misma manera, la fisión envía dos neutrones que dividen otros núcleos, lo que da lugar a una reacción en cadena. En una billonésima de segundo una cantidad increíble de energía se produce: fisiónar una onza de uranio es igual a detonar 600 toneladas de TNT.

En 1939, era de conocimiento público que el uranio se podía partir. Cuando la Guerra estalló, **Werner Heisenberg** se encargó de llevar a cabo la investigación nazi para la construcción de la **bomba atómica**. En aquel entonces, Einstein estaba refugiado en América y cuando se enteró de los experimentos en Berlín escribió al presidente Roosevelt en 1939 para recomendarle que se acelerara la investigación en la fisión nuclear. En 1941 Roosevelt aprobó el Proyecto Manhattan. El mismo año, Japón bombardeó Pearl Harbor y Estados Unidos entró en guerra.



Nube de hongo creada por la bomba atómica de Nagasaki.

En 1942, la primera reacción en cadena se cumplió en la Universidad de Chicago bajo la dirección de Fermi. En Los Álamos se creó la primera bomba atómica, por J. Robert Oppenheimer, en 1945 junto con Bohr, que había huido de la Dinamarca ocupada por los nazis. En 1945 Hitler ya fue derrotado pero la lucha continuaba en el Pacífico. Estados Unidos lanzó la primera bomba atómica en Hiroshima el 6 de agosto de 1945, y tres días después en Nagasaki, con una fuerza combinada de 35.000 toneladas de TNT. Japón se rindió. De esta manera se abrió la puerta a la era atómica, y se hicieron grandes esfuerzos para explicar al gran público lo que era y significaba.



Concepto espacial, *Esperando* (1960), de Fontana

Lucio Fontana

En Europa, a finales de 1940 y principios de 1950, Lucio Fontana creaba arte expresando la materia como energía, en respuesta a la fisión nuclear. En Argentina, en 1946, escribió un manifiesto como llamamiento a un arte basado en la cosmología de Einstein. Citando al futurismo como su predecesor, proclamó un nuevo arte de espacio y tiempo. Después de retornar a Italia, en 1949, produjo un trabajo rajando una tela y haciéndole agujeros para crear pasajes entre el mundo terrestre (el lienzo) y el universo (metafóricamente, el vacío detrás del lienzo). "Hice un agujero en el lienzo para sugerir la expansión del espacio cósmico que Einstein descubrió. La luz y la infinidad pasan a través de estos agujeros. No hay necesidad de pintura".

Así que pronto se logró fusionar el hidrógeno (produciendo cuatro veces más energía), y en 1952 detonaron la bomba H en un atolón del Océano Pacífico en el que descargaron 500 veces más energía que la de la bomba de Hiroshima. Después se inventó la bomba de fusión y fisión combinada, que se explosionó en el atolón Bikini, también en el Pacífico, en 1954. El experimento causó una severa contaminación radioactiva en más de 700 millas cuadradas en el Pacífico, un efecto secundario que los científicos no predijeron. En la atmósfera de la Tierra se descubrió un elemento radiactivo no encontrado en la naturaleza (el strontium 90, con una vida media de 28 años), un componente que fue absorbido por los huesos de todos los vertebrados de la Tierra y que permanecerá en ésta durante otros 150 años.

1.6. El impacto de la nueva astronomía

Pronto se construyeron telescopios mayores para capturar las imágenes celestiales, y el público desarrolló una fascinación por el espacio exterior y una sensación de modestia respecto a la posición de la Tierra.

De la tierra a la luna

En la exposición Crystal Palace Exhibitio (Londres, 1850; Bonn, 1854), los visitantes pudieron ver un mural gigante con la cara visible de la Luna. En 1865, Julio Verne escribía la novela *De la tierra a la luna*, en la que aparecían ilustraciones de la Tierra vista desde la Luna, y la imaginación popular estaba fascinada.

En 1781 se descubrió Urano, y mediante cálculos matemáticos se predijo la existencia de otro planeta que afectaba a la órbita de aquél. Quedó clara la importancia de las matemáticas junto al método observacional. Urbain Leverrier hizo los cálculos de la posición del planeta, y al no convencer al Observatorio de París, convenció al de Berlín, que encontró Neptuno en 1846. Unos años después, en 1859, Gustav Kirchhoff, basándose en las observaciones de Thomas Young sobre la teoría ondulatoria del color y los posteriores estudios de espectros y los patrones de interferencia, así como las "líneas espectrales" o líneas oscuras que aparecen en el espectro, descubrió que cada elemento en incandescencia daba luz sólo a cierta amplitud de ondas. Estas líneas espectrales son la huella que permite reconocer los elementos a distancia. A partir de aquí se pudo identificar con diferentes colores los elementos que ardían en el Sol y otras estrellas.

Van Gogh

En obras de Van Gogh como *Noche estrellada*, los astrónomos identifican cuerpos celestes específicos como la constelación Aries o la espiral Nébula (hoy sabemos que son galaxias), que en 1844 los astrónomos dibujaban con formas espirales, y que ya se pudieron fotografiar en 1888.

Hay que tener en cuenta que en **1900 se redescubrieron las leyes de genética de Mendel**, y empezó una nueva era en la investigación en genética. Pronto se dibuja el mapa de la *Drosophila* (mosca de la fruta), completado en 1934, y aparecen imágenes del microscopio en la prensa popular gracias a técnicas de iluminación novedosas. La prensa popular francesa de 1920 estaba llena de imaginación celeste, mientras que los astrónomos argumentaban sobre la forma y el tamaño del nuevo espacio-tiempo del universo.

En 1912, Henrietta Leavitt descubrió las estrellas variables cefoides como fuente para medir la distancia en el universo. Utilizando las cefoides, a mediados de 1920, se determinó que la galaxia Vía Láctea tenía la forma de una lente de un diámetro de 100.000 años luz. Las publicaciones populares imprimieron diagramas de la galaxia. Se especulaba si era el universo entero. Se observaban las nebulas. Unos años más tarde, en 1924, Edwin Hubble se focalizó en la nebulosa Andrómeda y resolvió que era una galaxia en forma de disco compuesta de estrellas: había una segunda galaxia en el universo que contenía estrellas cefoides. Pronto aparecieron nuevas galaxias y quedó claro que quizás existían miles. El universo continuaba haciéndose más grande mientras se producían

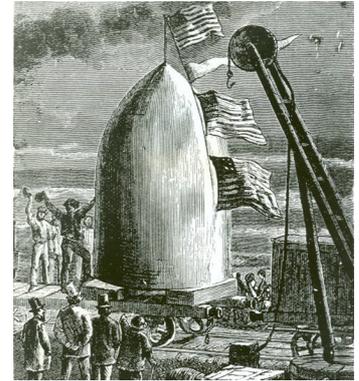


Ilustración de la novela *De la tierra a la luna* (1865), de Julio Verne



Noche estrellada (1889), de V. van Gogh



The Star (1960), de Alexander Calder

nuevos descubrimientos, y en 1846 se descubrió el planeta Neptuno y se abrió la puerta para descubrir Plutón en 1930, hecho que provocó que el público estuviese fascinado por todo ello.

Alexander Calder

Ese mismo año, Alexander Calder hizo su primera escultura móvil, cuyos elementos suspendidos pudieron ser inspirados por este descubrimiento. En tiempos de gran interés por la astronomía, Calder creó sus esculturas cinéticas compuestas de formas orgánicas y móviles suspendidos. El artista explicitó las asociaciones cósmicas en su trabajo "la estructura del universo es el sentido implícito en mis obras".

Por aquel entonces, ya en los años cuarenta, los astrónomos no sólo miraban, sino que también escuchaban al universo. Había telescopios para detectar las ondas de radio del espacio exterior.

Después de que el telescopio del Hubble determinara que el universo se expandía, todos se preguntaban cómo comenzó la expansión, y ya en 1948 George Gamow proclamó que el universo comenzó con una explosión, el denominado **Big Bang**.

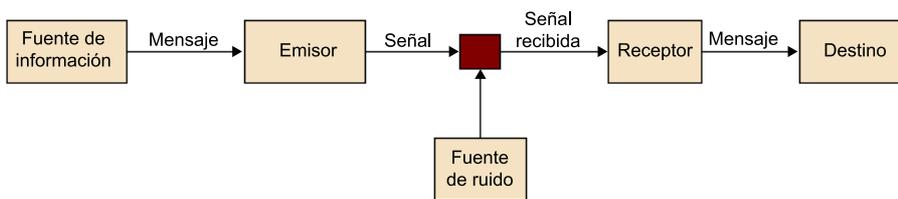
La historia continúa con muchos más descubrimientos y teorías, pero hemos trazado algunas de las aproximaciones clave en la física para mostrar los primeros pasos históricos en la relación entre disciplinas. Nos hemos centrado especialmente, durante el período de la modernidad y las vanguardias, en el momento de la gestación de una nueva visión científica en la que las ciencias físicas, de la mano de la revitalizada matemática, cobran una especial relevancia y establecen el camino que luego llevará a nuevos descubrimientos y teorías como la teoría de la complejidad, las dinámicas no lineales y los fenómenos emergentes, que no podremos tratar en el presente texto pero cuyo estudio confiamos al lector y para el que adjuntamos una bibliografía recomendada.

2. Sobre las Tecnologías de Información y Comunicación

2.1. El auge de las telecomunicaciones

Las telecomunicaciones se basan en la transmisión de información a distancia con el objetivo de comunicarse. Hoy en día usamos muchas formas de comunicación diferentes, la más utilizada es la que emplea el envío de ondas electromagnéticas. Los sistemas de comunicación empleados pueden ser múltiples, y con la llegada de las tecnologías digitales de información y comunicación se vuelven especialmente activas formas como el ASCII, el código binario, la fibra óptica, las células sensitivas a la luz y los módems.

La teoría matemática de la comunicación de Shannon-Weaver establece el esquema básico de la comunicación, basado en el denominado "Modelo de transmisión".



Teoría matemática de la comunicación de Shannon-Weaver

Este modelo consiste en un transmisor que convierte el mensaje proveniente de la fuente de información en señales. Estas señales, con su correspondiente ruido, que aparece en el transcurso del envío de la información mediante el medio transmisor, llegan al receptor, que lo recibe y convierte la señal en información utilizable por el destinatario. Este modelo está especialmente indicado para las tecnologías de comunicación, pero también se ha extendido al estudio de las comunicaciones humanas, aunque un modelo matemático semejante puede resultar de difícil aplicación. Las críticas al modelo de comunicación basado en la transmisión apuntan sobre todo al hecho de que la concepción de comunicación usada está basada únicamente en el hecho de reducirla a la transmisión de información.

Ejemplo

Por ejemplo, la comunicación difiere mucho según el tipo de contexto en el que se produce el intercambio de información y también en función de las intenciones, del canal o el medio y de la relación entre el transmisor y el receptor.

A lo largo de la historia, ha habido múltiples inventos que han contribuido a la comunicación a distancia. El teléfono fue inventado en 1876 por Graham Bell, al año siguiente se instala la primera línea telefónica en Boston Somerville y al siguiente, la primera central telefónica en New Haven (Estados Unidos), que constaba de un cuadro controlador manual de 21 abonados. Por otro lado, la radio se iba desarrollando gracias al trabajo de muchos científicos que contribuían con sus inventos a asentar una tecnología de comunicación que poco a poco se iba abriendo camino. Así, en 1896, el ingeniero italiano Guglielmo Marconi patenta un dispositivo de perfeccionamiento en las transmisiones de impulsos y señales eléctricas que permite evolucionar hacia la radiotelegrafía, y al año siguiente se instala la primera estación Marconi en la isla Wight, lo que posibilita el primer servicio radiotelegráfico regular entre Wight y Bournemouth, de 23 kilómetros de distancia. Los desarrollos pronto se suceden rápidamente, y en 1899 Marconi asombra al público con la primera comunicación por radio entre Inglaterra y Francia a través del Canal de la Mancha.

Hacia 1920, la emisora Marconi Wireless de Chelsford (Inglaterra) transmite, a modo de ensayo, el primer concierto de música clásica. La primera transmisión pública de radio tiene lugar el 22 de diciembre en Koenigs-Wursterhausen (Alemania). En Pittsburgh (Estados Unidos), se inaugura la emisora KDLA, que es la primera que emite programas regulares de radio; mientras, Amstrong desarrolla el circuito superheterodino. Durante los siguientes años, la T.S.F. inicia en París los primeros ensayos de programas de radio para el público, utilizando la Torre Eiffel como antena; la BBC emitió su primer programa no experimental; y en España, la primera emisora fue Radio Barcelona, inaugurada en el 24 de octubre de 1924. Un año más tarde ya existían unos 600 emisores de ondas medias en todo el mundo.

Respecto a la televisión, hacia 1925 comenzaron a sucederse experimentaciones fiables de la mano de John Logie Baird, en Gran Bretaña, y en 1928, el físico alemán Paul Nipkow, inventor de la televisión, realiza la primera transmisión inalámbrica de imágenes. No es hasta 1936 cuando se realizan las primeras transmisiones experimentales de televisión electrónica durante los Juegos Olímpicos de Berlín; las emisiones regulares de la BBC comenzaron el mismo año, aunque la gran expansión de la TV como medio de comunicación masivo no se produce hasta 1946.

La Segunda Guerra Mundial (1939-1945) supuso un esfuerzo considerable en el desarrollo de todas las tecnologías asociadas a las comunicaciones y a los sistemas de radar. Las investigaciones realizadas sentaron las bases para los desarrollos futuros de sistemas de aplicación civil. Durante la contienda se produjo un considerable esfuerzo en los sistemas de microondas para su aplicación a los sistemas de radar. Asimismo, se sentaron las bases para que se desarrollaran los ordenadores y la informática, en la que precursores ideológicos como Vannevar Bush en su *As We May Think*, de 1945, hablaba de la inven-



Graham Bell (1847-1922) con su teléfono

Arte en la radio

Artistas como Bertolt Brecht (1898-1956) hallaron en la radio un medio para expandir su estética, así como la audiencia de las artes escénicas logró transformar el teatro y llevar a cabo sus obras pedagógicas, realizadas con el fin de provocar la toma de conciencia sobre las condiciones sociales y económicas bajo las que vivían los oyentes.



Televisión de los años 1950

Participation TV

En 1963 se hizo la Exposition of Music Electronic Television, en la que participó Nam June Paik, con su *Participation TV* (1963-1966), que intentaba conseguir la interacción del espectador con la imagen de la televisión electrónica.

ción del Memex como la solución para almacenar el extenso conocimiento de la humanidad, una máquina llamada a resolver "la necesidad de una nueva relación entre el hombre pensante y la suma de nuestro conocimiento".

Años después, en 1957, la URSS lanzaba al espacio el satélite Sputnik, y la carrera espacial se sucedía agitadamente en medio de la Guerra Fría, mientras los Estados se procuraban sus propios satélites de comunicación, aunque ya en 1945 Arthur C. Clarke propuso la utilización de los satélites geoestacionarios para los sistemas de comunicaciones de cobertura mundial. Ello permitió que un satélite en órbita circular ecuatorial con un radio de 42.242 kilómetros se viera siempre en la misma zona, cubriendo de esta forma casi un hemisferio y posibilitando que con tres satélites espaciados a 120 grados se pudiera obtener una cobertura mundial. Actualmente, hay miles de satélites rodeando la Tierra, nuevos y viejos satélites en desuso que no pueden abandonar su órbita y que constituyen una auténtica basura espacial girando en la órbita del planeta.

Mientras tanto, la firma electrónica alemana Grundig introduce el concepto de fototelegrafía, al permitir la transmisión de imágenes a través de líneas telefónicas. En 1968 nace el fax, un aparato que también permitirá un uso intensivo a artistas de todo el mundo. Y un año más tarde nace Internet, gracias al desarrollo de la red de computadores ARPANET. Desde entonces se suceden las invenciones de aplicaciones y protocolos, así como el desarrollo de infraestructuras que harán posible la expansión total de Internet, con su culminación en la World Wide Web, y su consolidación a nivel mundial hacia los años noventa, después de la expansión de los computadores personales, discos flexibles y dispositivos de almacenamiento de información.

Arte en red digital

Los primeros procesos de autoría en red digital *strictus sensus* relacionados con el contexto del arte fueron llevados a cabo por Robert Adrian X con *The world in 24 hours* (1982), y luego por Roy Ascott, quien elabora *La plissure du texte* para la exposición Electra 83 en el Musée d'Art Moderne de la Ville de París, organizado por Frank Popper.

Paralelamente al desarrollo de Internet en el mundo, las comunicaciones telefónicas móviles se van articulando de manera progresiva mediante acuerdos internacionales que posibilitarían su avance. La European Telecommunications Standards Institute (ETSI) establece un patrón común, el *Groupe Special Mobile* (GSM), que posibilitará una red celular de ámbito europeo que se implantará en 1992. El avance espectacular de la transmisión de información mediante las telecomunicaciones inalámbricas móviles permite que en el año 2001 la compañía DoCoMo lance comercialmente la telefonía UMTS, o de tercera generación, en Europa. Hoy, esto supone un cambio constante en el panorama de las telecomunicaciones y, a su vez, permite fusionar diferentes sistemas de telecomunicación en uno, lo que lleva a pensar en sus implicaciones culturales.



Fax

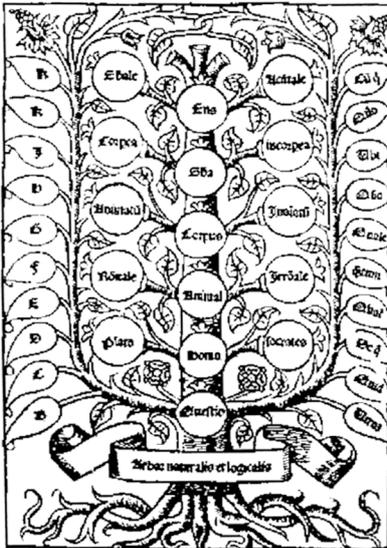
Enlace recomendado

Es de especial interés consultar el proyecto *Atlas del espacio electromagnético*, en el que se puede consultar un estudio pormenorizado de los diferentes usos científicos, tecnológicos, sociales y culturales de las distintas longitudes de onda del espectro electromagnético. Disponible en: <http://spectrumatlas.org/>.

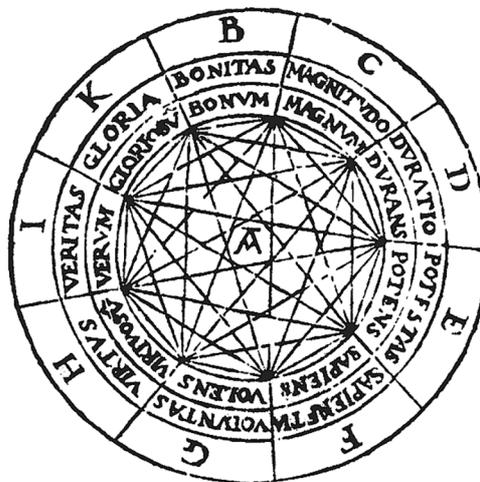
2.2. La omnipresencia de la informática

Hay quienes sitúan *Las Artes Combinatorias*, de Ramon Llull, como obra precursora de la informática. Ramon Llull (1235-1315) desarrolló su *Ars Combinatoria* y después, en 1666, Gottfried Wilhelm Leibniz publica su *Dissertatio de Arte Combinatoria*, por el que reconduce el *lulismo* hacia la lógica matemática, y expande sus pensamientos por Europa, haciendo aportaciones importantes al cálculo lógico. Llull confirmó la calculabilidad de los problemas e inventó una manera mecánica para solucionarlos con la ayuda de un número limitado de términos básicos que él denominó *alphabetum*, un instrumento por el que se podía alcanzar la verdad. Así que en sus juegos simbólicos Llull estableció la asunción de la analogía entre las funciones lógicas del cerebro y la máquina lógica (como la que diseñó, compuesta por tres círculos concéntricos).

Hacia 1274, Raimundus Lulius comienza a escribir su *Ars Magna*, en la que transforma la lógica en un instrumento de una ciencia universal, en cuya base se podrían formular enunciados verdaderos sobre la realidad. Su objetivo es reagrupar todas las ciencias dispersas en una *Scientia Generalis* y encontrar así la *clavis universalis* que abra el camino hacia la proposición de una infinidad de enunciados verdaderos.



Ars Magna, de Ramon Llull



El interés por crear un lenguaje universal se apoya en la idea de crear un lenguaje simbólico de la ciencia que funcione no como medio de comunicación, sino como instrumento formal para llegar a la verdad. A su vez, la *combinatoria* es el método para llegar a estos enunciados, y el proceso se ejecuta de forma mecánica hasta llegar a estos enunciados (podría hacerse a través de una máquina). De esta manera, un número limitado de proposiciones deriva de unos 54 términos básicos o *alphabetum* (usados como letras-signo). Para favorecer la comunicación, Llull utiliza figuras y cuadros geométricos.

Para Llull, la lógica deja de ser *ars demonstrandi* para convertirse en *ars invenienti*, un instrumento heurístico para arropar las proposiciones verdaderas universales mediante operaciones lógicas basadas en la combinatoria formal de elementos. En otras palabras, quiere decir que afirmar la calculabilidad de los problemas significa considerar la posibilidad de que éstos sean resueltos de forma mecánica por una máquina. Por inferencia, esto equivale a presumir una suerte de analogía entre el funcionamiento lógico del cerebro humano y el de una máquina lógica, y supone también considerar que el razonamiento humano está basado a su vez en reglas que funcionan independientemente del contenido de la información que manipulan. El proceso se transforma entonces en un "juego de símbolos" que establece relaciones entre los elementos objetivos (términos básicos) sobre la base de principios o reglas abstractas puramente formales.



Ramon Llull (1232-1315)

Desde entonces muchas otras experiencias han conducido a la formalización del pensamiento humano y a la creación de las máquinas simbólicas capaces de simular el pensamiento. Ahora encontramos computadoras por todas partes en nuestra cultura y nos suena familiar pensar en la informática como basada en una doble base de cálculo lógico y automatización. Tal como T. Sales afirma, hay hasta diez componentes del sistema luliano del *Ars* que podrían perfectamente ubicarse en los estudios de informática, por ejemplo: la idea de la calculabilidad de las soluciones de razonamiento lógico (explorado por Leibniz), la idea de un alfabeto del pensamiento humano (matemáticamente interpretado por George Boole), la idea de un método general (heurístico y deductivo), la idea del análisis lógico, la noción de un sistema generativo, la operación mediante diagramas e incluso las teorías de grafos que ordenan las figuras triangulares del *Ars*.

Su *Ars* es una especie de sistema formal y computacional para componer y derivar afirmaciones filosófico-teológicas que Llull esgrimió en sus dos libros *Ars generalis ultima* (1305) y *Ars Brevis*, su versión corta. El sistema luliano se basa en nueve atributos que son sistematizados e indexados con las letras de la B a la K:

- 1) B-bonitas,
- 2) C-magnitudo,
- 3) D-duratio,
- 4) E-potestas,
- 5) F-Sapientia,
- 6) G-voluntas,
- 7) H-virtus,
- 8) I-veritas y
- 9) K-gloria.

La letra A es omitida en este lenguaje artificial a fin de expresar el tabú de representar a Dios como el principio absoluto y, por lo tanto, la primera letra del alfabeto. Las letras de Lull de la B a la K pueden representar el primer ejemplo de lo que la informática llama "la semántica de un lenguaje de programación".

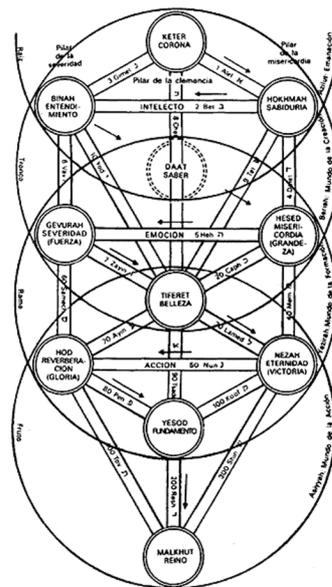
Pero, a su vez, los atributos divinos guardan cierto parecido con los diez atributos divinos del *Sefirot*: 1-Keter, Corona de Dios; 2-Hokmah, Sabiduría; 3-Binah, Inteligencia; 4-Hesed, Amor; 5-Gevurah, Poder; 6-Tifaret, Compasión; 7- Netzah, Resistencia; 8- Hod, Majestuosidad; 9-Yesod, Fundación; 10-Malkut, Reino. Así, tal como comenta Florian Cramer en su libro *Words made Flesh*, se podría llegar a establecer que hay una clara vinculación entre el Ars luliano y la Cábala ecstática y sus atributos:

"ha sido asumido, por ejemplo por el estudioso de la Cábala Moshe Idel, que Lull se inspiró no tanto en Dios en sí mismo como en la Cábala ecstática española del siglo XIII. Sólo un siglo después de Lull, Pico della Mirandola describe lo que él llama el *ars raimundi* como una segunda forma de la Cábala".

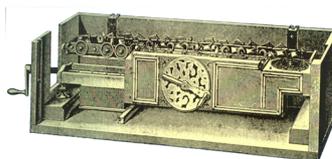
F. Cramer (2005). *Words made flesh. Code, Culture and Imagination*. Rotterdam: Piet Zwart Institute, Willem de Kooning Academy Hogeschool.

"El aparato de discos" luliano supone entonces un acercamiento de la lógica a la técnica que después abordarán Descartes o Leibniz. En 1519, Leonardo da Vinci construye un prototipo de cámara oscura y especula con las primeras calculadoras mecánicas, y en 1642 Blaise Pascal construye su máquina aritmética, o *paschaline*, pero esta hipótesis de calculabilidad también se hizo presente en Thomas Hobbes, y la reducción de todo razonamiento a cálculo, Gottfried Wilhelm Leibniz, y la idea de crear un lenguaje de cálculo puro (en 1694 diseña su calculadora, que supera a la *Pascalina*), o en Charles Babbage, y la concepción de máquina analítica (1852). La **máquina analítica de Babbage** es la pionera de las máquinas de calcular más parecidas a los modernos ordenadores. Hacia 1830, Babbage extrajo la idea de utilizar tarjetas perforadas de una máquina programada con anterioridad. Por primera vez puso en contacto diferentes avances que se habían realizado hasta el momento, por un lado, en la construcción de máquinas de calcular y, por el otro, en el almacenamiento de la información en tarjetas perforadas.

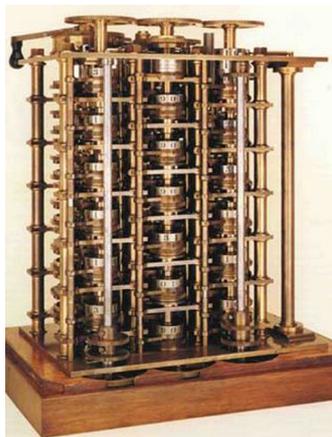
Todo ello hace referencia al propósito de formalización del pensamiento humano y de creación de máquinas simbólicas que puedan suplantar esta función y culmina con las investigaciones de inteligencia artificial de Alan Turing y la implementación de las modernas computadoras digitales. Hacia 1806, Jacquard había inventado un telar que, controlado por tarjetas perforadas, se utilizaba para tejer telas con figuras complicadas. La máquina analítica de Babbage tejía patrones algebraicos, tal y como el telar de Jacquard tejía flores y hojas. Una máquina programada que ya sintetizaba imágenes antes de que éstas fueran convertidas en números procesados. En 1830, con la máquina analítica de Babbage y el daguerrotipo de Daguerre, empiezan dos trayectorias que hoy en día se fusionan en una sola con el ordenador.



Los cuatro mundos de la Cábala



Máquina de calcular de Leibniz



Máquina analítica de Babbage

De la unión del uso de las tarjetas perforadas y los adelantos en las máquinas de calcular, surgirían las primeras máquinas de tratamiento de datos. Su interés por las matemáticas, la astronomía y la mecánica lo llevarían a pensar en 1812 en la construcción de una máquina que le permitiera llevar el cálculo mecanizado más allá de las simples operaciones administrativas y de contabilidad comercial, dada la dificultad de cálculo que conllevaban las tablas matemáticas empleadas hasta el momento. Una década después, construiría el prototipo de esta máquina, la denominada "Máquina de Diferencias", con capacidad para desarrollar polinomios de segundo grado a partir de operaciones de adición, basadas en el método de diferencias finitas. La máquina debía calcular las tablas con precisión y llevarlas a imprenta de manera directa.



Ada Lovelace (1815- 1852)

Al conocimiento de todo este trabajo realizado por Babbage contribuyó la figura de Ada Byron, condesa de Lovelace e hija del famoso poeta Lord Byron, que se dedicó a difundir las ideas sobre la máquina analítica. El hecho de tener una salud delicada permitió a Ada dedicarse al estudio de las ciencias y entrar en contacto con Charles Babbage. Ada redactó toda una serie de artículos que difundían las ideas sobre el invento (que no podía firmar por el hecho de ser mujer), escribió varios programas para la máquina analítica y desarrolló el sistema de numeración binario que más tarde usarían los ordenadores.

Enlace recomendado

De aquí viene el nombre de Adaweb, uno de los proyectos pioneros en la Red y que actualmente está ubicado en el Walker Art Center como muestra de los primeros trabajos de net.art. Disponible en: <http://www.adaweb.com/>.

A lo largo de los años se fueron sucedieron otros inventos: en 1867, Lord Kelvin construye un computador analógico para medir mareas, y en 1869 el economista William Stanley Jevons diseña una máquina lógica. Pero la ingeniosa combinación de los conceptos de Jacquard y Babbage daría lugar durante 1880 a un equipo electromecánico que facilitó la tarea de recuento a la oficina del censo de Estados Unidos: la perforadora mecánica diseñada por Herman Hollerith. De este modo, Hollerith utilizaría la perforadora mecánica para representar las letras del alfabeto y dígitos en tarjetas de papel. Del invento de Hollerith se derivaría la creación de la empresa IBM y, a lo largo de las primeras décadas del siglo xx, empezaría a despegar la industria de la informática, que en la actualidad está en plena efervescencia.



Máquina tabuladora de Hollerith

Más adelante, en 1920, Torres Quevedo presenta en París su calculadora electromecánica, justo un año antes que la primera edición del *Tractatus Logico-Philosophicus* de Ludwig Wittgenstein. Paralelamente, se trabaja en otros proyectos que dan lugar a que, en 1923, Arthur Scherbius diseñe el computador Enigma, usado para criptografía militar. Al año siguiente nace la empresa IBM (International Business Machines), que aún hoy existe.

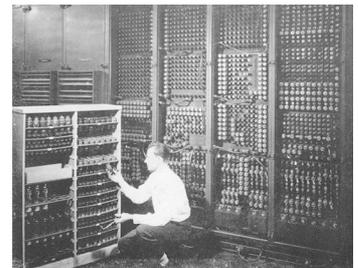
Mientras van apareciendo nuevos inventos se desarrolla el pensamiento que hace posible su continua evolución. En 1930, Alan Turing publica *On Computable Numbers*, en el que define lo que es una "máquina de Turing", en el mismo momento en que Wittgenstein comienza la redacción de sus *Investigaciones filosóficas*. En 1938, tal y como hemos comentado, Claude Shannon aplica la lógica booleana a la teoría de circuitos, y se da un primer paso en la creación de la Teoría de la Información, de gran importancia para el desarrollo de la informática y los ordenadores.

Alan Turing y todo su equipo estuvieron prácticamente aislados durante el comienzo de la Segunda Guerra Mundial (1939) en una vieja mansión de campo situada entre Oxford y Cambridge. Fruto de su trabajo surgieron las "**bombas**", máquinas capaces de descifrar el código utilizado por el ejército alemán. Así, en 1941, J. V. **Atanasoff** construye su **máquina de computar ABC**, inspiración del posterior ordenador ENIAC. Gracias a estos inventos, en 1943 **M. Newman**, del grupo de Turing, concluye el **Colossus**, un ordenador especializado en la **desencriptación de mensajes**.



Alan Turing (1912-1954)

El Colossus fue descrito por muchos como uno de los primeros pasos en dirección al actual ordenador digital. Su importancia fue tan grande que, dos años después de su aparición, en 1945, J. Presper Eckert y John W. Mauchly construyeron el ENIAC (*Electronic Numerator Integrator Analytic Computer*), un computador digital, electrónico y programable que, construido en la Universidad de Pennsylvania, ha sido considerado por muchos como el primer ordenador de la historia.



ENIAC, considerado el primer ordenador de la historia

A pesar de que el ENIAC sea considerado el primer ordenador de la historia hay que tener en cuenta sus precursores inmediatos y, sobre todo, la existencia de otra vía desarrollada en solitario y autofinanciada desde Alemania. En 1940, al margen de cualquier apoyo institucional, Konrad Zuse terminó su modelo Z2, que para muchos fue la primera computadora electromecánica completamente funcional del mundo. Al año siguiente, en 1941, fabricó su modelo Z3, para el que desarrolló un programa de control que hacía uso del sistema binario. Entre 1945 y 1946 creó el *Plankalkül* (Plan de Cálculos), el primer lenguaje de programación de la historia y predecesor de los lenguajes modernos de programación algorítmica.

Computer art

Se empezó a hablar del hecho digital en el arte, es decir, del *computer art*, como una forma de creación artística peculiar, entre los años 1950 y 1970, cuando se generaron las primeras obras con el ordenador. Hacia el año 1952, Ben Laposky creó *Oscillons*; posteriormente, en 1960, Peter Scheffler también empezó a usar el ordenador para sus creaciones, así como John Withney en su película *Catalog*, producida entre los años 1961 y 1962.

Junto a la creación de los artefactos tecnológicos se iba elaborando la teoría que daría pie a nuevos artefactos, que a su vez también nacía de los replanteamientos que surgían en el transcurso del desarrollo tecnológico. En 1945,

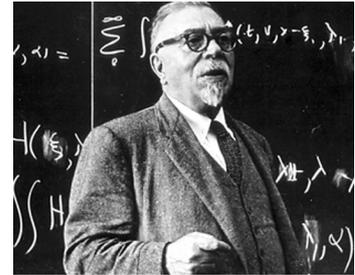
Vannevar Bush publica en *Athlantic Monthly* su artículo "As We May Think", un artículo de vital importancia que ha influido decisivamente en posteriores desarrollos. A su vez, en 1948, Claude Shannon publica *A Mathematical Theory on Communications*, que da nacimiento a la teoría de la información matemática. Paralelamente, Denis Gabor inventa la holografía y Norbert Wiener publica *Cybernetics*, base para la Inteligencia Artificial.

2.2.1. Los orígenes de la cibernética

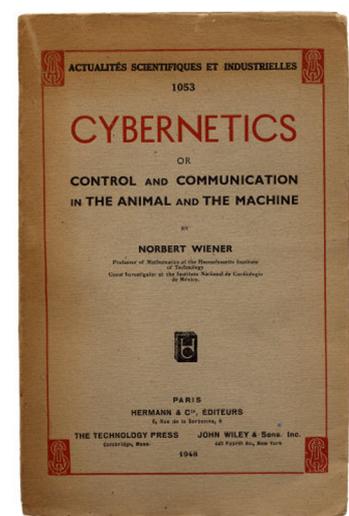
Norbert Wiener ha pasado a la historia por ser el fundador de la *cibernética*, o el estudio del control y comunicación en animales y máquinas. Los estudios del matemático también formaron la base de la rama de la investigación sobre la inteligencia artificial, fundamentada en los procesos de la mente humana. Según Wiener, los procesos comunicativos puros, tanto si son realizados por máquinas como si son realizados por el hombre, implican elementos similares y definibles. Si estos elementos, una vez han sido definidos, pudieran ser controlados rigurosamente, entonces podrían ser utilizados para controlar la máquina. A partir de aquí, modificando el comportamiento a partir del aprendizaje extraído de estos procesos, el hombre y la máquina podrían evolucionar hacia niveles de funcionamiento más altos.

Los estudios de Wiener sobre el control de mecanismos estaban relacionados con los proyectos de desarrollo de nuevos sistemas de control de armas de fuego. Durante la Segunda Guerra Mundial Wiener trabajó desarrollando nuevas armas que podían "ver" en la oscuridad o debajo del agua, y, por lo tanto, "saber" adónde iban. También desarrolló programas que se basaban en sus teorías sobre el *feedback*: Wiener creía que mediante la información extraída de la velocidad y dirección del objetivo se podía disparar el arma no al objetivo, sino en un punto por el que éste pasará. Después, de la información recogida de estas experiencias se podría conseguir que un arma modificara su trayectoria basándose en los datos que recogiera de su entorno.

A medida que sus investigaciones fueron avanzando, Wiener ideó la palabra *cibernética* (del término griego *kybernetes*, que significa 'timonel') para definir tanto sus teorías como las de otros científicos (también relacionadas con el tema), como Vannevar Bush, Claude Shannon, Alan Turing y John Von Neuman, personajes también cruciales en la historia de la informática. Podemos definir la cibernética como la ciencia interdisciplinaria (nacida de la ingeniería, la biología, la matemática y la lógica) que estudia los procesos de comunicación (recepción y evaluación de la información) y de control (uso de la información para regular y gobernar la acción de un sistema, guiándose a sí mismo hacia un objetivo determinado) de los seres vivos, que los realizan para optimizar su propia existencia. Para que un artefacto mecánico esté vivo o lo parezca debe basarse en la información recibida y evaluada para encontrar la mejor solución para él mismo.



Norbert Wiener (1894-1964), fundador de la cibernética



Portada del libro *Cybernetics* (1948), de Wiener

Cibernética

La importancia que adquirió la cibernética y el desarrollo de los ordenadores, así como el desarrollo de los primeros pasos en la investigación en inteligencia artificial, generó una corriente de estudios estéticos que concebía la información como el elemento clave para la comprensión de los procesos estéticos. De esta manera se buscaba, mediante la formalización supuestamente objetiva de la estética, una contraposición a las tendencias subjetivistas, transcendentales o existenciales del resto de las teorías estéticas de tradición kantiano-hegeliana.

Las investigaciones hechas antes y durante la Segunda Guerra Mundial lo llevaron a la publicación de *Cybernetics, or control and communication in the animal and machine* en el año 1948, un libro de impacto inmediato. Basándose en sus estudios de cómo la información es transmitida y procesada, Wiener describió una nueva manera de ver el funcionamiento del mundo: veía un mundo que se basaba en la información y no en la energía, y en procesos digitales o numéricos y no analógicos. Así, sus teorías no sólo asentaron las bases para el nuevo campo de estudio, sino que también previeron el futuro desarrollo de los ordenadores. Fue en *Cybernetics* donde introdujo palabras como *input*, *output* y *feedback*. El trabajo de Wiener abrió un nuevo campo de investigación, la inteligencia artificial que, en su búsqueda por desarrollar una máquina que pudiera pensar, amplió muchas de las teorías del matemático sobre la relación entre el hombre y la máquina.

Wiener reflexiona de esta manera sobre los límites de comunicación hombre-máquina. Hombre y máquina son los dos fenómenos locales antientrópicos y, por lo tanto, se parecen. Todas estas ideas se basan en la probabilística del físico Wiliard Gibbs, en la que el caos es más probable que el orden. Así, Wiener se centra en encontrar un lenguaje específico que permita la comunicación entre los diferentes sistemas. Adecúa la semántica a unos objetivos concretos. La propiedad clave de la información es que es transformable en su conjunto (reproducido, destruido o repetido), en la que lo importante no es la cantidad que circula, sino la proporción que deviene comunicación (información que pasa a través de sus filtros). Wiener se centra en el desarrollo de sistemas de retroalimentación en autómatas que pueden ajustar su conducta futura en función de eventos pasados. Por esta razón es necesario un órgano central de decisión que procese la información y determine qué hacer. Wiener (con independencia de Turing) se plantea simular electrónicamente un cerebro por medio de máquinas digitales. Quería crear un sistema que aprendiese, es decir, que cambiase métodos generales y formas de actividad, según la información procesada.

2.2.2. Los avances en inteligencia artificial

En 1950, **Alan Turing** publica *Computer Machinery and Intelligence*, en el que ofrece su famoso "**Test de Turing**", en el mismo año en el que Isaac Asimov publica *Yo Robot*, en el que plantea sus tres famosas leyes para la robótica. Turing expone el problema de la capacidad de raciocinio de las máquinas y pretende avanzar en la reproducción por medios técnicos de la lógica del pensamiento humano.

Se centra en la comunicación y crea "la prueba de Turing" para verificar la inteligencia en una computadora digital imaginaria, reproduciendo un proceso de simulación de la comunicación entre hombres y máquinas. La prueba se basa en la asunción que el raciocinio puede ser considerado equivalente a la capacidad de usar el lenguaje, la semántica (que, de hecho, podría considerarse el gran problema en la investigación en inteligencia artificial).



Test de Turing

Turing va más allá que Wiener y marca la diferencia en su planteamiento base, que posibilita el aprendizaje. Por un lado, Wiener parte del principio de parecido entre hombres y máquinas, por el que las sinapsis equivalen a las claves de conmutación y el aprendizaje es resultado de información adquirida en actividades pasadas. Por otro, Turing parte de las diferencias entre comportamientos del sistema nervioso humano (máquinas continuas) y lo electrónico (máquinas de tipo discreto), para lo cual es necesario desarrollar un canal o interfaz que posibilite el maestro-alumno-maestro y el aprendizaje, refutando entonces las objeciones de Ada Lovelace.

Harold Cohen

Hacia 1970 las computadoras se utilizaban también para generar poesía y ficción. En este ámbito surgía también la pregunta de si un ordenador podía simular la capacidad creativa en un sentido artístico. Un artista-programador como Harold Cohen creó un Sistema Experto de Arte especializado en su estilo pictórico. Cohen diseñó un programa único con el que generaba series de dibujos a partir de la nada.

Con Turing nos planteamos dos cuestiones clave:

- 1) ¿Qué entendemos por inteligencia?
- 2) ¿Cómo definimos los significados de los términos "máquina" y "pensar"?

En consecuencia, encontramos adeptos a las ideas de Turing, como Herbert Simon o Allen Newell, y detractores, como John Searle o Hubert Dreyfus, que dan pie a enfoques diferentes. Por un lado, tenemos el enfoque tradicionalista (procesamiento secuencial y unidad central de procesamiento) y, por otro, el enfoque conexionista (sistema de redes neuronales centrales con un procesamiento paralelo que almacena información de forma distribuida). Pero hoy podemos decir que, de hecho, la problemática de la posibilidad de generar

una inteligencia artificial eficaz reside no tanto en el desarrollo propiamente técnico o en la complejidad que supone copiar el funcionamiento cerebral, como en determinar cuántos y qué rasgos de la conciencia humana queremos simular.

La expresión "inteligencia artificial" se acuña en 1956 en un encuentro de Dartmouth entre científicos dedicados a la computación para discutir sobre cibernética. Dos años más tarde, Marvin Minsky y John McCarthy fundan el Artificial Intelligence Laboratory en el MIT. Hoy denominamos "inteligencia artificial" a la ciencia e ingeniería para la creación de máquinas inteligentes. Ésta se divide en dos campos: el biológico, que trata de que las máquinas resuelvan problemas o situaciones mediante el aprendizaje de la psicología y fisiología humanas; y el fenomenológico, basado en el estudio y formalización de hechos de sentido común sobre el mundo y sobre los problemas que se presentan para la consecución de metas. La IA es una parte de la informática que pretende desarrollar sistemas electrónicos que imiten ciertas características de la inteligencia humana. La inteligencia artificial pretende dotar a las máquinas de aptitud deductiva, creatividad y capacidad de tomar decisiones basadas en experiencias pasadas o estímulos que no estén previstos en el código de la máquina. Uno de los primeros pasos en este campo fue el intento de dotar a los ordenadores de la capacidad de entender el lenguaje natural.



Marvin Minsky (1927)

Podemos señalar que en el seno de la comunidad de investigadores que trabajan para desarrollar una **inteligencia artificial (IA)** encontramos dos propósitos generales básicos: uno es el que postula que la IA debe entender los procesos de pensamiento e inteligencia como un fenómeno computacional, y el otro es el que plantea que el propósito de la IA debe ser el construir sistemas que puedan realizar algunas actividades al menos tan bien como las realizan los agentes humanos.

Sin duda, la última aproximación ha sido la que más frutos ha dado a lo largo de la historia, también debido a las posibilidades directas de aplicación múltiple al contexto cotidiano social. Una de sus contribuciones más importantes ha sido el desarrollo de lo que se ha denominado "Sistemas Expertos". Estos sistemas son intentos de replicar los procesos de decisión y asesoría usados por expertos en los dominios especializados de conocimiento. Asimismo, las otras áreas se han concentrado en entender el lenguaje natural, el debate filosófico sobre la naturaleza de lo que constituye una "máquina inteligente". En los años recientes se ha producido una creciente intersección entre psicología cognitiva, neurofisiología y lingüística para intentar avanzar en éste y otros aspectos vinculados. Se están haciendo algunos trabajos interesantes relacionados con esta dinámica cooperativa, aunque ambas aproximaciones continúan sufriendo las consecuencias de las elevadas expectativas, que se generaron durante 1960 y 1970, sobre hasta dónde se podría llegar.

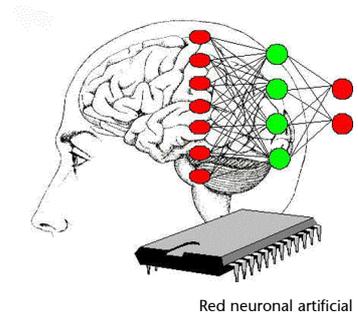
Ken Feingold

El artista Ken Feingold ha explorado las posibilidades artísticas de la inteligencia artificial, especialmente respecto a las técnicas de reconocimiento y síntesis de voz, explorando de esta manera las implicaciones sociales y culturales de la investigación en IA. Por ejemplo, en *If/Then* (2001) dos cabezas humanoides están involucradas en un diálogo cambiante, debatiendo sobre temas filosóficos relacionados con su propia existencia. Su conversación, basada en un conjunto de reglas y excepciones programadas, discurre vinculada a algunos de los temas universales de la comunicación humana. El modo en el que esto funciona es mediante el recurso a un conjunto de estructuras sintácticas simples, así como a un conjunto de cadenas de palabras que aparecían de forma recurrente en sus respectivos manifiestos. "Si bien la comunicación entre las dos cabezas puede parecer condicionada, limitada y aleatoria (tal como las conversaciones humanas a veces), ésta también subraya los metaniveles de significado creados por la comunicación fallida, los malos entendidos y los silencios. El diálogo entre cabezas desvela elementos cruciales de las bases de la estructura sintáctica y la manera en la que construimos significado, con resultados extremadamente poéticos a veces".

Podríamos dividir la investigación realizada en IA en dos fases:

1) la primera fase se presentó como una fase especialmente optimista y utópica respecto a las posibilidades de desarrollo de la IA, en la que se apostó por la creación de una IA fuerte durante las primeras décadas de su historia (y que obtuvo cantidades ingentes de financiación para desarrollos militares por parte de los gobiernos, empujados por la inflación de sus posibilidades);

2) la segunda fase (en la que hoy nos encontramos instalados de manera más sosegada y no tan utópica) se caracteriza por una apuesta por una visión más realista de los desarrollos posibles mediante la investigación parcial de cada una las propiedades de la inteligencia por separado.



Red neuronal artificial

Tal y como comenta Floridi, la investigación fuerte en IA se desarrolló como si el hecho de pensar y actuar inteligentemente fuera sólo un sinónimo de la computación algorítmica, mientras que las condiciones previas, las experiencias (inspiraciones, pasiones, intuiciones, educación, *know-how*, imaginación, sensibilidad, sentido común, gusto, aspiraciones, sensaciones corporales, conciencia, comunicación, miedos, deseos, etc.) y las interacciones sociales no fueran componentes esenciales de una vida inteligente y única.

"La habilidad humana para habérselas con el mundo de forma inteligente era visto como completa y exclusivamente dependiente de la habilidad humana para pensar de manera racional sobre el mundo, mientras que el pensamiento racional era visto como idéntico, como el proceso simbólico en sí mismo y, por lo tanto, con una computación efectiva."

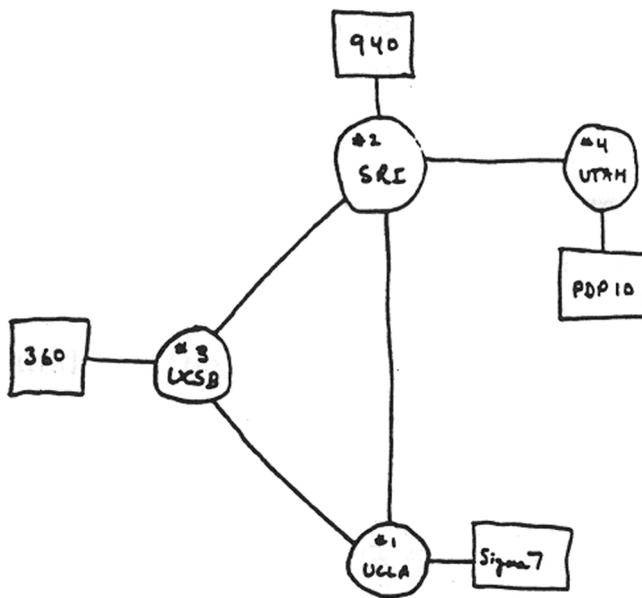
L. Floridi (1999). *Philosophy and computing* (pág. 134). Oxford: Routledge.

2.2.3. El desarrollo exponencial de Internet

Muchos cambios llegarían con la popularización de la informática y los ordenadores, y décadas después con la llegada de la red Internet de intercomunicación de ordenadores a nivel mundial. La interrelación entre hombres y máquinas de calcular avanzaba inexorablemente, y en 1960 J. C. R. Licklider publica *Man Computer Symbiosis*, lo que da lugar a la idea del ordenador personal, una máquina al alcance de todos los consumidores que permitiría el acceso democrático a las tecnologías de información y comunicación. A su vez, la

interconexión de ordenadores iba tomando forma cuando en 1963, J. C. R. Licklider, investigador de ARPA, propone la posibilidad de la creación de una red interconectada de ordenadores.

Años después, en 1972, Robert Kahn presenta públicamente la red ARPANET con 40 máquinas conectadas, el primer paso para que, en 1973, el University College de Londres y el Radal Real de Noruega se conectasen a ARPANET, que pasó así a convertirse en una **red internacional**.



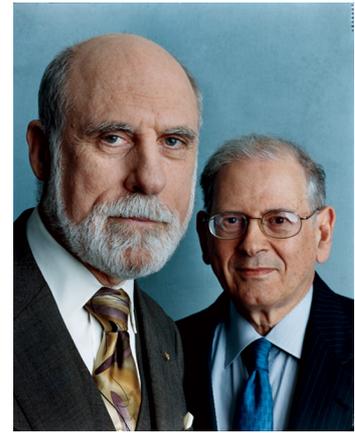
THE ARPA NETWORK

DEC 1969

4 NODES

Dibujo de una red de cuatro nodos. ARPANET en sus orígenes. Fuente: Cortesía de Alex McKenzie

Con posterioridad, se aceleraron los cambios, y lo que era un experimento sin utilidad definida se fue extendiendo primero al ámbito académico y luego a un ámbito popular y comercial (en los manuales de historia de Internet se ha apuntado siempre a la finalidad militar, aunque de hecho, tal como apunta Manuel Castells, fue un proyecto rechazado por los militares desde un principio, debido a la ausencia de un control centralizado). Los llamados "padres de Internet", Vinton Cerf y Robert Kahn, crearon en 1974 el protocolo de comunicación TCP/IP, base actual de la comunicación entre ordenadores en Internet, a la vez que aparece en la Red el primer juego de rol titulado *Dragones y mazmorras*. Finalmente, en 1989, Tim Bernes-Lee crea la World Wide Web, que permite crear un estándar en Internet para video, audio e imagen.



Vinton Cerf (1943) y Robert Kahn (1938)

Distribuidor en red

El cruce de Internet y los ordenadores ha posibilitado que el ordenador, además de motor para el arte, también sea un centro distribuidor en red, y que este hecho repercuta directamente en la generación de la obra mediante la creación colectiva de dicha obra, por ejemplo. Cabría señalar que en 1993 se realizó uno de los primeros proyectos de comunicación basados en Internet, "Handshake". Un año más tarde, Douglas Davies, el pionero de la televisión interactiva e iniciador de los primeros proyectos telemáticos, lanzó uno de los primeros proyectos de (*net art*): "The world first collaborative sentence", una sola frase que los lectores han ido desarrollando de forma colaborativa, añadiendo nuevas palabras desde entonces. Davis, de esta manera, continuando en la línea de sus anteriores obras, busca romper los rígidos paradigmas de transmisor-receptor del circuito de los *mass media*, e Internet se convierte en el medio ideal, un espacio para la conectividad y la participación.

Nos hallamos en plena expansión de las antaño *ciberutopías*. La materialización de muchos sueños que parecían irreales genera un clima de optimismo desmesurado en el que parece que la ciberesfera, con su "realidad virtual", vendría a suplantar a la propia realidad. Los sueños y las esperanzas alojadas en las ciberutopías provocan que todo parezca posible con tal crecimiento y expansión. En 1987 se realiza un importante congreso en Los Álamos para fundar la ciencia de la "vida artificial" y Jaron Lanier saca a la luz pública su dispositivo de casco y guantes de datos para la realidad virtual, dispositivos de navegación en entornos de realidad virtual que harán accesible y popularizarán los sueños depositados en las tecnologías de realidad virtual.

Las ciberutopías también dan paso al hecho de tomar consciencia de que Internet y las tecnologías de información y comunicación dan lugar a espacios públicos en los que, por lo tanto, tiene lugar una acción política, así como son objeto de políticas. Por ello, en 1991, John Perry Barlow, antiguo letrista del grupo de rock progresivo Grateful Dead, funda la Electronic Frontier Foundation, una organización que se ha destacado por la defensa de la libertad y los derechos civiles en todos los ámbitos relacionados con Internet y las tecnologías de información y comunicación.



Jaron Lanier con casco estereoscópico y guantes de datos

Cave Automatic Virtual Environment

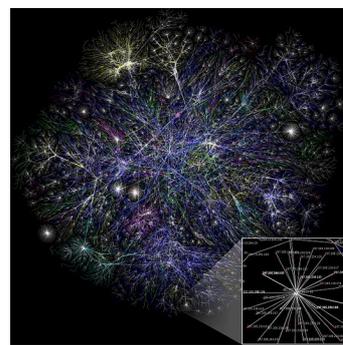
El artista Daniel Sandin y el ingeniero Thomas DeFanti se juntaron en el Electronic Visualization Laboratory de la University of Illinois (Chicago) durante los años setenta, en el que su investigación en visualización electrónica culminó en 1991, con el diseño y construcción de la CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*). La suspensión de la incredulidad, tan crítica en el efecto global de la realidad virtual, está mejorada con las cualidades específicas de las interfaces CAVE, que es de hecho una habitación pequeña de 3 m³, aproximadamente.

Después de entrar en la habitación, el usuario se encuentra a sí mismo envuelto en imágenes proyectadas que son sincronizadas perfectamente en las tres paredes y en el suelo. Es como plantarse en el escenario de un teatro virtual, un entorno estereográfico de realidad virtual con proyecciones contiguas a tres paredes y el suelo de una habitación, una pequeña «caverna» en la que se simula la realidad exterior. El nombre es una clara referencia al mito de la caverna de Platón, construido como un teatro virtual al que el interactor se aboca participando con todo su cuerpo en la interacción dentro de un entorno tridimensional.

Todo ello forma parte hoy de la cultura popular, que se apropia de tecnologías que facilitan la comunicación, el acceso y la libre distribución de la información. En 1993 surgió la revista *Wired*, la publicación del sector más célebre y popular hasta el momento, mientras la Administración Gore-Clinton lanzaba el plan para conectar las escuelas a Internet. Años después, en 1994, y tras veinticinco años de existencia de la Red, se alcanzan los tres millones de páginas en Internet y nace *Yahoo*, precisamente para intentar catalogarlas. Mientras Microsoft, con su Windows 95, incorporaba el navegador Explorer e intentaba monopolizar el mercado, se producen los primeros ensayos del sistema operativo Linux, considerado actualmente una alternativa real al sistema operativo Windows y realizada como software libre en colaboración con una comunidad de desarrolladores distribuidos por todo el planeta. En 1996, cuando se produce el *boom* de Internet a nivel internacional, se contabilizaban ya unos 80 millones de usuarios, un número que aumenta de forma continua. Y si en el año 2006 se calculó que el número de internautas oscilaba en torno a los 1.100 millones, las estimaciones para el año 2016 son que se llegará a los 2.000 millones.

Interacción y participación

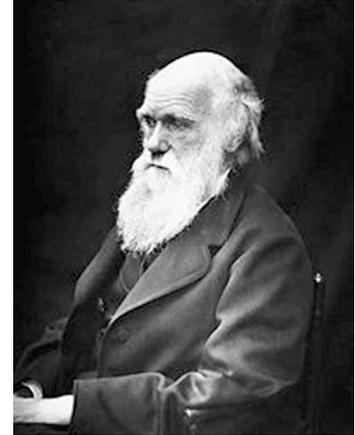
Con Internet, y su estructura abierta, las posibilidades de interacción y participación de los usuarios son mayores. En este sentido, los procesos participativos adquieren nuevas maneras de interacción: primero como modelo de obra abierta (siguiendo las concepciones de Umberto Eco), que genera sistemas evolutivos genuinamente capaces de aprender y progresar cada vez que son usados; segundo, mediante el cruce de espacios virtuales en lugares reales urbanos por medio de interfaces customizadas. *Vectorial Elevation* (2000), de Rafael Lozano-Hemmer, *Blinkenlights* (2001-2002) o *Arcade* (2002), del Chaos Computer Club son algunos ejemplos de proyectos híbridos.



Mapa de Internet

3. Sobre la biología

La biología es la ciencia natural que estudia la vida y los seres vivos, y todas sus manifestaciones. Hoy podemos decir que, según su objeto específico de estudio, la biología puede dividirse en varias subdisciplinas, como la botánica, si se refiere únicamente al estudio de los vegetales, o la zoología, si se refiere al estudio de los animales. Las tres referencias fundamentales de la actualidad de la biología son la teoría evolutiva iniciada por Charles Darwin en 1859, la biología molecular desarrollada hacia 1937 y la perspectiva genética inaugurada por Crick y Watson en 1953, que ha dado origen a las denominadas biotecnologías *actuales*. Así podríamos describir una de sus ramas más actuales, la biotecnología, como la rama de la biología que estudia posibles aplicaciones prácticas de las propiedades de los seres vivos y de las nuevas tecnologías (por ejemplo, la ingeniería genética) en campos como la industria, la medicina, la agricultura o la ganadería.



Charles Darwin (1809-1882)

El término *biología*, en su sentido moderno, apareció en el siglo XIX, como resultado de una evolución de las tradiciones de la medicina y la historia natural, pero podemos remontarnos al Antiguo Egipto y dibujar una larga historia como disciplina. El término en sí fue acuñado de manera independiente en 1800 por Karl Friedrich Burdach, luego fue usado por Gottfried Reinhold Treviranus en su libro *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur*, de 1802, y Jean-Baptiste Lamarck en su libro *Hydrogéologie* de 1802. Aunque, de hecho, la palabra apareció ya en el título del tercer volumen de *Philosophiae naturalis sive physicae dogmaticae: Geologia, biologia, phytologia generalis et dendrologia*, escrito por Michael Christoph Hanov y publicado en 1766.

Antes de la aparición del término *biología* había otros muchos términos para referirse al estudio de los seres vivos, como la historia natural (que también incluía la mineralogía y otros campos no biológicos), la filosofía natural o la teología natural, que trabajaban en el aspecto conceptual y metafísico asociado a los seres vivos, que a su vez incluían lo que hoy sería la geología, química, física y astronomía. Otros ámbitos disciplinares como la fisiología o la farmacología pertenecían a la medicina, y otros como la geología, botánica o zoología, ya en el siglo XVIII, se separaron de la historia y filosofía natural, antes del surgimiento de la biología como disciplina.

3.1. De la historia natural a la teoría de la evolución

En esta historia de la vida podemos encontrar tres momentos paradigmáticos que aluden, por un lado, a la historia natural del siglo XVIII, en la que la vida como concepto se ausenta; al período del evolucionismo decimonónico, que empieza a dotar a la vida de una historia; y, por último, a la ingeniería genética de finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI, que promueve una descontextualización de la vida. Éstos son los que podríamos considerar los tres momentos paradigmáticos de la historia de la vida.

En 1735, **Carl Linnaeus**, basándose en el concepto de especie como un grupo de individuos semejantes, realizó una clasificación de los seres vivos conocidos hasta entonces. Posteriormente, agrupó las especies en géneros, éstos en órdenes y, finalmente, en clases, para crear así una **taxonomía de la vida**. En la década de los cincuenta del siglo XVIII, Linnaeus propuso la utilización de una **nomenclatura binominal** que permite asignar a cada organismo dos palabras en latín, un sustantivo para el género y un adjetivo para la especie, lo que da forma al **nombre científico** que contribuye a evitar confusiones en la identificación y el registro de los organismos existentes. Sin embargo, otro científico como Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon, concibió a las especies como categorías artificiales maleables con el paso del tiempo, sugiriendo una posible relación entre especies que más adelante contribuyó a forjar el pensamiento evolucionista posterior de otros autores clave como Lamarck o Darwin. De esta manera, la historia natural se encarga de dar nombre a las distintas manifestaciones de la naturaleza, las fija con una nomenclatura y las ubica en una cuadrícula que las ordena. La imagen que sintetiza este período sería, pues, la del **jardín botánico** que recoge la diversidad de la naturaleza y se muestra de esta manera como una manifestación de poder y dominio sobre una naturaleza incontrolable.



Ilustraciones Botánicas realizadas por Carl Linnaeus (1707-1778)

Paisajes

La forma de representar el paisaje, incluso bajo la necesidad de realismo impuesta por los cánones establecidos, ha ido cambiando a lo largo de la historia. De hecho, la pintura de paisajes nace en el norte de Italia y en Flandes, durante el siglo XV. La palabra *Landscape* proviene del holandés y originalmente se refería a un tipo particular de representación pictórica. De esta manera, la pintura paisajista representaba "una manera de ver" que existe bajo unas condiciones históricas muy específicas, en las que se le relacionaba con el surgimiento del capitalismo. Tal como comenta John Berger, de repente sucede que "un paisaje no es tanto una ventana con marco abierta al mundo como algo valioso colgado de la pared en la que lo visible ha sido depositado", y esto se debe a que quienes encargaban estas pinturas no eran campesinos, sino terratenientes, que buscaban apropiarse visualmente de la tierra de una forma específica.

Por aquel entonces el concepto *vida* no existía tal y como lo entendemos hoy, por lo tanto tampoco existía el término *biología*, y nos encontrábamos con la historia natural como disciplina formalizada. La episteme clásica del siglo XVIII vacía el concepto de vida mientras se concentra en la generación de conocimiento del orden, lo que da paso a una vida que deviene cosificada y se impone sobre el propio proceso de vivir. Por lo tanto, se trata de una historia natural que tal y como decía Foucault:

"no es otra cosa que la denominación de lo visible. De ahí su aparente simplicidad y este modo que de lejos parece ingenuo, ya que la historia natural resulta simple e impuesta por la evidencia de las cosas".

M. Foucault (1997). *Las palabras y las cosas* (pág. 133). Madrid: Siglo XXI.

Este devenir taxonómico propio de la historia natural considerará la vida desde un marco temporal abstracto radicalmente no-histórico: los seres vivos son y han sido siempre tal como son, y la ordenación y descripción de los mismos es la principal tarea propiamente científica a realizar. No existe un antes ni un después de lo que son los seres vivos, no hay una historia de la vida que se preocupe por el proceso en sí del vivir, como aquello que propiamente singulariza a la propia vida. No será hasta mucho más adelante que esta situación se cambiará, para dar paso a nuevas concepciones de la vida y de lo viviente. Estos cambios nacerán de la constatación de la inclasificación de lo viviente en sí, en la que la vida aparece como un residuo que se escapa al esquema de la taxonomía que pretende abarcarlo todo en su orden clasificatorio. La evolución de lo viviente dará paso al período del evolucionismo.

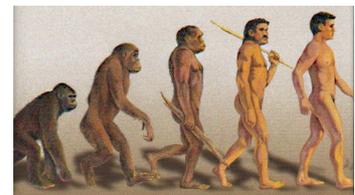
La biología se transforma en tanto que pensamiento de una vida que hay que historiar porque tiene una historia, una vida sujeta a los devenires e inclemencias del tiempo y provista de un contexto que la ampara. La vida, ubicada en el devenir del tiempo, rompe la férrea estructura que se había instalado en el jardín botánico impuesto por la historia natural con su orden immaculado y su estructura atemporal desprovista del contexto necesario. La biología inicia así una historia de la vida que le posibilita una constante indagación en su devenir y, a su vez, en su propia evolución.

En torno a 1859, **Charles Darwin** propuso la **teoría de la evolución**, como una teoría que aportaba una explicación al origen, y la variedad de las formaciones biológicas a partir de un mismo origen común desarrollado mediante una serie de mecanismos evolutivos, que fue describiendo como principio de **adaptación al medio** y como **selección natural**. La vida tenía una historia en la que únicamente habían sobrevivido aquellos seres vivos que se habían adaptado mejor al medio transformándose adecuadamente. La teoría de la evolución de esta manera hacía posible una base de comprensión unificada que permitía explicar los fenómenos generales de los seres vivos, en la que las anomalías presentes en el sistema taxonómico cobraban sentido. Las aportaciones que Mendel fue desarrollando desde 1868 con relación a las variaciones genéticas cobraron ahora especial relevancia.

Más adelante, a finales de los años treinta, Ernst Mayr elaboró una nueva síntesis de la teoría de la evolución en la que procuraba solucionar algunos de los problemas que dejaban en el aire la teoría de la evolución, estableciendo una mejor complementación entre los mecanismos de selección natural, herencia y adaptación al medio. Esto posibilitaba generar un marco general en el que pensar el origen de la vida y sus diferentes manifestaciones biológicas, dejan-



Museo de Historia Natural de Londres



Teoría de la evolución

do aparte las cuestiones sobre el inicio de la vida o el propio funcionamiento interno de ésta (cuestiones que fueron tratadas más adelante, con el desarrollo de la biología molecular y la genética).

Edward Steichen

En 1934, Edward Steichen expuso en el MOMA sus flores *delphiniums* modificadas genéticamente sirviéndose de una droga, *colchicine*; así, mediante la utilización de materiales vivos, fue posible "generar su propia poesía", tal y como él mismo decía. Pero es que los criadores de animales o plantas han sido desde tiempos ancestrales los grandes manipuladores genéticos, al diseñar nuevas razas de perros o rosas más resistentes y bonitas para poder ser vendidas de forma más fácil por su belleza. De este modo, el hombre interviene en el mecanismo de la selección natural.

Con la llegada del evolucionismo, esta descontextualización y atemporalidad desaparecen y, en cambio, se pasa a una nueva concepción en la que la clasificación de los seres vivos da paso a la genealogía de la vida. Las mutaciones que escapan al orden taxonómico obligan a transformar el marco interpretativo de lo que se entiende por *vida*, y así se da preeminencia a la transformación y el cambio. El evolucionismo historiza la vida que había quedado excluida del jardín botánico, primando la transformación sobre la conservación.

Por lo tanto, la vida está plenamente historiada en su devenir, y de esta manera va adquiriendo una nueva narrativa biológica que se convierte, a su vez, en una narrativa de los orígenes y del modo en que éstos dotan al devenir de la naturaleza de un cierto teleologismo. Se parte de una metáfora en la que la idea del progreso actúa como ropaje discursivo metafórico del evolucionismo, introduciendo una cierta direccionalidad en la historia, un fondo de continuidad sobre el incesante flujo de modificaciones y discontinuidades que se halla en lo viviente.

Pero, frente a esta teleología implícita en el evolucionismo, cabe preguntarse sobre qué es lo que permanece aislado e invisible en los márgenes de ese discurso que presupone un componente de direccionalidad y de progreso en la comprensión de la propia vida. Entonces podríamos respondernos que, precisamente:

"Encontramos el mecanicismo incluso en el evolucionismo, en la medida en que éste postula una evolución unilineal y nos hace pasar de una organización viviente a otra mediante simples intermediarios, transiciones o variaciones de grado".

G. Deleuze; F. Guattari (1988). *Mil mesetas* (pág. 133). Valencia: Pre-textos.

Tal y como diría Darwin, la naturaleza no da saltos, pero el evolucionismo es incapaz de aprehender la concreción singular de la adaptación local de una variación en sí misma, dado que la adscribe a una metanarrativa del progreso. La metáfora latente en el evolucionismo sería la idea de la existencia de un progreso continuista, marcado por una idea de adaptación, por la que se describe el modo en que el organismo y el ecosistema están relacionados. Así, podemos decir que existe de manera independiente una relación entre orga-

nismo y ecosistema, es decir, entre la vida y el contexto de la vida, ya que, de hecho, Darwin introdujo una ruptura fundamental al separar los organismos de los ambientes en los que estos habitan.

Actualmente, algunas de las ideas de Darwin, sobre todo las referentes al mecanismo de selección natural, han sido matizadas proponiendo nuevos caminos diferentes.

Richard Dawkins, por ejemplo, plantea una solución de tipo reduccionista en la que la selección natural se erige como un principio cósmico que rige todos y cada uno de los aspectos de la vida, y que queda depositado en los genes. Otras propuestas opuestas a las de Dawkins son las de Lynn Margulis, Stanley Kauffman y Stephan Jay Gould.

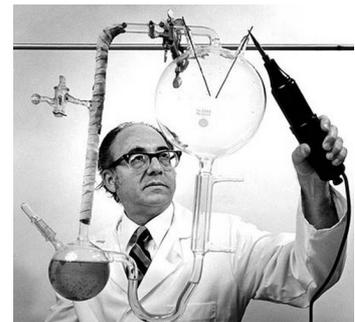
Así, **Margulis** propone añadir los fenómenos de asociación simbiótica como complementos de la selección natural, haciendo posible su llamada "**hipótesis Gea**", que establecía que la vida sólo es posible si existe un equilibrio entre selección natural y cooperación entre organismos para adaptarse al entorno cambiante. Por otro lado, Gould planteaba la posibilidad de la existencia de múltiples direcciones de la evolución, lo que posibilita la aparición del azar y la discontinuidad necesaria para generar la variedad constitutiva de la vida, y da luz así a una teoría abierta de la evolución. Finalmente, las aportaciones de **Kauffman**, con sus programas de ordenador dedicados a la simulación de procesos de la vida, van en la línea de otorgar especial relevancia a la **autoorganización** como auténtico motor del proceso de evolución. Un conjunto de diferentes aproximaciones que, todas juntas, dan lugar a una visión compleja de los procesos de evolución como fenómenos explicativos de la vida.



Lynn Margulis (1938)

3.2. De la biología molecular a las biotecnologías

La teoría de la evolución también abrió la pregunta al origen de la vida, que a su vez implicaba responder a la de la relación entre materia y vida, para establecer así una conexión entre organismos vivos y fundamentos físicos y químicos de la materia. Desde los primeros estudios sobre biología celular en 1938 se fue trabajando en esta dirección, hasta llegar a los desarrollos de Stanley Miller en 1953, para hallar así lo que se consideraba los elementos primeros articuladores de todo organismo vivo: los llamados "protobiones". La relación entre biología, química y física se consolidaba de esta manera y daba lugar a la llamada "biología molecular".

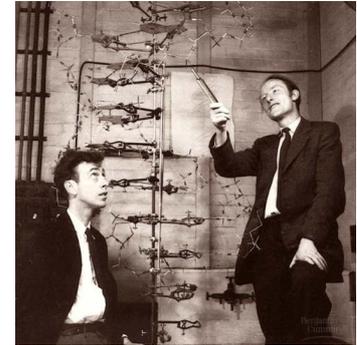


Stanley Miller (1930 - 2007)

En los primeros pasos de esta historia de la vida vimos cómo la imagen del nicho ecológico del evolucionismo sustituye al jardín botánico de la historia natural, y la vida biologizada a la vida inerte, propia también de la historia natural. Un tercer paso, abierto por la biología molecular y consolidado por la genética, aportará una nueva forma de concebir la vida en la que el gen deviene fundamento y principio rector de ésta. En cualquier caso, podemos decir que este tercer estadio no es nada más que una transmutación del ordenado jardín botánico en un no menos ordenado banco de datos genéticos, en

el que, por supuesto, continuará habiendo espacio para la metáfora del nicho ecológico, ya que de esta manera funcionaría también como legitimación de la posibilidad de introducir nuevos organismos que no alteren lo existente.

En 1953, los biólogos James **Watson** y Francis **Crick** identificaron un ácido especial en el núcleo de la célula: el ADN o **ácido desoxirribonucleico**. La función de este ácido es la de contener el programa que permite la asignación de funciones específicas a los diferentes genes implicados. De esta manera, fue posible identificar los mecanismos de reproducción celular y, a su vez, contribuir significativamente a la comprensión de la realización de las diferentes funciones de los organismos vivos. Nació la biología genética, que completaba el proceso que había iniciado la biología molecular con el objetivo de comprender los mecanismos internos de los seres vivos.



James Watson (1928) y Francis Crick (1916-2004)

Game of life

Hacia 1970 el matemático británico John H. Conway inventó *Game of life*, el popularmente llamado "juego de la vida". Este juego informático intentaba explorar y demostrar cómo se puede diseñar y construir un sistema caracterizado por la combinación entre un mínimo de reglas simples y un rico y extenso conjunto de comportamientos. Así, este sencillo juego se convirtió en el ejemplo más famoso derivado del autómata celular que ya en su día inventó Von Neumann, un hallazgo que permitió generar un nuevo punto de partida para toda una generación de investigadores interesados en desarrollar las posibilidades de la vida artificial.

El cruce de la biología genética y las tecnologías de información y comunicación permitieron desarrollar la biología computacional, y en el año **2001**, gracias a la potencia de cálculo de los ordenadores, se completó la **secuenciación completa del genoma humano**. Actualmente, las biotecnologías han conducido a finalizar el **proyecto Genoma Humano**, la implantación de terapias génicas, la clonación y la manipulación de embriones, la creación de alimentos transgénicos, la implantación de xenotransplantes, etc. Algunos ejemplos más extendidos de aplicaciones de las biotecnologías a los seres vivos son los organismos vegetales modificados genéticamente, que dan lugar a las llamadas "plantas transgénicas".



Estructura del ADN

En 1987 se hizo pública, en la revista *Nature*, la obtención de la primera planta transgénica, y en 1996 este método se comenzó a aplicar industrialmente en el sector de la agricultura. Hoy en día, el 4% de la tierra cultivable está plantada con semillas transgénicas, y el 13% del comercio mundial de semillas estaría producido por ingeniería genética (OMC, 2005). La mayoría son cultivos transgénicos de soja, maíz, algodón y colza, principalmente en países como Estados Unidos, Argentina, Canadá, Brasil y China, por este orden. Últimamente, sin embargo, el mayor crecimiento existente se da en los países del denominado "Tercer Mundo", en los que se ubica el 34 % de la producción global actual.



Alimentos transgénicos

Pero, aparte de las plantas transgénicas, existen muchos otros tipos de organismos modificados genéticamente, como los "alimentos", que es el nombre que se ha dado a la fusión de alimentos y medicamentos con vistas a la obtención de proteínas o altas vitaminas, como el yogurt para combatir el in-

somnio; el caso del arroz dorado dirigido al continente asiático para, supuestamente, paliar la deficiencia de vitamina A, a causa de profundas insuficiencias alimentarias; o las llamadas biofactorías, que son plantas modificadas genéticamente, a partir de las cuales se podría extraer materia prima para uso industrial, como el caso de los girasoles que producen caucho, o la planta de tabaco, que produce tela de araña.

Asimismo, encontramos microbios modificados genéticamente, como bacterias que degradan vertidos de petróleo o aquéllas que son resistentes a la radioactividad para descontaminar mercurio; así como microbios capaces de descontaminar metales pesados y aquellos que incluso pueden ser usados con intenciones militares. En 1998, el Laboratorio de Investigación del Ejército de Estados Unidos identificó un número de usos ofensivos de los organismos genéticamente modificados contra materiales. Éstos incluyen microbios que dañan o destruyen hidrocarburos, plásticos, caucho natural o sintético, metales y materiales compuestos, capaces de dañar carreteras, armas, vehículos, combustible, capas antirradar, chalecos antibalas, etc.

También podríamos incluir todo tipo de mamíferos clonados en la investigación científica, como la ya famosa oveja Dolly, pero también clonaciones de ratones o monos. Así como animales transgénicos, por ejemplo, la cabra-araña, una cabra transgénica que produce tela de araña, o las que producen insulina humana en su leche; o el oncorratón, un ratón con cáncer para experimentación oncológica, desarrollado en la Universidad de Harvard. Podemos encontrar incluso ganado biotecnológico, que da lugar a pollos con más carne; gallinas transgénicas, cuyos huevos fabrican un fármaco empleado en el tratamiento de cáncer; salmones transgénicos que crecen más rápido; etc. Al igual que es posible hallar aplicaciones de ingeniería genética en mascotas domésticas, lo que da lugar a peces con colores más vistosos o gatos que no causan alergia. Evidentemente, son invenciones patentadas y registradas por compañías privadas que las explotan comercialmente.

Alba

Otros animales transgénicos han causado un gran revuelo, como Alba, el conejo fosforescente que Eduardo Kac creó, al cruzarlo con el gen GFP (*Green Fluorescent Protein*) de las medusas. Hablamos del denominado "arte transgénico", un ser vivo que nace para convivir en el seno de su familia, el hogar del creador Kac, y completar su ciclo como mascota doméstica. De esta manera, Kac convertía la ingeniería genética en algo doméstico y cotidiano, presente en nuestras vidas en forma de "mascota". La "obra" en sí no fue la creación de Alba, sino, en todo caso, el propio hecho de visibilizar todo el proceso para atraer la atención pública respecto al debate en torno a los organismos modificados genéticamente.



La oveja Dolly (1996-2003)



Alba, conejo fosforescente transgénico creado por Eduardo Kac

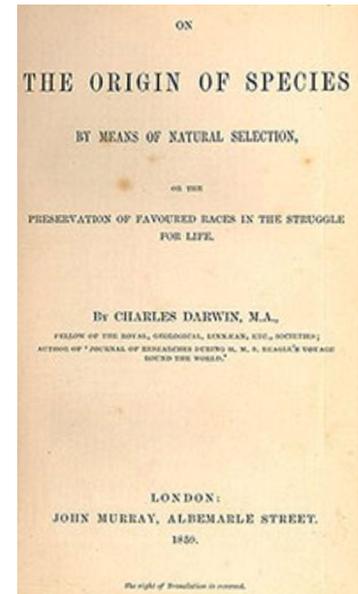
Se trata de una particular aproximación que podríamos afirmar que va desarrollándose desde los primeros intentos de domesticación de animales como los antílopes u ovejas, ya en el 18.000 a. de C., pasando por la invención del término en 1802, la gran aportación de Charles Darwin y su libro *El origen de las especies* en 1859, las leyes de la genética establecidas por Gregor Mendel en 1865, el dibujo de la estructura del ADN en 1954 a manos de Watson y Crick, hasta la invención del mencionado oncorratón en 1988 (creado con ingeniería genética para la experimentación con cáncer), la puesta en marcha, en 1990, de la decodificación genética del ser humano (también conocida como Proyecto Genoma) y, finalmente, la clonación de una oveja en 1997.

Hoy, la parte, el gen, designa el todo, la vida. Pero no siempre ha sido así, de la misma manera que no siempre ha existido la vida; ésta es más bien una construcción moderna. Los griegos utilizaban dos palabras diferentes para designar la vida: *Zoé* designaba la vida natural, mientras que *Bíos* hacía referencia a las formas o modos de vivir del hombre. Si consideramos la vida como concepto debemos atender al análisis del movimiento, al igual que Heráclito con su concepción de la vida como abismo creador de diferencias, que, asociado a la imagen del fluir de un río, deviene en fundamento. Podríamos llevar a cabo una genealogía del concepto de vida en la que, siguiendo a Heráclito, continuásemos con Platón y el principio de la larga marcha de la hipostatización de la propia vida, tal como comenta López Petit:

De Platón, en referencia al concepto de vida, podríamos decir que su doctrina del alma se halla lejos del espiritualismo inconsciente que a veces se le atribuye, ya que su doctrina, en realidad, constituye más bien una teoría de la vida, en tanto que ésta se manifiesta por el movimiento. A continuación, con Aristóteles, la vida (que obtiene primacía del acto sobre la potencia) ordena y empuja lo no vivo hacia lo vivo, lo imperfecto hacia lo perfecto, mientras que ella misma está al final y es, a la vez, el propio movimiento. Así podríamos continuar con otros filósofos, desde Plotino, quien representa al mundo como unidad viviente animada, San Agustín, con su *nihilización* de la vida presentada como *mí* vida, Spinoza y Leibniz, para quienes somos una vida que se abre y se cierra en su plena irreductibilidad, Hegel y la aprensión lógica de la vida, las filosofías de la vida con Scheler o Schopenhauer, o la pregunta por el sentido de la vida; pasando por Nietzsche y la aprehensión artística de la vida, Kierkegaard y la hipostatización desfundamentada de la vida, y Heidegger y la interrupción del ser sobre la genealogía de la vida; hasta llegar a la posterior fase del retorno de la vida, que va desde el discurso humanista de la bioética al biopoder de Foucault, Negri, Agamben y Haraway, o la vida inmanente de Deleuze, con su filosofía que persigue construir una teoría de la multiplicidad inmanente, una ontología del ser unívoco o de la vida cuyos efectos sean los de la liberación, es decir, liberar a la vida de lo que la encierra.

Breve resumen extraído a partir de la obra: S. López-Petit (2003). *El infinito y la nada: el querer vivir como desafío*. Barcelona: Edicions Bellaterra.

En definitiva, debemos entender que hablar sobre la vida es hablar sobre las distintas narraciones por las que se ha ido definiendo la vida, dado que ésta sólo puede ser aprehendida en y desde una narración que nos dice lo que caracteriza a la propia vida: de este modo, la narración es la que otorga el sentido, la que funda una inteligibilidad, mientras abre un escenario desde el que se desarrolla la propia tarea de pensar y organizar la vida. Por todo ello:



The origin of species, original inglés de 1859

"es necesario tener presente en todo momento que la vida, como la naturaleza, no es una entidad enteramente independiente del hacer y el pensar humanos: más bien debemos tener en cuenta que cada contexto sociohistórico tiene su propia forma de concebir y encararse con la propia vida. Así, al confrontarnos con la ingeniería genética, necesitamos poner de manifiesto la específica particularidad de una vida biotecnologizada, y, en consecuencia, ser conscientes de que la vida ha sufrido un largo recorrido hasta verse reducida a un discurso en el que queda genitizada, reducida a los dictámenes del gen en el contexto de las biotecnologías y la ingeniería genética".

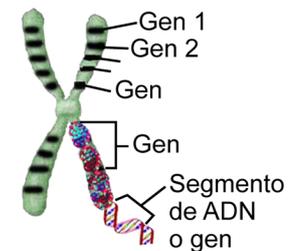
I. Mendiola (2006). *El jardín biotecnológico: Tecnociencia, transgénicos y biopolítica*. (pág. 79). Madrid: Libros de la catarata.

La progresiva genitización de la vida no es sino el resultado de una reducción de la vida a su mínima expresión, basada en la información genética, información que consecuentemente se halla disponible y sujeta a todo tipo de operaciones de ingeniería. Se prioriza el dato frente al contexto y al proceso de conformación de aquello que se presenta como dato. Y todo ello se hace desde la influencia clara de la teoría de la información, que se expande desde los años cincuenta, influenciando ampliamente el desarrollo de las tecnociencias emergentes, en las que la separación entre información y contexto, que dio lugar a la cibernética, sirvió como analogía a la hora de repensar la vida.

Génesis

Con la intención de expresar esa voluntad prometeica inscrita en la vida biotecnologizada, Eduardo Kac creó la instalación Genesis en 1999, en la que al entrar en el espacio expositivo podemos ver una bacteria en un disco de petri, en el que el artista ha incluido en el ADN frases del libro *Génesis* de la *Biblia*. Kac creó un gen sintético traduciendo una frase al código Morse, que después convirtió en parejas básicas de ADN, de acuerdo con un principio de conversión desarrollado por el artista para este trabajo. La importancia de Kac no radica en la creación del objeto artístico, sino en que su significado se desarrolla en la medida en que los visitantes participan e influyen en el desarrollo del *tempo* de mutación natural de la bacteria, transformando el cuerpo y el mensaje codificado en su interior.

Una vez que la relación entre información y contexto se rompe, y la reducción de la vida a información manipulable se instala en el seno de la ciencia, el siguiente paso es desarrollar las posibilidades de manipulación, transformación y modificación mediante el desarrollo de técnicas de ADN recombinante, con las que es posible aislar fragmentos de ADN, manipularlos alterando libremente su composición interna y, por último, ensamblar en otros organismos vivos los fragmentos previamente extraídos y manipulados en el laboratorio, con el fin de introducir una nueva información genética diseñada. De esta manera, la vida, en el contexto de la biología genética y las biotecnologías, queda reducida a una red de bases de datos. No obstante, en el contexto de la biología contemporánea podemos encontrar otras muchas aproximaciones a la vida, por ejemplo, desde la ecología, que parten de otros presupuestos que, aunque no podamos tratar aquí, emplazamos al lector a su posterior estudio.



Cromosoma

Cromosoma

Bibliografía

- Abbate, J.** (1999). *Inventing the Internet*. Cambridge: MIT Press.
- Amis, M.** (2005). *Los monstruos de Einstein*. Barcelona: Ediciones Minotauro.
- Barabási, A. L.** (2002). *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else*. Nueva York: Plume.
- Bertalanffy Von, L.** (1976). *Teoría General de los Sistemas*. México D. F.: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Boyer, C. B.** (1986). *Historia de la matemática*. Madrid: Alianza Editorial.
- Capra, F.** (1998). *La Trama de la Vida*. Barcelona: Anagrama.
- Capra, F.** (2003). *Las conexiones ocultas*. Barcelona: Anagrama.
- Castells, M.** (2001). *La Galaxia Internet: Reflexiones sobre Internet, empresa y sociedad*. Barcelona: Areté.
- Cohen, B.** (1989). *El nacimiento de una nueva Física*. Madrid: Alianza Universidad.
- Critical Art Ensemble** (2002). *The Molecular Invasion*. Nueva York: Autonomedia.
- De Peña, J.** (2003). *Historia de las Telecomunicaciones*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Delanda, M.** (2003). *Intensive Science and Virtual Philosophy*. Nueva York: Continuum.
- Druckrey, T.** (ed.) (2001). *Ars Electronica: Facing the Future: A Survey of Two Decades (Electronic Culture: History, Theory and Practice)*. Cambridge: MIT Press.
- Floridi, L.** (1999). *Philosophy and computing*. Oxford: Routledge.
- Foucault, M.** (1997). *Las palabras y las cosas*. Madrid: Siglo XXI.
- García, P.** (2002). *La Ciencia en tus manos*. Espasa Fórum: Madrid.
- Galloway, A. R.** (2004). *Protocol. How Control Exists after Decentralization*. Cambridge: MIT Press.
- Holton, G.** (1971). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Margulis, L.; Sagan, D.** (1995). *What is Life*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Mattelart, A.** (2002). *Historia de la sociedad de la información*. Barcelona: Paidós.
- Romeo, I.** (1990) *Evolución histórica de las Telecomunicaciones*. Madrid: Ed. Secretaría General de Comunicaciones.
- Shannon, C.; Weaver, W.** (1964). *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: The University of Illinois Press.
- Taniguchi, P. E.** (1985). *La historia de los ordenadores*. Barcelona: Editorial Universitaria de Barcelona.
- Thacker, E.** (2006). *The Global Genome: biotechnology, politics and culture*. Cambridge: MIT Press.
- Wiener, N.** (1998). *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*. Barcelona: Tusquets.

