

EVOLUCIÓN O CREACIÓN, GENOMAS Y CLONACIÓN

Emilio Yunis*

El texto –siguiendo el proceso histórico-científico–, muestra la importancia de los estudios referidos a la creación y evolución, tanto del genoma humano como de la clonación, los temores que se generaron alrededor de los avances propuestos por la Ingeniería genética y sus implicaciones político-éticas.

This text –following a historical-scientific process– describes the importance of studies centered on creation and evolution, those done on the human genome as well as those on cloning, and the fears that were generated around these scientific advances of Genetic Engineering as well as its political and ethical implications.

* Médico genetista de la Universidad de Antioquia. Estuvo vinculado a la Universidad Nacional de Colombia hasta 1997, donde creó el Instituto de Genética. Autor de numerosas publicaciones internacionales especializadas en citogenética, genética clínica y de poblaciones, inmunogenética molecular, estructura genética de la población colombiana y genética forense entre otras.

Hablar del genoma humano, de su importancia y de sus posibilidades, lleva, por necesidad, a discutir también las otras tecnologías disponibles, en especial el ADN recombinante y la clonación.

Eric Hobsbawm introdujo en la *Historia del siglo XX* la noción del siglo corto. El siglo XX comenzó en forma tardía con la Primera Guerra Mundial y finalizó en forma prematura con la disolución de la Unión Soviética. Esta visión del “siglo corto” ha hecho carrera; Hobsbawm la reivindica en su último libro publicado con el sugestivo nombre de *Conversaciones con Eric Hobsbawm sobre el siglo XXI*.

Formulaciones diversas se presentaron con relación a 1914 y a la Gran Guerra, casi todas después de la Segunda Guerra Mundial, que con gran ironía hizo que se recapacitara a propósito del devastador episodio que se inició en Sarajevo. La destrucción producida en esa guerra, la crueldad de la misma, el número de vidas arrasadas, el hambre que padecieron millones de personas, la redistribución del mundo impuesta entonces, y la conciencia de que el género humano podía verse impulsado hacia un desastre mayor, aniquilador, marcaron el gran viraje de nuestro tiempo. Para algunos, el mundo como se conocía entonces terminó, para otros la modernidad acusó en ese momento un gran impacto. Hiroshima es un punto intermedio, por lo menos con una doble connotación: de una parte, hasta dónde puede llegar el poder de destrucción que pone en riesgo la supervivencia de la misma especie, y de otra, interroga acerca de la responsabilidad del hombre de ciencia, cuáles son sus límites, cuál es la frontera de su búsqueda, preguntas que cobrarían la mayor expresión con el estallido de la Ingeniería Genética, por el mundo que abre, por los temores que despierta, y por el inmenso poder que sitúa en manos de los hombres, para bien o para mal. Con la Ingeniería Genética la responsabilidad del hombre de ciencia se cuestiona y se demanda, es tal el poder a disposición, que son los científicos mismos los que propugnan por la existencia de comités que se encarguen de regir su práctica científica, son ellos mismos los que después de famosas *moratorias*, reclaman la reglamentación de su actividad, en especial después de que se hizo realidad la “manipulación genética”, la manipulación de la vida.

El mundo tomó conciencia de muchas cosas después de la Primera Guerra Mundial, de las guerras en primer lugar, de los poderes económicos en juego, de las relacio-

nes de poder en cabeza de las grandes potencias que iniciaron la distribución del mundo a su antojo, del nacimiento en firme de lo que desde entonces se llamará la geopolítica, del equilibrio que se estableció con el mundo bipolar, que llegó a su fin con la disolución de la Unión Soviética, hace diez años, lo que marca, en la visión que contemplamos, la de Eric Hobsbawm, el final del siglo XX, y del siglo corto.

Es indudable que la visión de Hobsbawm es de orden sociológico con énfasis en lo político y económico, en general los aspectos a los cuales se refiere y analiza un historiador, para el caso el más importante vivo del siglo XX. A pesar de destinar un buen número de páginas de la *Historia del siglo XX* al tema de la ciencia, la mirada a los desarrollos de la “nueva genética” no lleva a mostrarla con todos los alcances subversivos que tiene, ni en la dimensión de cambiar, en profundidad las relaciones entre los hombres. Por el contrario, esa es la visión del libro *Evolución o creación, genomas y clonación* y esa la razón para sugerir que el siglo XXI se inició en la década del 80 con el descubrimiento y la patente del ADN recombinante, con el que obtenía mayor fuerza la Biología molecular, cuyo surgimiento fue fundamental para el desarrollo y crecimiento de la nueva genética, y para la confirmación última de la Teoría de la Evolución. A partir del ADN recombinante la visión del mundo es otra, por las realidades y posibilidades que anuncia, por el desvelamiento de los secretos que proclama, por la promesa de volver público todo lo que hasta entonces era oculto, y por la enajenación que encierran las patentes de la vida, que empiezan un recorrido presuroso, nuevo, desafiante y desigualador como el que más.

Después de cien años, uno de los sueños de la Genética está a su alcance, cómo dominar y dirigir los códigos genéticos. Como se sabe, Gregorio Mendel creó la Genética, fundamentó sus elementos básicos, predijo la existencia de los cromosomas, estableció que los caracteres heredables se reciben por mitad de los progenitores, que los fenotipos, que son apariencia o manifestación, dependían de los genotipos, a los que después se llamarían genes y alelos; por ello puede decirse que estableció, sin que se tuviera evidencia de ello, la reducción del aporte genético en los gametos, y la base cromosómica de la herencia. Podría ser justo llamarlo el nuevo Descubridor, es un Mundo Nuevo el que surge de sus trabajos.

En los albores del siglo pasado, y después del redescubrimiento de Mendel, Thomas Hunt Morgan con sus discípulos Calvin Bridges, Henry Sturtevant y Hermann Muller, reunidos en el famoso “cuarto de las moscas”, logran el mayor estallido en producción científica, la más espectacular proliferación de investigaciones, la fundamentación de la nueva ciencia que, ya con una base física, podía mirar el porvenir. Lo sorprendente es que esto se logró con el método científico aplicado en un laboratorio dotado en forma elemental: frascos con medio de cultivo llenos de *D. melanogaster*, lupas para analizar sus elementos estructurales, conteo analítico y estadístico de los fenotipos que se observaban después de cada cruce y, lo más importante, mucha discusión libre, y buena fe, con un espíritu altruista en donde la reserva no tenía lugar, donde primaba la convicción de la creación y un amor desbordante por lo que se hacía. Más de tres décadas dura este afán creativo, de lo que la historia da cuenta con adquisiciones como: la distribución lineal de los genes en los cromosomas; la distancia relativa entre los genes, lo que facilita la recombinación genética; la herencia de los genes ligados al cromosoma X, la mutagénesis experimental, los mapas genéticos de la *Drosophila melanogaster*, aún vigentes, y un par de premios Nobel.

Para la década del 40 todos los elementos que constituyen la mecánica de la herencia estaban dados, también la temática de estudiar los genes por el fenotipo, por sus manifestaciones y, quizás, uno por uno, lo que hace parte del “reduccionismo” en Biología. No podía ser de otra manera, entonces. Después de pasar por las unidades de recombinación y las de mutación, en las definiciones del gen, propias de las investigaciones en el “cuarto de las moscas”, se llegó a la formulación, “un genotipo un fenotipo”, “un gen una enzima”.

Todo esto se logró cuando sólo se sospechaba que el ADN era la molécula de la herencia, cuando la doble hélice no se había demostrado; incluso el primer experimento de transgenicidad, con la transformación de una colonia de bacterias poco virulentas mediante el ADN de otras virulentas, fue tan grandioso que reafirmó que esa era la molécula de la herencia, y nos habló de híbridos de ADN cuando nadie osaba hablar así.

Cuando se describe la doble hélice se abren las puertas para la gran transformación, para los grandes acontecimientos, establecer el código genético, descifrarlo, y

formular uno el dogma central de la Biología: ADN - ARNm - síntesis de proteínas.

Descifrado el código genético, conocidas todas las palabras que se forman a partir del abecedario de cuatro letras, cuáles son sus equivalencias, la mirada la vuelven rápido los investigadores a la cinta de ADN como tal y al “empalme” de los genes, lo que se logra y saluda como un éxito espectacular que abre la vía a diferentes procesos, entre otros la posibilidad de producir moléculas para el hombre, derivadas de sus propios genes, y no extraídas, de otros animales. Se habla ya de insulina recombinante, hormona de crecimiento recombinante, interferón recombinante... Se dijo que la vida cambió a partir del primer experimento dirigido de ADN recombinante, que se volvió la primera patente, la más polémica, seguida en 1980 de aquella concedida a una bacteria, y que de ahí en adelante harán que la vida académica y la investigación científica, en Biología por lo menos, sea una historia de patentes. En los albores de la historia del genoma humano se llegó incluso a la solicitud masiva de patentes para segmentos de ADN de función desconocida, lo que llevó a la formulación célebre de Watson, quien dijo: “Ahora cualquier estúpido puede solicitar patentes”.

En efecto, después de otorgada la primera patente al primer experimento que hizo realidad la manipulación genética, y después de volver realidad la obtención de regalías por una bacteria, el mundo académico y el económico ven multiplicarse las patentes sobre todos los procesos biológicos imaginables. Para otorgar patentes a los procesos biológicos se inventaron una distinción: lo que está en la naturaleza se descubre, lo que se extrae de ella y se presenta, se inventa; por lo tanto, se puede patentar. Así es posible decir que el ADN en su “estado natural” es de todos, extraído y representado tiene un dueño particular.

El ADN recombinante, la técnica maestra, rompe la barrera entre especies y reinos, desdibuja las fronteras de lo animal, vegetal y mineral, los genes de las anguilas, del salmón, de la papa y del humano, se transfieren, pasan de unos a otros por la sencilla razón de que todo lo que vive comparte esa molécula; lo transgénico se vuelve cotidiano, para muchos se anuncian peligros enormes, todo en medio del mayor boom económico de la historia, y de un mar de regalías que encierra la gran paradoja de nuestro tiempo: no somos dueños ni de nues-

tros propios genes. También se opera otra ruptura, de un interés trascendental, la Biología molecular y el ADN recombinante superan barreras entre las profesiones, ahora es posible y usual que en las reuniones científicas compartan tribuna y asiento investigadores sobre un gen del erizo de mar, y un gen de cáncer, y concuerden en que estén hablando de un mismo segmento de la molécula de ADN, con funciones similares o diferentes, porque, además, eso ocurre en la evolución: nuevos genes surgen a partir de viejos, genes viejos se readecuan para funciones nuevas, genes que en una o unas especies cumplen una función se readaptan para cumplir otra en una especie diferente; todo eso hace parte del bricolaje de la evolución, definido así con acierto por Francois Jacob, lo que en lenguaje común equivale a decir que una rueda cumple esa función hoy y mañana la podemos convertir en la cubierta de una mesa.

El ADN recombinante rompió lo que hasta entonces era uno de los grandes dogmas de la biología: las barreras entre especies eran claras, definidas, insobrepasables y mostró, además, que a partir de un elemento común, la estructura de doble cadena de ADN, ésta se podía abrir e insertarle un pedazo foráneo de otra cinta de ADN, luego hacer que el híbrido se pudiera copiar y leer casi en forma indefinida. Los procesos industriales que surgieron, cuando segmentos del ADN humano se insertaron en bacterias multiplicadas en fermentadores similares a los de la industria cervecera, abrieron para el mundo económico avenidas colosales.

Mucho se ha escrito sobre la vida de Charles Darwin. Es mejor decir que el creador de “El Origen de las especies”, y de la Teoría de la Evolución con base en la Selección Natural, nos reveló todos los detalles sobre su vida y obra. Después del viaje en el Beagle, vivió en forma ininterrumpida en la casa de Down, hasta su muerte a los setenta y tres años, tuvo diez hijos, se reveló como un padre amantísimo, recibía a sus amistades, en especial a los más íntimos, Hooker y Huxley, atendía una enorme fenomenal correspondencia, científica y personal, editada en cinco volúmenes, escribía la obra colosal de la que es autor, adelantó gran número de investigaciones originales y rigurosas, y nos legó, además, su autobiografía. Tanto a su obra como a su vida muchos han consagrado páginas, entre ellos los neodarwinistas Fisher, Dobzhanski y Julian Huxley; los premios Nobel, Francois Jacob y Jacques Monod, y sobre todo, Ernst Mayr y Stephen Jay Gould.

Su teoría es la más importante jamás creada en la Biología. Originó, y aún lo hace, innumerables debates y controversias, malentendidos y vituperios. Quizás no ha habido nadie tan maltratado como Darwin por los “poseedores de la verdad de su tiempo”.

La Teoría de la Evolución trata en última instancia de establecer y demostrar cómo se modifican las especies, cómo se establecen cambios en ellas, es decir, parte de aceptar la no constancia de las especies. Antes de Darwin, la independencia de cada una era la norma, se trataba de una creación individual. Además, desde Aristóteles hasta Lamarck, existía una orientación teleológica hacia la perfección. El indeterminismo darwinista rompe en forma radical con todo esto, el azar y la contingencia reinan, el fin último deja de existir, las causas primeras se abandonan, el destino y la predestinación no tienen cabida.

La evolución, de acuerdo con la teoría de Darwin desarrollada por sus continuadores, preserva la variabilidad genética, la que ocurre sin ninguna dirección, a las mutaciones no las guía ningún valor funcional o adaptativo, no hay fuerza interna que guíe el curso de la evolución. Éste es un primer paso, seguido por la Selección propiamente, sobreviven los más aptos, los mejor adaptados.

La variabilidad genética lleva a que los organismos vivientes posean en forma casual un programa genético, que ahora llamamos genoma, y que por supuesto era desconocido por el gran naturalista, lo mismo que todo lo que concernía a la Genética. Ni siquiera se enteró de la existencia de Mendel a pesar de haber vivido en una misma época. Ese principio de la casualidad entra en contradicción con la posibilidad de clonación de los seres humanos, porque con la copia genética se acaba con la variabilidad y con el principio de la casualidad, se impone una dotación genética a la que se le da carácter de esencia, de especial, predeterminada. Recordemos que no hay nada más casual que la existencia de cada uno de nosotros, afortunados entre millones de probabilidades. Lo casual niega el destino y la predestinación. Con su obra, Charles Darwin señaló el camino para las explicaciones científicas de los fenómenos naturales, de manera que, en su pensamiento, no hay lugar para lo sobrenatural.

La variabilidad genética, la diversidad de formas, los diferentes patrones existentes en la naturaleza, todo esto

establece una ruptura con el mundo de la física. Darwin rechaza de plano el determinismo, cualquiera sea la forma como se presente, le es imposible predecir el futuro, y acepta el azar, el chance, la contingencia. Para los físicos, desde Laplace, el futuro se puede predecir ad infinitum, tanto más cuanto que, de partida, el azar se excluye. “Dios no juega a los dados” es una frase de Einstein, tantas veces recordada.

Uno de los mayores alcances de la teoría de la evolución, sobre el que poco se ha insistido, es su rechazo a las tipologías y a las esencias, que tanto papel han jugado en el pensamiento de Occidente, desde los filósofos griegos, por lo menos el sector más amplio, que hicieron énfasis en la no variabilidad, la estabilidad, las tipologías, el esencialismo; las clases se forman por un número limitado de tipos naturales, esencias o tipos, y sus miembros son constantes, idénticos, separados en forma nítida de las otras esencias. Perduró tanto esa noción que aún después de Darwin se definían los tipos criminales por esencias, las idiocias también, hasta llegar a las razas. En la vida cotidiana se llega al extremo de decir que no se diferencia un oriental de otro por su fenotipo. Si hay alguna variación, es accidental, no es la norma. Los tipos humanos se definen por cualidades que son únicas, blancos, negros, caucásicos, africanos, la diferencia siempre es discontinua, conspicua, esencial, no se concibe algo intermedio ni gradual. Este tipo de pensamiento lleva al racismo, y como derivado de este al darwinismo social, monstruosidad por fuera del pensamiento del creador de la Teoría de la Evolución con base en la Selección Natural, y es contraria a sus formulaciones.

Darwin rechazó el pensamiento tipológico e introdujo algo diferente: el pensamiento poblacional. Toda agrupación de organismos vivos, incluida la sociedad humana, está constituida por individuos diferentes unos de otros; la población varía por medias poblacionales, medias estadísticas. Se desprende de esto, además, que para Darwin no hay constancia de las poblaciones, lo que es fundamento para la introducción de la historia en el pensamiento científico.

Los avances recientes del genoma humano presentan a Darwin como el gran triunfador en todos los puntos. Establecen que los humanos se diferencian en la expresión de los genes, no en la calidad de ellos. Y la expresión genética es, desde muchos ángulos, adaptación. En otras palabras, los genes de los humanos, cualquiera

sea su característica, no cambian, la melanina que se produce es la misma, varía sólo la cantidad. La población posee los mismos genes, no los hay blancos, ni negros, ni amarillos, las razas son sólo el producto de aislamientos poblacionales y no de características esenciales. El racismo no tiene ningún sostén en la biología, de hecho nunca lo ha tenido. El racismo existe, y seguirá existiendo hasta tanto las estructuras de sometimiento y de dominación sigan vigentes; el racismo es correlativo al poder y a la opresión.

La teoría evolutiva, con la Selección Natural como su principal herramienta, destierra cualquier teleología, no hay un fin último en la evolución, ni está guiada por una noción de mayor perfección a cada paso. La causa final es un argumento presente desde Aristóteles hasta Kant, con desarrollos particulares en la Teología Natural de Paley, muy popular en la época de Darwin, a la que se refiere en particular en su correspondencia, y que abandona en forma radical. Darwin no es determinista, no predice el futuro, postula el azar, el chance. Para muchos, esto es inaceptable para los seres humanos, en tanto lo aceptamos para un guijarro. Como dice Jacques Monod en *El Azar y la Necesidad*, “Nosotros nos queremos necesarios, inevitables, ordenados desde siempre. Todas las religiones, casi todas las filosofías, una parte de la ciencia, atestiguan el incansable, heroico esfuerzo de la humanidad negando desesperadamente su propia contingencia”.

Cuando se sugiere por primera vez secuenciar el genoma humano, en 1985, se piensa que era ilógico e imposible porque los secuenciadores sólo leían hasta 300 bases o letras del código por análisis, lo que para alcanzar a tres mil quinientos millones de letras que forman el genoma humano, se consideraba una misión imposible. Además, se catalogó a ese programa como una labor de tontos pues se pensaba que el 95% del ADN era “basura”, no codificaba para proteínas o no tenía función reguladora. Con el tiempo el programa prevaleció y originó subprogramas para secuenciar organismos más pequeños. Así, se conocieron las secuencias de *S. Cerevisiae*, *H. Influenzae* en 1995, *C. Elegans* en 1998, *A. Thaliana* y la *D. Melanogaster* en el 2000. Para esta época los secuenciadores podían leer millones de bases en un día, y las bases de datos generadas se podían comparar en segundos, por procesos automáticos con los supersecuenciadores dispuestos para ello. La *bioinformática* había nacido.

La genética molecular definió en el gen dos regiones, los exones o regiones codificadoras, involucradas por el mecanismo del *splicing*, edición, en la producción del RNA mensajero y en la síntesis de proteínas, conforme al dogma central de la Biología mencionado antes, y los intrones, regiones no codificadoras, repetitivas, que hasta ahora se consideraban inútiles. El análisis de los genomas reveló de inmediato que los intrones presentan grandes diferencias entre las especies.

Las secuencias de los intrones varían; en los estudios de los genomas de diferentes individuos, una vez cada 500 a 1000 bases o secuencias. Cuando la variación se encuentra con una frecuencia superior al uno por ciento se acepta que se trata de variantes polimórficas, de un solo nucleótido, conocidas como SNP. El número de SNP conocidos en el genoma humano será pronto de millones, analizables en forma automática y digital.

Los humanos son idénticos en el 99.8% de los genes; varía su expresión que ahora se piensa se puede explicar con base en los SNP, lo que daría luz sobre la diversidad fenotípica existente, por qué el tamaño de la nariz, por qué los labios gruesos o más finos, por qué el tamaño y la forma de los ojos. Los polimorfismos de un solo nucleótido aparecen como los responsables de las variaciones de la actividad de muchos genes, por ejemplo los de la coagulación, o los de algunos procesos que hacen al organismo susceptible o resistente a enfermedades. Pronto, se podrá disponer de micro arrays –nuevos dispositivos tecnológicos que permiten lecturas de presencia o ausencia automáticas– para definir, por el análisis rápido y simultáneo de un gran número de SNP, la identificación de las personas, o la producción o no de un determinado gen, o de su ARN, o de una proteína..

A partir del conocimiento de la secuencia del genoma humano, y de su análisis, será más fácil construir el catálogo de las variaciones de cada uno de los genes para desprender cuáles originan errores y cuáles expresan susceptibilidad a enfermedades comunes. Será más fácil estudiar y conocer los genes simples, aquellos cuya acción depende sólo de cada uno, en tanto que la dificultad será mayor cuando se enfrenten las características poligénicas, por sus propias características ligadas a la acción aditiva de varios genes, más los componentes ambientales que actúan sobre ellos.

Es interesante anotar que las características que dependen de la acción de varios genes son las más vulnerables, las que presentan mayor frecuencia de anormalidad, y son también las que más caracterizan a la especie: encéfalo, sistema bucal-fonación, posición erecta, eje vertebral, corazón con cuatro cavidades. Puedo formular como hipótesis que las estructuras y funciones más recientes en la evolución son las más vulnerables, las más susceptibles a alterarse, en donde más se presentan alteraciones; tal vez su presentación y mayor frecuencia estén ligadas a la expresión de los genes.

La secuencia del genoma humano ha puesto al descubierto lo que no podía ser de otra manera. En nuestro genoma se recorre la filogenia, desde el punto de vista genético, existen correspondencias con los genes de las otras especies. También, por supuesto, con las proteínas por ellas producidas –de donde surge la Proteómica como campo del saber, y ahora la posibilidad de construir el proyecto de la Proteómica, similar a la creación pretérita del proyecto del Genoma Humano–, porque todos somos lo mismo.

El ADN común desdibuja las fronteras de lo animal, vegetal, mineral, que no describen más, de una manera adecuada a nuestro mundo. Sin embargo, esas distinciones, menos claras ahora en la naturaleza, persisten en la mente de los hombres, resurgen como temores escondidos, a lo desconocido en primer lugar, al desvelamiento de todo lo que hasta ahora vivió como oculto y sagrado, despierta temores increíbles que se concretan en los alimentos transgénicos, con anatemas espectaculares presentadas como réplica de la oposición lanzada por Lutero a la iglesia católica, y adornada además con la denominación efectista de “alimentos Frankenstein”. Lo cierto es que las barreras edificadas antes como inexpugnables, se derrumban una a una, y eso nos causa miedo, temor, nos deja perplejos. Se combina el poder tan inmenso puesto en manos de los hombres, y nuestra permanencia, nuestro deseo de no hacer público lo sagrado.

El conocimiento de la secuencia del genoma humano es un paso más en el triunfo reduccionista que se completará con el conocimiento de todos y cada uno de los genes, qué hacen, cómo lo hacen, sobre cuáles actúan, qué efectos en cascada promueven. Pero, una vez conocido todo esto, el estudio de los hechos biológicos no será ya la suma de las partes; conocidas éstas los modelos de análisis serán más integradores, más

totalizantes, el holismo en la investigación será una nueva realidad. No sabemos en ese momento cómo quedará el tema de las patentes, otorgadas todas a genes o procesos individuales.

En 1996 Ian Wilmut y Keith Campbell lograron el nacimiento de Dolly, una oveja de la raza Finn-Dorset que se convertiría en el animal más famoso de la historia. Se opera con ella un cambio radical en la Biología, es un clon derivado de una célula adulta, del tejido mamario. El asombro fue muy grande, por primera vez se lograba la reversión de la lectura del código genético, uno de los sueños dorados de la Biología y de la Genética, perseguido por décadas.

Los jardineros y los cultivadores de plantas saben mucho de multiplicarlas, más allá de la siembra de las semillas. Lo hacen por esquejes, pequeños segmentos del tallo, o por fragmentación de la raíz, o mediante “acodos” que no son otra cosa que la producción de una herida en una rama que al cabo del tiempo mostrará raíces en la zona herida. Fabrican, por cualquiera de estos métodos, nuevas plantas y disminuyen el tiempo necesario para que se vuelva una adulta completa. Todo esto parece deberse al hecho de que las plantas guardan una reserva importante de células totipotenciales. Si los humanos nos cortamos, la herida se llena y cicatriza con fibroblastos para formar un tejido fibroso. No retoñamos, a pesar de los ejemplos notables que existen en la Mitología.

La capacidad de regeneración la perdieron los animales a partir de algún momento en la filogenia. Quizás las plantas preservaron la capacidad de regeneración para facilitarles las cosas a los animales. El primer éxito con vegetales, producir una nueva planta a partir de una célula lo tuvieron en Francia con una orquídea. Desde entonces se convirtió en la forma ideal de propagarlas. Pasaron cuarenta años para que en Colombia, país que considera a la *catleya trianae* la flor nacional, se reprodujeran orquídeas por clonación.

Los estudiantes de Biología desde hace algunas décadas están familiarizados con ejercicios de laboratorio diseñados a propósito de la clonación. Clásicos son los experimentos que muestran clonación embrionaria en anfibios, hasta el blastocisto, clonación que se pierde una vez el desarrollo embrionario llega a la gástrula. De esos experimentos salió la convicción de poder transferir los núcleos, sin compromiso de la lectura del programa

genético, sólo hasta antes de la iniciación de la diferenciación celular, lo que se convirtió en otro dogma de la Biología. También de esos experimentos salieron las nociones de totipotencialidad y pluripotencialidad.

Con Dolly se quebró el dogma de la Biología mencionado, también cundió la alarma. Si Dolly fue posible, lo mismo podía ocurrir con los seres humanos. Muchos gobiernos fijaron posiciones en contra, organismos internacionales también lo hicieron, por primera vez aparecieron tipificados delitos de ese orden en el Código Penal Colombiano. Sin embargo, Dolly fue la continuación de una serie de experimentos y éxitos logrados por el mismo instituto Roslin. Rebaños se puede decir que existen con una gran variedad: Taffy y Tweed son dos machos clonados a partir de células fetales, Megan y Morag, clonadas a partir de células embrionarias cultivadas, el mismo procedimiento que el utilizado para originar a Cedric, Cyril, Cecil y Tuppence. Con un lote así no había discusión. ¡Por fin la clonación era una realidad!

Con Dolly y la clonación se cerraba el triángulo de las biotecnologías disponibles. La más poderosa, la primera, el ADN recombinante, luego la secuencia y el conocimiento de los genomas, y finalmente la clonación. Las tres cambian en forma dramática el sentido de la vida y de sus posibilidades, transforman y trastornan a la sociedad en sus propias bases y fundamentos, nos interrogan acerca de peligros y nuevas realidades a las cuales hay que inventarles nombres, reviven fantasmas que para muchos, a diario, están al acecho. Cada una de esas tecnologías tiene un poder descomunal. Cada una produce hechos que no terminarán de asombrarnos y nuevas posibilidades que rebasan a nuestra imaginación y a todo lo que hasta ahora nuestras instituciones han vislumbrado.

Tracy es precursora de Polly. La transformación genética se conoce desde los años 40. Ese fue un experimento crucial, además de una enorme belleza. Reafirmó que el ADN era la molécula de la herencia cuando aún no se había descifrado su estructura, y demostró que el ADN podía transferirse de un organismo a otro. En 1990 el instituto Roslin creó a Tracy, oveja transgénica a la que se le transfirió en la vida embrionaria el gen que produce la molécula alfa-1-antitripsina. Polly vendrá siete años después, clonada con transgenicidad, a partir de células fetales, a las que se incorporó el gen del factor IX de la coagulación. Uno y otro de estos experimentos ha-

cen parte de una historia productiva, y de la de las patentes, todas concedidas y que sólo esperan por la licencia para la comercialización de los productos liberados de la leche de los animales productores. Las patentes en estos casos acompañan a las otorgadas por el procedimiento de clonación por transferencia nuclear, y como veremos, a toda la historia de las células madre, de la totipotencia y de la pluripotencia.

Para la Biología, lo que se perseguía era el conocimiento. La clonación, como investigación buscaba resolver un gran problema: en la diferenciación celular pierden genes las células? Augusto Weissmann enfrentó este problema, por primera vez, y optó por el camino equivocado. Afirmó que perdían genes. La investigación a partir de los años 40 reveló que las cosas ocurrían en otra dirección. Los genes no se pierden, en el programa genético se da una lectura diferencial, con genes que se silencian y otros que se estimulan a medida que progresa el desarrollo embrionario. Todas las células de un organismo, no importa su número, tienen el mismo programa genético, es la misma partitura, sólo que en algunos tejidos se silencian unos instrumentos, en otros tejidos otros dejan de sonar, en los de más allá algunos lo hacen con más intensidad. Esto acredita que el patrón genético que se analiza en cualquier parte de un cuerpo sea el mismo, por eso un organismo desmembrado, no importa la distancia a que queden sus partes, se puede reconstruir de manera integral. También que especialización y diferenciación celular equivalen a silenciar unos genes y privilegiar a otros, de la misma manera como una persona se puede volver un escritor, otra un médico, el de allá un filósofo, un alcalde municipal, un político o un albañil. Tenemos un código genético con diferentes lecturas, cambia su lectura, quizás por eso se muere, y quizás también por eso se quieren construir antídotos contra ella, el mayor la clonación. Sólo muere lo que cambia, lo que se transforma; lo que permanece es inmortal.

En medio de todo este tema, aparecen las células madre. Quizás nos equivocamos al decir que sólo los vegetales dejaban un enorme reservorio de células con potencialidades para regenerar tejidos. En los últimos años aprendimos que poseemos alguna cantidad de células madre, a partir de las cuales se pueden derivar linajes celulares, lo que abrió amplios caminos terapéuticos.

Especialización y diferenciación equivale a desarrollar unas potencialidades, reprimir otras. La clonación

permite regresar a las potencialidades del comienzo. Totipotencia es el término acuñado para un programa a partir del cual se pueden derivar todas las especializaciones. Entre la especialización y la totipotencia se sitúa la pluripotencia, donde las células ya han escogido un linaje, podrán producir sólo las células de uno, hematológicas, nerviosas, musculares... Asistimos al apogeo de las células madre con las que se han alcanzado enorme conocimiento y grandes éxitos. Se aíslan células madre de la sangre, o células madre del cordón umbilical, se construyen bancos de células y líneas celulares con grandes potencialidades, se mantienen líneas celulares de células madre obtenidas de embriones, unos sobrantes de los centros de reproducción asistida y otros producidos por clonación, según parece, de acuerdo con las últimas informaciones. Todo esto augura enormes perspectivas, entre las cuales en primer lugar aparecen las células y líneas celulares para trasplantes, repuestos para incidir sobre los problemas crónicos y sobre las expectativas de vida. Como se dijo antes, cada vez aparece con mayor claridad su sentido como antídotos contra la muerte. Se debe tener en cuenta, también, que todo está ya patentado, en lo que tiene que ver con estos procedimientos. Con la última directiva del gobierno de Estados Unidos se dijo que la mayor favorecida era la Universidad de Wisconsin, cabeza de las patentes sobre células madres, con la compañía Geron, propietaria además de las que tienen que ver con los procedimientos de transferencia nuclear.

De ese sueño nacieron el descubrimiento del genoma, y la clonación, primero el parto antes que el desarrollo del embrión, el conocimiento vendrá después. Esperanzas y tragedias se combinan a diario, con las promesas de clones y células madre que anuncian curas para todos los males, incluidos los que no se toleran, los que se quieren aplazar o hacer desaparecer, el envejecimiento y la muerte, para los cuales la clonación y todo lo que se crea a su alrededor se miran como antídotos. Sólo muere lo que cambia, lo que se transforma; lo que permanece, es inmortal.

Retornemos al comienzo. Las relaciones políticas en el mundo y las de poder se alteraron con el derrumbe de la U.R.S.S. No son suficientes para cambiar la visión del mundo; lo que nos ocupa sí.

Darwin con el azar retiró la evolución de las manos de Dios, pero no la puso en las de los hombres. La mani-

pulación de los genes y la clonación abren la posibilidad de dirigirla. Evolución dirigida deja de ser evolución y para muchos se compromete el futuro de la especie. Selección y dirección de la dotación genética es poner fin a lo casual, y no hay nada más casual que el nacimiento y la existencia de cada uno de nosotros, lo que en forma tajante niega las nociones de destino y predestinación.

La vida cambió; en otros tiempos el hombre nacía, vivía y moría en un mismo mundo; ahora, nace en uno, vive en otro, y seguro morirá en otro diferente. La tragedia radica en que la gran mayoría no es conciente de ello.

Glosario

ADN recombinante. ADN sintetizado químicamente producido en una especie diferente a la del gen original, habitualmente una bacteria, ADN formado por la integración del ADN de dos o más fuentes. La tecnología del ADN recombinante es la fuente de la ingeniería genética.

ARN. Ácido ácido. Posee la misma estructura que el ADN, excepto que el ARN es una cadena sencilla y que en vez de la base Timina tiene Uracilo

Alelo. Una variante de un gen. Un gen polimórfico es el que se halla presente en una población con más de un alelo.

Base. Término alternativo para nucleótico.

Blastocisto, blástula. Embrión formado por un grupo de células, antes de empezar la diferenciación.

Clon, clonación. Dos o más seres creados por reproducción asexual se dice que son clones; los dos o más forman un clon.

Cromosoma. Estructura física que hace parte del núcleo celular que contiene los genes en forma de ADN.

Diferenciación. Proceso por el cual una célula se especializa, adopta una forma y una función específica.

Drosophila Melanogaster. La mosca de la fruta. La mosca de la investigación genética desde Morgan.

Enzima. Proteína que es un catalizador biológico. La producción de las enzimas está codificada por los genes.

Exón. La parte funcional del ADN en la expresión del gen.

Fenotipo. Es la forma como se manifiesta el gen; las manifestaciones pueden ser externas, en la apariencia externa, o internas, moleculares y microscópicas.

Gameto. Es la célula sexual masculina o femenina.

Gástrula. Estado del desarrollo embrionario con dos o tres capas celulares.

Gen. Es la unidad de la herencia.

Genética. Estudio de los genes y de la herencia.

Genoma. Es el conjunto de los genes de un organismo.

Intrón. Porción del gen que se creía no funcional; puede tener función en la regulación de la expresión génica.

Manipulación. Manipular es manejar con las manos. El término manipulación se ha expandido –en forma equivocada–, para designar un manejo poco responsable del material genético y de los genes.

Mutación. Proceso por el que aparecen cambios en los genes.

Núcleo. Parte esencial de una célula eucariota –las que tienen núcleo diferenciado–, en donde residen los cromosomas.

Nucleótido. Base. Ver ADN, ARN, base.

Totipotencia, totipotencial. Capacidad de una célula para originar células descendientes que puedan diferenciarse y llegar a formar cualquiera de los tipos de tejidos propios del organismo. En el proceso de la clonación a partir de una célula especializada, el núcleo se vuelve totipotente.

Transferencia génica. Colocar un gen de un organismo a otro.

Transgen, transgénico. Resultado de la transferencia génica. El sistema genético de un organismo ha recibido gen o genes de otro.

Bibliografía

ASHTON, T.S., *La revolución industrial*, Breviarios Fondo de Cultura Económica, 1951.

BACÓN, F. *De la magia a la ciencia*, Madrid, Alianza, 1980.

BACHELARD, G., *La Formation de l'Esprit Scientifique*, París, Librairie Philosophique J. Vrin, 1957.

BENNASSAR, B. y BENNASSAR, L., *¿Un mundo nuevo?*, Nerea, 1992.

BISHOP, J. y WALDHOLZ, M., *Genoma*, Plaza y Janés, 1992.

BLAKE, W., *Poesía Completa*, 2 Tomos, España, Ediciones 29, 1980.

BLUNT, W., *El Naturalista. Vida, obra y viajes de Carl von Linné (1707-1778)*, Ediciones del Serbal, 1982.

BRONOWSKI, J., *Science and Human Values*, New York, 1965.

———, *The Visionary Eye*, Cambridge, The MIT Press, 1978.

———, *El ascenso del hombre*, Fondo Educativo Interamericano, 1979.

BURKHARDT, F., *Darwin's Letters*, Cambridge University Press, 1998.

DARWIN, C., *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*, México, Editorial Diana, 1953.

———, *Autobiografía*, 2 Tomos, Selección de Francis Darwin, Alianza Editorial, 1977.

———, *El origen de las especies*, Sarpe, 1983.

———, *Viaje de un naturalista*, Biblioteca General Salvat, 1972.

DAWKINS, R., *Destejiendo el Arco Iris*, Tusquets, 2000.

DELPAR, H., *Rojos y Azules*.

DENNETT, D., *La peligrosa idea de Darwin*, Galaxia Gutemberg, 1999.

- FERNÁNDEZ DE OVIEDO, G., *Historia General y Natural de las Indias*, Fondo de Cultura Económica, 1950.
- FEYNMAN, R., *Qué significa todo eso*, Grijalbo-Mondadori, 2000.
- , *El placer de descubrir*, Grijalbo-Mondadori, 2000.
- FUENTES, C., *Valiente Mundo Nuevo*, Mondadori, 1990.
- GINÉS DE SEPÚLVEDA, J., *Tratado sobre las justas causas de la guerra contra los indios*, Fondo de Cultura Económica, 1996.
- GOLDSTEIN, T., *Los albores de la ciencia*, Fondo Educativo Interamericano, 1984.
- GOULD, S., *El pulgar del panda*, Mondadori, Grijalbo, 1994.
- , *Ocho cerditos*, Mondadori, Grijalbo, 1994.
- , *La grandeza de la vida*, Mondadori, Grijalbo, 1997.
- , *Wonderful Life*, Norton, 1989.
- , *Ciencia versus religión*, Crítica, 2000.
- HABERMAS, J., *La constelación postnacional*, Paidós, 2000.
- HEMLEBEN, J., *Darwin*, Alianza Editorial, 1980.
- HESÍODO, *Obras y fragmentos*, Gredos, 1978.
- HILL, C., *Intellectual Origins of the English Revolution*, Oxford, 1965.
- , *De la reforma a la revolución industrial, 1530-1780*, Ariel, 1980.
- HOBBSAWM, E., *Historia del siglo XX*, Grijalbo-Mondadori, 1995.
- HOWARD, J., *Darwin*, Alianza Editorial, 1982.
- HUME, D., *Historia natural de la religión*, Tecnos, 1992.
- , *Diálogos sobre la religión natural*, Tecnos, 1994.
- HUXLEY, J., *La herencia y otros ensayos de ciencia popular*, Losada, 1940.
- , *La genética soviética y la ciencia mundial*, Hermes, 1952.
- , y KETTLEWEL, H., *Darwin*, Salvat, 1985.
- JACOB, F., *La lógica de lo viviente*, Salvat, 1986.
- , *El ratón, la mosca y el hombre*, Grijalbo-Mondadori, 1998.
- JUDSON, H., *The Eight Day of Creation*, Touchstone, 1979.
- KEATS, J., *Poesía Completa*, 2 Tomos, España, Ediciones 29, 1980.
- LE GOFF, J., *Los intelectuales en la Edad Media*, Gedisa, 1986.
- LAWRENCE, J. and LEE, R., *Inherit the wind*, Bantam Books, 1960.
- LEVY-STRAUSS, C., *Mirando a lo lejos*, Emecé, 1986.
- LOCKE, J., *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Fondo de Cultura Económica, 1999.
- LYSENKO, T.D., *La situación en las ciencias biológicas*, Moscú, Ediciones en Lenguas Extranjeras, 1949.
- MAYR, E., *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*, Harvard University Press, 1993.
- MEDAWAR, P., *The Art of the Soluble*, Londres, 1967.
- , *Pluto's Republic*, Oxford University Press, 1993.
- , *El extraño caso de los ratones moteados*, Grijalbo-Mondadori, 1997.
- MEDAWAR and MEDAWAR, *The Life Science*. Harper and Row, Londres, 1977.
- MONOD, J., *El azar y la necesidad*, Tusquets, 1981.
- MOREHEAD, A., *Darwin, La expedición en el Beagle (1831- 1836)*, España, Ediciones del Serbal, 1983.
- MORGAN, T.H., *Evolución y Mendelismo*, Madrid, Calpe, 1921.
- , *La base científica de la evolución*, Espasa-Calpe, 1943.
- , *Embriología y Genética*, Losada, 1952.
- NAISBITT, J., *High Tech, High Touch, with Nana Naisbitt and Douglas Philips*, New York, Broadway Books, 1999.
- NATURE, volumen 409, pp. 860-921, 2001.
- NUSSBAUM, M.C., SUSSTEIN, C.R. (eds.), *Clones y clones*, Cátedra 2000.
- OSSET, H.M., *Ingeniería genética y derechos humanos*, Icaria Editorial S.A., 2000.
- ROSSI, P., *Los filósofos y las máquinas*, Barcelona, Labor, 1966.
- , *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*, Grijalbo-Mondadori, 1997.
- ROSTAND, J., *Las grandes corrientes de la biología*, México, Unión Gráfica S.A., 1954.
- , *Hommes d'autrefois et d'aujourd'hui*, Gallimard, 1966.
- SAGAN, C., *El cerebro de broca*, Grijalbo, 1982.
- , *Los dragones del Edén*, Grijalbo, 1982.
- , *Sombras de antepasados olvidados*, Planeta, 1993.
- , *El mundo y sus demonios*, Barcelona, Planeta, 1997.
- SARTON, G., *Six Wings: Men of Science in the Renaissance*, Indiana, University Press, 1957.
- SCIENCE, volumen 291, No. 5507 febrero 16, 2001.
- , Vol. 286, No. 5439, oct. 15 de 1999.
- , Vol. 287, No. 5457, feb. 25 de 2000.
- , Vol. 287, No. 5461, mar. 24 de 2000.
- SCIENTIFIC AMERICAN, July 2000.
- SNOW, C.P., *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Alianza Editorial, 1977.
- STEBINS, G., *Darwin to DNA. Molecules to Humanity*, W.H. Freeman and Co., 1982.
- STONE, I., *The Origin - A Biographical Novel: Charles Darwin*, Doubleday and Co., Inc., 1980.
- TEIHARD DE CHARDIN, P., *El fenómeno humano*, Madrid, Taurus, 1971.
- TREVELYAN, G.M., *La revolución inglesa*, Breviarios Fondo de Cultura Económica, 1951.
- WESTFALL, R.S., *The construction of Modern Science, Mechanisms and Mechanics. La construcción de la ciencia moderna*, Barcelona, Labor, 1980.
- , *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton*, Cambridge, University Press, 1989.
- WILMUT, I., CAMPBELL, K., TUDGE, R., *La segunda creación*, Ediciones B.S.A., 2000.
- YOXEN, E., *The gene business*, Harper & Row, 1984.
- YUNIS, E., *Ciencia y Política*, Bogotá, Antropos, 1991.