

# La genómica desde la perspectiva de la evolución biológica: inicio y fin o inicio del fin



DANIEL PIÑERO  
ANA BARAHONA

*Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución.*

Theodosius Dobzhansky

*Nada en evolución tiene sentido si no es a la luz de la genética.*

Francisco J. Ayala

El hombre siempre ha soñado con llegar a la frontera final del conocimiento. En esta época de clonaciones y transgénicos, estamos llegando aparentemente a ese lindero en las ciencias de la vida. En este ensayo, mediante un enfoque histórico, se refieren los avances de la genética y de su hija más reciente, la genómica, durante el siglo XX, la cual demuestra que esa frontera soñada todavía está lejos en el horizonte.

## El Julio Verne de la genética

En 1932, Aldous Huxley (1894-1963) escribió *Un mundo feliz* (*Brave New World*). Aldous era miembro de la destacada familia Huxley, notable desde la época de Darwin, cuando Thomas H. Huxley, abuelo de aquél y amigo de éste, defendía fervientemente la teoría de la evolución por selección natural. Más tarde, Julian Huxley, hermano de Aldous y naturalista prominente del siglo XX, dio nombre a la ahora famosa síntesis moderna que es la unificación de la biología alrededor de la teoría de Darwin.

En los años de la posguerra en que Aldous Huxley escribía su novela, se vivía el clima de desesperanza que había dejado la primera guerra mundial. La convicción de que la ciencia traería progreso y felicidad a la humanidad se tamba-

leaba, ya que en aquella conflagración se usaron por primera vez armas de destrucción masiva. Precisamente el tema de la obra, desde la perspectiva del autor, es el hecho de que la ciencia sirve para el bien y para el mal de la humanidad.

En su libro, Huxley nos relata una época futura (dentro de 600 años) en que, debido a los avances científico-tecnológicos, podrán evitarse procesos naturales de reproducción, mediante inseminaciones *in vitro* y clonaciones masivas que permitirían generar bebés de probeta, alimentados y condicionados luego con métodos científicos para crear una sociedad en donde las personas tuvieran paz y felicidad, a costa de la libertad individual o el amor. De esa forma, las castas alfa y beta, más preparadas e intelectuales, provendrían de un huevo convertido en embrión y más tarde en adulto, mientras que las gamma, delta y épsilon se originarían de un embrión dividido varias veces (desde 8 hasta 99), del cual resultarían copias exactas en las formas adultas. Los miembros de estas últimas castas estarían destinados a ejecutar los trabajos o actividades altruistas, mientras que las primeras tendrían a su cargo el diseño de una mejor sociedad, donde el progreso y la estabilidad estarían garantizadas. Así, las diferencias se basarían exclusivamente en la genética y el acondicionamiento. La felicidad se derivaría de que nadie tendría pretensiones de pertenecer a una clase distinta y por ello no habría frustraciones. Así, Huxley nos relata un mundo feliz, donde la diferencia de clases no sería social, y por lo tanto no encarnaría ni implicaría los problemas sociopolíticos asociados con la constitución de las sociedades modernas. Aunque sin su mensaje social, la ciencia de la actualidad, en cierto modo, ya nos ha recordado el mundo feliz de Huxley.

### *La revolución darwiniana y la revolución copernicana*

Los descubrimientos de la genética pueden entenderse solamente en el contexto de las revoluciones científicas ocurridas desde el Renacimiento. Sin duda, la primera de ellas es la de Nicolás Copérnico (1473-1543), astrónomo polaco conocido por la teoría según la cual el Sol se encontraría en el centro del Universo y la Tierra, que gira una vez al día sobre su eje, completa cada año una vuelta alrededor de él. Así, con Copérnico, la Tierra dejó de estar en el centro del Universo.

La segunda gran revolución, sin duda una continuación de la copernicana, es la darwiniana, que saca al hombre del centro de la naturaleza y lo considera una más entre los millones de especies que existen y que han existido.

Sin duda, esas revoluciones han tenido un efecto retardado en la sociedad. La propuesta de Copérnico de que la Tierra no es el centro del Universo tardó 200 años en ser aceptada por la mayoría de la sociedad, y se puede decir que todavía hoy la revolución darwiniana no se ha incorporado plenamente en nuestra sociedad. El siglo XX se caracterizó, por un lado, por el avance más importante del conocimiento científico y, por el otro, por un rezago de la sociedad para entender esas revoluciones. Parece muy claro que, para comprender la revolución darwiniana, debe entenderse y aceptarse la revolución copernicana y que, para alcanzar una perspectiva adecuada de los avances recientes de la genética, se requiere una visión darwiniana.

### *La revolución freudiana*

Hay una tercera revolución del conocimiento, que también tiende a minimizar el papel del hombre en la naturaleza: es la de Sigmund Freud (1856-1939). Sus principales contribuciones fueron un enfoque radicalmente nuevo al analizar la personalidad humana y la demostración de que el inconsciente existe. La revolución freudiana aguarda todavía que gran cantidad de sus fundamentos sean demostrados, pero sin duda responde al siguiente gran reto de las ciencias de la naturaleza: la comprensión del funcionamiento de las actividades cerebrales. Una vez más, se requiere una clara perspectiva de las revoluciones anteriores para situar en su justa dimensión la revolución freudiana.

### *Los fundamentos y el efecto de la genética*

A principios del siglo XX, con el redescubrimiento de las leyes que propuso Gregor Mendel (1822-1884), se inició una ciencia que ahora, en los inicios del XXI, se reconoce como una de las grandes revoluciones de la biología y de nuestra sociedad en general, y que vendría a complementar la teoría de la evolución por selección natural de Darwin, ya que reveló las bases de la variación y su herencia.

Distintos aspectos de esta ciencia, la genética, son fuente de controversias y discusiones; los cultivos transgénicos y la clonación son sólo dos de los que aparecen continuamente en revistas y periódicos. La sociedad empieza a obtener, de primera mano, derivaciones de la revolución que la genética, a través del mendelismo, inició en 1900. Se hace indispensable, así, revisar algunos conceptos fundamentales de la genética que han permitido a lo largo de 100 años modificar nuestra visión de ese gran enigma que es el origen de las especies, al que Charles Darwin (1809-1882) llamaba el misterio de los misterios.

### *El gen, actor principal de esta obra*

Entender lo que es un gen tomó varias décadas desde que Mendel formuló la parte más importante del concepto, que es discreto. Antes de Mendel se pensaba que la reproducción de un hombre y una mujer implicaba una especie de unión o mezcla de las sangres de ambos linajes. Se imaginaba, en el contexto de la química y la física, como una mezcla de un ácido y una base que daba un líquido intermedio. Mendel demostró que la herencia de las características es particulada o discreta. Esto quiere decir que las características se heredan intactas, sin que unas se mezclen con otras del sexo opuesto. La idea de que cada uno de nosotros hereda para cada característica una forma del carácter de cada uno de nuestros padres (por ejemplo: el gen para ojos café y el gen para ojos azules, que no se mezclan para dar unos ojos de color intermedio) es sin duda la mayor contribución de Mendel a nuestro entendimiento de la forma en la que se heredan los rasgos. Un ejemplo de que la herencia es particulada lo constituye el comentario que continuamente se hace en relación a que una hija tiene la nariz, la boca u otra parte idéntica a la de alguno de sus padres.

El siguiente paso fue asociar a los genes con los cromosomas, pequeñas partículas en forma de bastones localizadas en los núcleos de las células, que se duplican y divi-

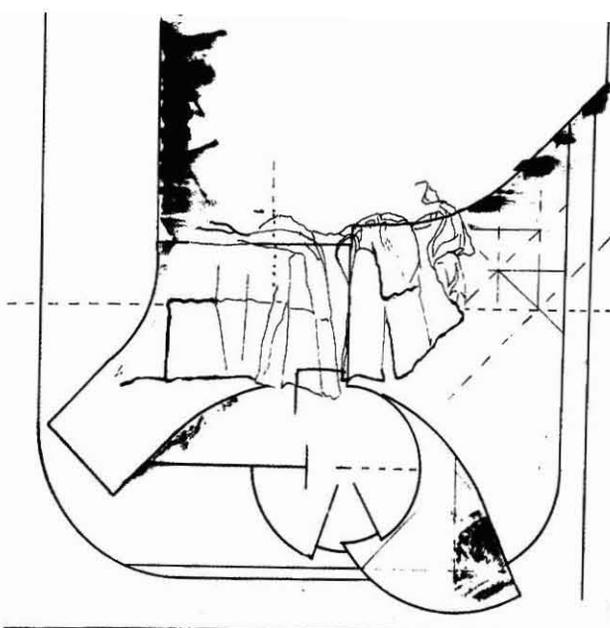
den tanto para formar células nuevas (somáticas) como las células sexuales (gametos). Ésta fue la gran contribución de la escuela de Thomas Morgan, realizada en 1915 y conocida como la teoría cromosómica de la herencia, y que permitió asociar las leyes de Mendel con el comportamiento de los cromosomas durante la mitosis y la meiosis.

La siguiente gran revolución relativa al concepto de gen consistió en obtener un referente material de él. Éste fue el descubrimiento de que el ácido desoxirribonucleico (el ADN) y la secuencia de sus cuatro bases (adenina, guanina, timina y citosina) es el lenguaje que emplea la vida para heredar los caracteres de una generación a otra, y de que la secuencia del ADN es lo que finalmente controla nuestra forma y color, muchas de las enfermedades, la propensión a ser obeso y también la tendencia a manifestar tales o cuales conductas. Es decir que determina gran parte de nuestro aspecto físico y nuestra conducta. Esta revolución la emprendieron varios investigadores en la década de los veinte y culminó con el modelo de la estructura del ADN elaborado por James Watson y Francis Crick en 1953, que permitió descubrir en los años sesentas el código genético del lenguaje del ADN. Así, cada triplete (conjunto de tres bases) de ADN se traduce en la célula en un aminoácido (constituyente de las proteínas) específico. El siguiente desafío fue entender la estructura y la función del ADN.

### La genómica, la ciencia del siglo XXI

La genómica es la parte de la genética que estudia la función, la estructura y la regulación del ADN, y se funda en los conocimientos básicos de la genética. El gen, por ejemplo, es un concepto claramente asociado a una secuencia de ADN que codifica para una proteína, pero que también incluye una idea de función. La genómica apareció cuando los genetistas se dieron cuenta de que la estructura del ADN es mucho más compleja de lo que uno esperaría, por la cantidad de funciones que se llevan a cabo en una célula.

En la década de los sesentas, cuando se encontró el lenguaje del ADN, parecía que el siguiente paso era conocer la secuencia de todas y cada una de las proteínas para tener una imagen clara de las funciones celulares. Lo que rápidamente se descubrió fue que había varios tipos de secuencias, además de las que estrictamente codificaban para una proteína estructural, y que eran fundamentalmente secuencias repetidas desde unas pocas veces hasta centenares de miles de veces. Con el tiempo se averiguó que algunas se-



cuencias repetidas tienen una explicación funcional basada en que son secuencias muy usadas por la célula y por ello se intentó obtener varias copias de ellas, de tal forma que se pudieran sintetizar las moléculas para las que codificaban. Aun así, queda en los organismos dotados de un núcleo celular una enorme cantidad de secuencias a las que no corresponde en apariencia ninguna función en la célula. El hecho más enigmático de estas secuencias es que, tomadas todas juntas, son una porción mayor al 90 por ciento del genoma de una especie como la humana.

### Los genes interrumpidos y los genes saltarines

Ya en la década de los setentas se descubrieron otros dos hechos que robustecieron nuestra concepción de la estructura de los genomas y que desembocarían en la genómica. El primero de ellos es que los genes estructurales están interrumpidos por secuencias de ADN, los intrones, que no cumplen ninguna función conocida y que son precisamente cortados en el proceso de la síntesis de proteínas sin que haya luz sobre su razón de ser. Esto significa que hay información en el ADN que no se traduce en un aminoácido, y, aunque algunas hipótesis pretenden explicar su existencia, ninguna de ellas ha sido aceptada cabalmente por la comunidad científica.

Los genes saltarines fueron descubiertos en los años cincuentas, pero debido a su gran complejidad no se reconoció su existencia sino hasta los años setentas, y no sólo por razones técnicas, sino porque desmentían la idea sostenida hasta entonces de que los genes estaban alineados en los cromosomas como las cuentas de un collar. Este segundo hecho, que los genes o secuencias de ADN son capaces de cambiar de posición dentro del genoma, e incluso de un genoma a otro, ha transformado de raíz nuestra forma de

pensar acerca del material genético. El movimiento de los genes involucra el reconocimiento de secuencias capaces de insertarse en lugares diversos, cuya presencia afecta el comportamiento de los genes contiguos y, por tanto, su expresión en el fenotipo. Ejemplos de esto lo son la adquisición de resistencia a los antibióticos en cepas de bacterias y los patrones de coloración de los granos de la mazorca de la planta del maíz.

### **La razón de ser y la forma de ser: los dos tipos de biología**

La biología puede dividirse en dos aspectos: el primero de ellos se relaciona con el estudio de los cómo (la forma de ser) de los fenómenos biológicos, mientras que el segundo con el de los porqués (la razón de ser) de ellos. Así, por ejemplo, si queremos entender los intrones, debemos examinarlos desde ambos puntos de vista: por un lado, habrá de analizarse su función en el genoma (que no conocemos) y, por otro, determinarse por qué existen, es decir cómo evolucionaron (respecto a lo cual también se han formulado teorías aún no demostradas). En cuanto a la revolución darwiniana, el concepto más importante es la selección natural, que explica gran cantidad de caracteres de los organismos. Por ejemplo, el ser humano sabe desde hace muchísimo tiempo que las alas sirven para volar, la mano para prender, los ojos para ver y las piernas para moverse. Darwin, al dilucidar la selección natural, propuso que, en función de dos procesos, la historia (los ancestros) y la selección natural, se establecen las adaptaciones de los organismos a su medio ambiente.

### **Los límites de la ciencia**

De acuerdo con la idea de que la ciencia era la base del progreso, el historiador George Sarton escribió en 1962 que el principal impulso de la historia de las ciencias durante la primera mitad del siglo xx fue el descubrimiento y la difusión de la verdad objetiva. Al generalizarse la idea de que la ciencia es la base del progreso, se impuso también el afán de fomentar su desarrollo, incluidos por supuesto los estudios históricos que pretendían entender el desenvolvimiento científico de otras épocas para entender el estado actual de las ciencias. Debemos reconocer que este tipo de investigaciones marcó una nueva época en la comprensión del papel de la ciencia y la historia de la ciencia en la sociedad contemporánea.

El examen del desarrollo histórico de la ciencia y la tecnología ha formado parte de los proyectos históricos y filosóficos de las últimas décadas. De hecho, ello no se entiende ya como un conjunto de teorías de aplicación universal, sino como una serie de prácticas que abarcan desde aspectos teóricos y metodológicos hasta prácticas de laboratorio, además de cuestiones sociológicas como las conductas de los científicos, la dinámica de las comunidades científicas y los apoyos financieros que en muchas ocasiones son cruciales para dirigir la investigación científica. Un ejemplo de lo anterior fue el apoyo brindado por la Fundación Rockefeller a mediados del xx al desarrollo de los estudios de biología molecular, que culminaron en lo que ahora podemos llamar la molecularización de la biología. Esto último significó uno de los estadios más importantes por los que atravesó la biología en el siglo pasado. El avance de la genética y la biología molecular ha desembocado en la comprensión no sólo del material genético y su evolución, sino del uso y las potencialidades futuras del conocimiento antes incluso de que se creen las técnicas necesarias para hacerlas realidad. ¿Quiere decir esto que los límites de la ciencia son sólo técnicos? ¿O hay otros factores que la restringen? Nuestro punto de vista es que el aparato científico difícilmente puede limitarse, pues el conocimiento de hoy será la base del conocimiento del mañana, y las nuevas tecnologías estarán cada vez más desarrolladas. Tal vez, aspectos sociológicos como los valores éticos, que en el caso de la genómica se hallan en juego, o asuntos financieros, que en la ciencia resultan cruciales, definan el futuro de la genómica. Parece imposible pensar que, así como Aldous Huxley se imaginaba que podían producirse bebés de probeta en 1932, cuando apenas se desarrollaba la genética, con la nueva información del genoma no se vislumbren cambios sustantivos en nuestra forma de practicar la ciencia. ♦

### **Bibliografía**

- Ayala, F. J., *La teoría de la evolución: de Darwin a los últimos avances de la genética*, Madrid, Colección Fin de siglo (Serie Mayor, 60), 1994.
- Golinski, J., *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom, 1998.
- Huxley, A., *Brave New World*, Essex, Longman Fiction-Addison Wesley Longman Limited, 1996.
- Mayr, E., *The Growth of Biological Thought*, Harvard, Belknap, 1982.