

ENTRE LA QUÍMICA Y LA HISTORIA: LIBRE ALBEDRÍO Y DETERMINISMO¹

BETWEEN CHEMISTRY AND HISTORY: FREE WILL AND DETERMINISM

TITO URETA

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, tiureta@uchile.cl

RESUMEN

El problema del libre albedrío y el determinismo es antiquísimo y los filósofos han dedicado parte importante de sus esfuerzos a su resolución, sin mayor éxito. No es posible reseñar la apasionante historia de esta antinomia, excepto para decir que tiene una relación muy estrecha con la crucial interrogante acerca de la naturaleza del humano, ya que se considera, con buenos argumentos, que sólo el humano es capaz de discernir entre varios cursos de acción, de decidir acerca de las consecuencias valóricas de sus posibles acciones, de tomar decisiones de acuerdo a su futuro posible. La naturaleza del humano ha comenzado a estudiarse científicamente y los descubrimientos nos han mostrado facetas muy interesantes que debieran ser incluidas en la discusión. Hace algún tiempo tuve la ocasión de participar en un encuentro científico dedicado al problema del determinismo genético. En esa reunión mostré mi particular visión sobre el problema que quisiera ahora compartir con un público más general.

Palabras clave: Libre albedrío, determinismo genético, Darwin, genes, medio ambiente.

ABSTRACT

The problem of free will and determinism is very old and philosophers have dedicated an important part of their efforts to solve it, without being successful. It is not possible the passionate story of this antinomy except to tell that it has a very tight relationship with the crucial question about the nature of the human being, because it considers with very good arguments that only human beings are capable of deciding. For instance about what different courses of action to take, about the behavior consequences of their possible actions and of making decisions about their future. The nature of the human being has started being studied scientifically and the findings have shown very interesting aspects that should be included in this discussion. Not long ago I had the opportunity to participate in a scientific seminar about genetic determinism. In that occasion I showed my particular vision about the problem that now I would like to share with more people.

Keywords: Free will, genetic determinism, Darwin, genes, environment.

Recibido: 25.02.09. Revisado: 20.03.09. Aceptado: 16.05.09.

¹ Basada en la conferencia "Straddled between Chemistry and History: Genotypes and the Shared History of Phenotypes", presentada en la reunión sobre Determinismo Genético en Pelling, Sikkim, India. 3 al 7 de diciembre, 2003.

GENOMAS

Muchos años de investigación nos dicen que las características que distinguen a los organismos se transmiten por medio de genes. Se ha demostrado que un gen es esencialmente un compuesto químico llamado ácido desoxirribonucleico o DNA cuya estructura en doble hélice indica con claridad el mecanismo mediante el cual un gen codifica las instrucciones precisas para la construcción de componentes de un organismo: las especificaciones estructurales, las instrucciones para el momento en que esas estructuras deben sintetizarse, los sistemas de detección y corrección de errores, el cómo y cuándo esas estructuras deben destruirse y, sobre todo, las instrucciones precisas para producir copias operativas de todo el conjunto de instrucciones al que llamamos genoma. Cada especie tiene su propio genoma que difiere del de otras especies por su tamaño y por el orden o secuencia de las bases nucleotídicas que lo componen. El Proyecto Genoma Humano logró el conocimiento exacto del orden de las 3 mil millones de bases que componen el genoma del hombre; en buenas cuentas la fórmula química de cada uno de los 25.000 genes que especifican a un humano (International Human Genome Sequencing Consortium, 2001; Venter *et al.*, 2001). Un porcentaje alto de esos genes ha sido anotado, esto es, se sabe que función específica cumple en la economía del organismo y, en muchos casos, se sabe cuál cambio químico perturba esa función y, por lo tanto, la enfermedad resultante.

Los organismos vivos pueden, entonces, considerarse como máquinas moleculares especificadas por moléculas de DNA, las que no sólo comandan la construcción del organismo sino que, además, son copiadas fielmente para asegurar que la generación siguiente contenga toda la información necesaria para perpetuar la especie. Un pequeño paso nos lleva a afirmar que esas máquinas,

como toda máquina, no puede ser sino determinística. Así, sólo queda aceptar que la molécula de DNA es, de hecho, la naturaleza, la esencia misma de cada ser vivo. Esta conclusión, sin embargo, sólo parece ser aceptable si se la aplica a la biósfera pero con exclusión taxativa del humano. *El hombre es diferente a todos los otros seres vivos*².

ANIMALES ANGELICALES

Esa extraña dualidad pervade nuestra visión acerca de la naturaleza humana. Aceptamos, por supuesto, que necesitamos de conductas vegetativas como la respiración, comer, defecar, orinar y reproducirnos con la misma dedicación que cualquier otro primate o mamífero. Pero también sabemos que somos vastamente diferentes porque además tenemos conductas exclusivamente nuestras (Deacon, 1997) y a las que llamaré las conductas angelicales del humano³. Tenemos sentido de futuro, conciencia, lenguaje, e inventamos mitos para que nuestra existencia tenga sentido trascendente. Esas características, creemos, no pueden estar especificadas en compuestos químicos. No somos, no podemos ser, las marionetas de nuestros genes que dictan todo lo que hacemos y lo que haremos. Tenemos la facultad del libre

² La frase en *cursivas* equivale a decir que hay un salto evolutiva en la línea Homininae que debe haberse producido hace 400-200 mil años, pero sin especificar cuál es la discontinuidad. Sugiero que la discontinuidad es simultánea con la aparición del pensamiento simbólico (conciencia, lenguaje, sentido estético, altruismo, matemáticas, distinciones valóricas). Específicamente queda afuera la bipedalidad y el aumento del tamaño cerebral.

³ En la discusión posterior a mi charla se produjo un interesante intercambio (que continuó informalmente en los días siguientes) acerca del adjetivo '*angelical*'. Mis colegas indios me señalaron que los ángeles (en el sentido de mensajeros entre dioses y humanos) no existen en las religiones de la India. Tampoco existen en mi pensamiento y más bien se refieren a la famosa pregunta de Disraeli: *Is man an ape or an angel?*, pregunta que quizás contiene el concepto de discontinuidad evolutiva.

albedrío que nos permite, en cada momento, hacer lo que se nos antoja y dirigir nuestro futuro como nos parezca. Todo el funcionamiento de nuestra sociedad se basa en esas premisas.

Sabemos que las características animales del humano son explicables por la Teoría de la Evolución que nos detalla cómo el *Homo sapiens* pudo emerger de entre los antropoides africanos. Pero, ¿qué pasa con los caracteres angelicales? El pensar nos parece una novedad evolutiva exclusivamente humana. Sin embargo, nos damos cuenta que no sabemos en qué consiste nuestro pensamiento. También usamos conceptos muy mal definidos como el de inteligencia, que cuantificamos sin haberla siquiera definido. Tampoco sabemos qué es la conciencia, porque, aunque podamos conocer *nuestra* conciencia, no podemos compartir ese conocimiento con otros humanos porque la subjetividad de nuestra conciencia impide su estudio racional. No obstante, propondré más adelante que *todas* las conductas angelicales son productos de máquinas moleculares/celulares.

LAS FUNCIONES CEREBRALES

Según Cabanis, el cerebro secreta pensamiento así como el hígado secreta bilis⁴. Se conocen con mucho detalle los mecanismos fisiológicos y moleculares que permiten la secreción de bilis. No es el caso del cerebro, ya que no se conoce la secreción ni los procesos que la producen. Sin embargo, es posible hoy, al comenzar el siglo 21, percibir contornos borrosos de algunos procesos que pueden ser importantes para estudiar la secreción cerebral. Resumen: las modernas téc-

⁴ Muchos autores del siglo 19 usaron esta célebre frase. En algunos casos se agrega: “*y como el riñón secreta orina*”. Oliver Sacks (1995) adjudica la proposición al gran fisiólogo Pierre Flourens.

nicas de imagenología muestran que el cerebro debe considerarse como una confederación de órganos especializados pero muy conectados entre sí. Ya se conocen con gran detalle las zonas cerebrales que comandan la sensibilidad y motilidad de los tejidos periféricos. También aquellas relacionadas con la producción y comprensión del lenguaje (las áreas de Broca y de Wernicke). Se ha logrado identificar en la zona inferior del lóbulo parietal izquierdo una región cuyo daño impide procesar números y la capacidad de hacer cálculos aún modestos. La pérdida de la aritmética es selectiva porque los exámenes muestran absoluta normalidad en tareas que no impliquen números. Otros casos de discalculia precoz han sido estudiados con las técnicas de imagenología y han confirmado la localización del daño (Butterworth, 1999). Por otra parte, la electroforesis bidimensional de proteínas y los microarreglos han permitido la identificación de algunas proteínas que sólo se expresan en el cerebro y unas pocas que parecen ser únicas del humano (Enard *et al.*, 2002). Hay aproximadamente 1.300 genes que sólo se expresan en el cerebro, pero no se sabe si la expresión es global o restringida a algunos grupos celulares.

EL LENGUAJE

Las visiones holísticas consideran que el lenguaje es el resultado de muchas interacciones entre neuronas. Pero se sabe que hay lateralización muy marcada del lenguaje aunque no sea estricta y se acompañe de zonas como el área de Wernicke y con partes del hemisferio cerebral derecho. Kim y su grupo (Kim, Relkin, Lee & Hirsch, 1997) usaron la técnica de resonancia nuclear magnética que permite estudiar zonas cerebrales que se activan cuando se realizan tareas específicas. En los experimentos participaron humanos (bilingües tardíos) que habían apren-

dido un segundo idioma cuando adultos jóvenes o que habían adquirido simultáneamente dos lenguajes cuando niños (bilingües precoces). A los voluntarios se les solicitaba tareas de lenguaje silencioso mientras se les hacía barridos de resonancia magnética nuclear. En bilingües tardíos se observan dos centros adyacentes de actividad, pero claramente separados por ~7,9 mm, en el área de Broca. En bilingües precoces se observa sólo un centro de actividad.

Por lo tanto, el aprendizaje de dos idiomas cuando niño utiliza un área discreta común para ambos. En cambio, la adquisición más tarde en la vida, de un segundo idioma no utiliza la misma región primaria y debe recurrirse a una zona cercana. Esos experimentos podrían repetirse con técnicas más sofisticadas que podrían localizar el lugar de almacenamiento de los diccionarios moleculares en las áreas que ya conocemos como importantes para el lenguaje. En la mejor tradición reduccionista deberemos avanzar paso a paso: primero encontrar el o los diccionarios; luego, estudiar su estructura molecular y proseguir con la asociación de los diccionarios y la memoria, la asignación de prosodia, y así sucesivamente.

Algunos humanos nacen con defectos de palabra y lenguaje y posteriormente tienen grandes dificultades para adquirir lenguaje expresivo o receptivo. En esos casos parece haber un componente genético significativo. Hurst *et al.* (1990) estudiaron tres generaciones de una familia (KE) en que un grave defecto de palabra y lenguaje se transmite como rasgo monogénico autosómico-dominante. Investigaciones posteriores han logrado localizar el sitio genético responsable, *SPCH1*, en el cromosoma 7 (Fisher *et al.*, 1998). Otro individuo no relacionado con la familia KE, un niño de 5 años, CS, muestra una condición similar y el estudio revela que el defecto se asocia con una translocación de un segmento grande de genoma desde el cromosoma 7 al cromosoma 5 (Lai *et*

al., 2000). La translocación afecta al gen *FOXP2* (Lai *et al.*, 2001) y por ello se propone que *FOXP2* es un gen implicado en la palabra y el lenguaje.

Incluyo unas breves líneas para decir que, con las técnicas modernas de imagenología, se estudian las áreas del cerebro que se activan en sujetos entrenados en escuchar música. Algunos resultados son interesantísimos porque demuestran que el procesamiento musical ocurre en varias áreas, particularmente en el gyrus temporal superior de ambos hemisferios. Además, que la música depende de circuitos cerebrales específicos que pueden disociarse del procesamiento de otras clases de sonidos. Estos hallazgos (véase la breve nota de Zatorre y Krumhansi (2002) confirman la sospecha de localizaciones específicas obtenidas en individuos afectados de amusia (absoluta incapacidad de reconocer melodías).

EL AMOR MATERNAL

He relatado antes (Ureta, 1996) un experimento de Brown y sus colaboradores (Brown *et al.*, 1996), quienes identificaron un gen de ratón que afecta el cuidado materno de la prole. La técnica utilizada se conoce como “knock out” que inactiva un gen específico. La ausencia de *fosB* altera la conducta responsable del cuidado materno de las crías con la muerte consiguiente de las crías abandonadas. El gen *fosB* humano tiene una secuencia muy parecida a la del ratón. Aunque experimentos similares no pueden por razones éticas hacerse en humanos para acreditar que el gen *fosB* funciona como en ratones⁵, la observación es relevante para entender la determinación genética de las conductas, no sólo las vegetativas, sino también las angelicales, como el amor maternal, el

⁵ Pero es suficiente leer, de vez en cuando, diarios y revistas.

altruismo, el sentido estético, etc. Si *fosB* actúa en humanos como en ratones, la sociedad se enfrenta a problemas graves. Así, una madre que abandona a su hijo recién nacido podría argumentar que su gen *fosB* no funciona normalmente. De aceptar esa explicación, la sociedad queda indefensa frente a muchas conductas anómalas (asesinato, violación), en tanto se identifique el gen o genes responsables de esas conductas. La ciencia jurídica deberá estudiar estos problemas y encontrar maneras de defenderse de conductas anómalas con base genética que amenacen al contrato social.

LA INTERACCIÓN ENTRE GENES, ORGANISMOS Y EL MEDIO AMBIENTE

Se dice que los organismos reaccionan y aprenden gracias a estímulos del medio ambiente y, por lo tanto, un humano es el producto tanto de sus genes como del ambiente que lo rodea. Es cierto que el ambiente modela a cada organismo y que un organismo necesita del ambiente. El ejemplo más claro es el de la alimentación. Sin medio ambiente, es decir sin alimento, es imposible que los seres vivos (excepto los autotrofos) puedan obtener la energía que requieren para sus muchas funciones. Sin embargo, los resultados de investigaciones actuales nos dicen que las interacciones con el medio ambiente sólo se producen mediante la expresión de genes específicos. Por ejemplo, nos alimentamos, digamos, de glucosa y el azúcar sólo puede entrar a las células gracias a su interacción con proteínas específicas de la membrana celular llamadas proteínas transportadoras (se conocen varias llamadas GLUT1, GLUT2, etc.). Como resultado de esa interacción se producen señales químicas que estimulan la producción de insulina, una hormona proteína específica que mediante mecanismos que no des-

cribiré, permite la utilización de la glucosa y su conversión en energía. Otro ejemplo es el de la visión. Los rayos luminosos impactan células de la retina, las que, mediante algunas proteínas llamadas rodopsinas, provocan señales que en último término se convierten en potenciales eléctricos que viajan por el nervio óptico hasta llegar a células específicas de la corteza cerebral occipital donde son descodificadas para generar nuestra visión interior de lo que está allí afuera. Es necesario recordar que el ambiente produce millones de señales de todo tipo. Pero los organismos responden sólo a algunas de esas señales primarias. Por ejemplo, el espectro luminoso nos llega a todos en toda su amplitud pero sólo percibimos la parte que llamamos el espectro luminoso visible. Para el resto del espectro no tenemos los genes y, por lo tanto, tampoco las proteínas apropiadas. Ese espectro es invisible para el humano, pero no para otros animales que tienen los genes y las proteínas que les permiten ver en esa zona desconocida para los humanos. Hay muchos compuestos químicos que podrían ser alimento pero para los cuales nuestro repertorio de genes, y por lo tanto de proteínas, no permite su uso como fuente de energía. Por lo tanto, si bien existe interacción con el medio ambiente esa interacción se reduce sólo a lo que el genoma permite.

La transferencia de información desde el ambiente a los genes ocurre en dos etapas. La primera incluye a los llamados primeros mensajeros (luz, sonido, etc.) y se la conoce como *Transducción de Señales*. La segunda etapa incluye la interacción entre los segundos mensajeros y los genes. Se la llama *Integración de Señales*. Los primeros mensajeros no interactúan con los genes (con la excepción de algunas hormonas esteroidales). Lo que llega a los genes es sólo el resultado final de un mecanismo muy complejo. Las señales externas no tienen efecto instructivo sobre los organismos (Barbieri, 2003).

EL PAPEL DE LA HISTORIA

Hay neurogenes que codifican proteínas capaces de producir potenciales eléctricos o sintetizar moléculas de transmisión sináptica, o establecer conexiones interneuronales. Pero además deben existir neurogenes angelicales que codifican proteínas o ácidos nucleicos que participan en procesos responsables de la memoria, los diccionarios moleculares, la pasión, la alegría u otras funciones igualmente angelicales. Aunque estamos lejos de siquiera imaginar las redes moleculares que producen y secretan pensamiento, la idea de genes neuroangelicales responsables de recordar lo vivido y lo soñado, es fascinante *per se* y por su valor heurístico.

Lo dicho hasta ahora muestra una visión estrictamente determinística acerca de los seres vivos. En buenas cuentas, todos los organismos somos máquinas moleculares especificadas por los genomas y, si bien las conductas se relacionan con el medio ambiente, esa interacción es también especificada por los genomas. Tal especificación toma la forma de programas que son transmitidos de generación en generación. Las conductas *aprendidas* por un organismo particular no son heredables. Cada generación debe recuperarlas.

Todas las conductas (angelicales y vegetativas) sólo ocurren si tienen una base molecular, genética y fisiológica que las haga posibles. El ambiente y el aprendizaje están severamente constreñidos por nuestra naturaleza, lo que equivale a decir que el genoma pone límites a lo que el humano puede hacer. Se ha dicho que el hombre no puede ir más allá de su biología. No poseemos los genes que les permiten a algunos organismos volar, ni las opsinas que a otros les permiten ver en el rango ultravioleta, ni tenemos artilugios moleculares que permitan movilizarse gracias al sonar como lo hacen los murciélagos y los delfines, o magnetosomas como algunas bacterias.

Sin embargo podemos volar en máquinas especialmente diseñadas para ese efecto y podemos ver en el rango ultravioleta gracias a espectrofotómetros, etc. ¿Cómo es eso posible? Mi proposición (quizás nada de original) es que el último paso evolutivo en la hominización, la aparición del lenguaje, es el instrumento que nos sirve para ir más allá de lo que la biología nos permite. En efecto, con el lenguaje podemos compartir nuestra historia mediante la actividad de genes angelicales que permiten recordar todo lo vivido y todo lo soñado. La secreción cerebral es la memoria de la historia de cada humano que, cuando es recuperada, verbalizada y compartida con otros humanos, escapa de sus sustratos celulares y moleculares y puede ser descodificada por los conjuntos neuronales apropiados de otros humanos. Por ello, la cultura es la sumatoria de las historias individuales compartidas por todos los humanos, actuales o difuntos (gracias a la invención de la escritura). Todos somos diferentes porque nuestro repertorio genético es particular e irreplicable (excepto en gemelos univitelinos y, en el futuro cercano, por humanos clonados). Después de nacer adquirimos experiencias particulares que nos diferencian de todos los otros seres humanos, pero que podemos compartir a través de la palabra hablada o escrita. El conjunto de todas las historias compartidas, la cultura, nos ha permitido abandonar la recolección y la caza, crear ciudades, volar hasta otros cuerpos celestes, crear a un caballero de triste figura, compartir la igualdad, libertad y fraternidad, musitar veinte poemas de amor e imaginar mundos que nuestro sistema nervioso no puede ver.

No es la interacción con el medio ambiente y su supuesto predominio sobre nuestro genoma lo que nos permite a cada humano ser únicos y decidir con libertad acerca de las consecuencias de nuestras acciones. Propongo que la capacidad simbólica del lenguaje es lo que nos ha convertido en

máquinas semánticas capaces de verbalizar la secreción de pensamiento, descodificarla y compartirla con otros humanos y así crear esa invención suprema del humano: la cultura. Cada máquina semántica desarrolla una historia particular que no es sólo su propia historia, sino la historia compartida de toda la humanidad. Así, la inmensa proposición de Ortega y Gasset '*yo soy yo y mis circunstancias*' (Ortega y Gasset, 1914) puede ahora ser rephraseada en términos moleculares: *Yo soy mi genoma y la historia de mi fenotipo*.

No sé si tengo libre albedrío o soy una mera máquina molecular determinística. Como dijo Isaacs Bashevits Singer, *tenemos que creer en el libre albedrío; ¡no hay opción!*

REFERENCIAS

- BARBIERI M (2003) *The Organic Codes. An Introduction to Semantic Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- BROWN JR, YE H, BRONSON RT, DIKES P & GREENBERG ME (1996) A defect in nurturing in mice lacking the immediate early gene fosB. *Cell* 86, 297-309.
- BUTTERWORTH B (1999) *The Mathematical Brain*. Macmillan. Citado por Dehaene S (1999) Counting on our brains. *Nature* 401, 114.
- DEACON TW (1997) *The Symbolic Species: the Co-evolution of Language and the Brain*. WW Norton, New York.
- ENARD W, KHAITOVICH P, KLOSE J, ZÖLLNER S, HEISSIG F, GIAVALISCO P, NIESELT-STRUWE K, MUCHMORE E, VARKI A, RAVID R, DOXIADIS GM, BONTROP RE & PÄÄBO S (2002) Intra- and interspecific variation in primate gene expression patterns. *Science* 296, 340-343.
- FISHER SE, VARGHA-KHADEM F, WATKINS KE, MONACO AP & PEMBREY ME (1998) Localization of a gene implicated in a severe speech and language disorder. *Nature Genet* 18, 168-170.
- HURST JA, BARAITSER M, AUGER E, GRAHAM F & NORELL S (1990) An extended family with a dominantly inherited speech disorder. *Dev Med Child Neurol* 32, 347-355.
- INTERNATIONAL HUMAN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM (2001) Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature* 409, 860-921.
- KIM KHS, RELKIN NR, LEE K-M & HIRSCH J (1997) Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature* 388, 171-174.
- LAI CSL, FISHER SE, HURST JA, LEVY ER, HODGSON S, FOX M, JEREMIAH S, POVEY S, JAMISON DC, GREEN ED, VARGHA-KHADEM F & MONACO AP (2000) The SPCH1 region on human 7q31: genomic characterization of the critical interval and localization of translocations associated with speech and language disorder. *Am J Human Genet* 67, 357-368.
- LAI CSL, FISHER SE, HURST JA, VARGHA-KHADEM F & MONACO AP (2001) A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature* 413, 519-523.
- ORTEGA Y GASSET J (1914) *Meditaciones del Quijote*. Calpe, Madrid.
- SACKS O (1995) *An Anthropologist on Mars. Seven Paradoxical Tales*. Vintage Books, New York. p. 61.
- URETA T (1996) *Genética y contrato social*. El Mercurio, Artes y Letras E3, 27 de octubre.
- VENTER JC, ADAMS MD, MYERS EW & 272 autores adicionales (2001) The sequence of the human genome. *Science* 291, 1304-1351.
- ZATORRE RJ & KRUMHANSI CL (2002) Mental models and musical minds. *Science* 298, 2138-2139.