

## La determinación del sexo en la doctrina de la herencia

POR EL

**Dr. Deolindo Machado**

Prof. Ad. de la Facultad de Medicina

Es indudable que uno de los problemas más interesantes de la fisiología, de la embriología y especialmente de la genética actual, lo constituye sin lugar a dudas, el problema del sexo, sobre todo que él puede considerársele unido completamente al proceso de la doctrina de la herencia.

Eminentes biólogos afirman en la hora presente, que el sexo se hereda.

Este problema del sexo viene discutiéndose desde la más remota antigüedad y ya en el siglo VI antes de J. C. se sustentaba la teoría de Alkmaion, que decía así: "En el niño, se realizará el sexo de aquel de sus progenitores que aporte mayor cantidad de semen". A pesar de que este principio representa la única transmisión directa de la opinión de Alkmaion y mediante la cita de otras tesis del médico crotoniata, se ha logrado reconstruir un cuadro bastante completo de su teoría del sexo.

Según él, las cualidades trasmisoras del sexo, propias del semen masculino y femenino, dependen de la diversa constitución de la consistencia o fluidez del semen de ambos sexos.

Poco tiempo después, se manifestaba esta teoría sexual de Alkmaion, en el sentido de que no era la constitución del semen, sino ciertas fuerzas de su contenido las que determinaban el sexo.

Estas fuerzas, según una poesía didáctica de Parmenides (500

años antes de J. C.) hacen que el embrión se desarrolle en el sentido masculino o femenino.

Frente a estas teorías se opuso el postulado de la potencia bisexual de ambos progenitores que formuló por primera vez (200 años después de Alkmaión) un médico de la escuela enídica diciendo que cada uno de ambos progenitores segregaban al mismo tiempo esperma masculino o femenino.

Vino después la época llamada pre-aristotélica, que aportó otras teorías de la determinación embrionaria del sexo. Una de ellas, talvez la más interesante, va asociada al nombre de Empédocles, quien sostiene que el esperma es sexualmente indiferente y que la determinación del sexo tiene lugar por influencia de la temperatura del útero. El sexo masculino se caracterizaría por una mayor actividad vital debida a una mayor participación del fuego (uno de los cuatro elementos de la naturaleza), desarrollándose en el segmento más caliente del útero (lado derecho).

Después vino Galeno (200 años después de J. C.), quien basó sus estudios embriológicos en una comparación de la noción aristotélica y la pre-aristotélica sobre el esperma. Sin embargo, Galeno sentó la teoría de que los aparatos genitales masculinos y femeninos son similares, y su idea fundamental fué que “todas las partes que se encuentran en el cuerpo de los hombres, pueden también observarse en el cuerpo de la mujer”.

Vino después la edad media, y en ella predominó, acaso como un axioma, la oposición existente ante el “semen fuerte” que procede de la gonada derecha y que determina un desarrollo masculino, y el “semen débil”, de localización izquierda, que determina el sexo femenino.

Y fué recién a fines del siglo XVII con el descubrimiento de los elementos esenciales de las sustancias conceptivas, el óvulo y el espermatozoides, así como el conocimiento exacto de sus sitios de producción, que trajo consigo la reanimación de la idea de Demócrito de la pre-formación del individuo en el esperma.

Marcelo Malppighi, Jan Swammerdan (1637-68) y otros, creían que en el óvulo se encontraba el embrión pre-formado, mientras

que Van Lecuwenhoecke (1632-1723) y otros, creían que se hallaba en el animalillo de la esperma.

Pero en realidad, con la genética, se creía que se había encontrado la clave de todos los fenómenos del sexo, y fué que en la primera mitad del siglo XIX, Rudof Leucart (1823-1898), descubrió, por ejemplo, la formación bisexual en el hombre, como formas que obedecieran a leyes especiales, y que en el individuo masculino eran debidas a una persistencia de los conductos de Müller, y en el femenino a los conductos de Wolff. Después, la aparición de la obra "Investigaciones microscópicas", de Teodor Schwann (1839), en la cual el autor aportó la prueba experimental de la célula animal, había ganado por otra parte, nuevos partidarios la doctrina de la determinación primitiva del sexo.

Pero la naturaleza de esta determinación sexual no pudo ser caracterizada con más profundidad hasta en el siglo XX. La investigación fisiológica en contraposición a la puramente morfológica adquirió cada vez, mayor importancia.

El descubrimiento de las cromosomas sexuales y de su comportamiento en la segmentación, parecía por fin haber aproximado la solución del problema de la determinación sexual, sobre la cual se habrían emitido hasta entonces alrededor de quinientas hipótesis. Se creía que esta determinación sexual se realizaba en tres circunstancias especiales: en progono, en suigono y en epigono, es decir, antes, durante y después de la fecundación. Cada una de estas circunstancias tenía sus defensores.

En la hora presente, estos conceptos han pasado a la historia, y modernas investigaciones biológicas se inclinan a considerar que sólo a los *genes cromosómicos* les está encomendada la fundamental condición de señalar los sexos, si tienen cromosomas X o Y, pero en el espermatozoide y no en el óvulo para el hombre. Pero en general, como veremos luego, no se puede decir que la determinación del sexo sea una cosa resuelta definitivamente, y sólo se sabe de cierto que éste se halla determinado después de la fecundación, es decir, en epigono.

Pero, en realidad, la moderna doctrina de la herencia, que arranca, se puede decir de 1900, se funda, por una parte, en el

análisis de la distribución de los factores hereditarios en el curso de las ulteriores generaciones, y, por otra, en el examen citológico de los gametos y óvulos.

Los caracteres hereditarios están colocados en partículas sólidas (genes) que se encuentran en los cromosomas. Toda modificación de un gen, provoca una transformación o mutación del correspondiente carácter hereditario. Un mismo gen puede sufrir toda clase de modificaciones en el curso de las generaciones.

Todas las mutaciones que resultan de las modificaciones de un mismo gen, constituyen una serie de alelomorfos.

Las mutaciones, cuya causa intrínseca es desconocida, pueden ser producidas experimentalmente por el calor, Rayos X y ultravioletas, etc.

De los modernos investigadores de la genética pueden citarse los botánicos K. Correns, H. de Vries, E. Tschermack, N. Batezon, y los zoólogos L. Cuenot, T. H. Morgan y su discípulo H. I. Müller, etcétera.

La determinación del sexo constituye desde un principio, un ramo especial de la doctrina de la genética. El sexo del nuevo ser, resulta igualmente de la distribución de los cromosomas en el momento de la fecundación.

La investigación de casos de sexualidad anormal (R. Goldsmith Seiler y C. B. Brigdges) esclareció el mecanismo de la distribución de los factores hereditarios que determinan el sexo. En un crustáceo *Hahemosis*, parásito que vive en los vasos sanguíneos, si se notan veinte o más parásitos en el mismo huésped, éstos son siempre machos; pero si hay uno solo, éste será fatalmente hembra. De aquí se puede afirmar que el número de parásitos determina la calidad del sexo.

Hoy se puede decir que hasta causa de influencias extrañas (en parte antes y en parte después de la fecundación) pueden dar lugar a que un embrión indiferente se desarrolle, dando un macho o una hembra.

Un ejemplo de esta clase de determinación sexual es, según Mac Hartmann y otros, la *Bonelia*, un curioso gusano gefiriano del Mediterráneo, con dimorfismo sexual especialmente marcado.

Las hembras poseen un cuerpo de forma ovoidea, del tamaño de una ciruela, con una trompa de casi un metro de longitud, pero los machos son, en cambio, muy pequeñitos, de pocos milímetros, y que viven como parásitos en el útero de la hembra.

Se sabe que determinadas sustancias del cuerpo femenino de la *Bonellia*, y también ciertas sales inorgánicas de las aguas del mar, tienen la propiedad de actuar como masculinizantes y basta aportar estas sustancias a los individuos de *Bonellia*, en desarrollo, para determinar el sexo. Fritz Balzer ha logrado probar que los óvulos fecundados de este gusano, cuando quedan libres, producen larvas nadadoras o trocóforos y que si cualquiera de estas larvas se fija sobre la trompa de una hembra adulta, se transforma en macho.

Las larvas que permanecen libres caen finalmente al fondo y gradualmente se transforman en hembras.

Baltzer crió 750 larvas, no permitió la fijación de éstos en la trompa, y resultó que el 85 por ciento de las larvas fueron hembras; y constató sólo un 5,6 de machos, con un 4,7 de intersexuales.

También se conoce un vermes *Dinophila* que vive en el agua salada, en que el macho es microscópico, y tiene 0,04 mm. de longitud, y en cambio la hembra es grande, pues tiene 1,4 mm.

Las hembras colocan sus huevos en una especie de capullo, donde se puede notar huevos grandes y también muy pequeños, cuyos diámetros oscilan entre 0,113 y 0,036 mm. respectivamente. Los huevos grandes darán hembras y los chicos machos, de donde se puede inferir que el sexo queda determinado por el tamaño de los huevos.

Nosotros sabemos, porqué se ha podido estudiar perfectamente, la constitución de la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) y sabemos también especialmente por la escuela de Morgan, que hay en cada cromosoma, una gran cantidad de genes y de ser exactos parecería que éstos se hallan colocados linealmente.

Sabemos también que los cromosomas llamados sexuales de la hembra *drosophila*, están formadas por dos bastoncitos iguales, siendo por lo tanto homogámicos u homocigótico y que vulgarmente se les llama cromosomas XX. En cambio los cromosomas sexuales del macho, son morfológicamente desiguales (heterogámicos o heterozi-

góticos) porque uno de los cromosomas tiene la forma de bastón y el otro es ganchoso.

Este cromosoma desigual o ganchoso, es el cromosoma Y. Recordemos también, que en el proceso de la formación del óvulo, y también del espermatozoide, hay un momento en la faz llamada de maduración, en que se separan entre sí, los componentes de las parejas cromosómicas, quedando de esta manera reducidos a la mitad el número de las cromosomas, de suerte que en la mosca de las frutas por ejemplo, ya no quedan ocho cromosomas, sino cuatro, es decir una sola serie de cromosomas.

En esta circunstancia, serán dos cromosomas en forma de U, un cromosoma esférico y un cromosoma en bastón X, para el óvulo.

Para el espermatozoide, el hecho sería diverso, pues en la reducción cromática, se formarían dos clases de espermatozoides, uno de ellos contendría cromosoma sexual X y el otro contendría el cromosoma sexual ganchoso o cromosoma Y. Si el espermatozoide conteniendo el cromosoma sexual X llegara a fecundar el óvulo, el futuro embrión sería seguramente del sexo femenino, porque entonces tendríamos la combinación XX, pero si el espermatozoide fecundante fuera el que contiene el cromosoma ganchoso Y, el futuro sería necesariamente masculino, porque entonces tendríamos la combinación cromosómica XY.

Es decir, que, en el elemento germinativo masculino, se han producido dos clases de células germinales, una de las cuales actuaría sobre el desarrollo del germen embrionario masculinizándolo y otra femenizándolo.

En las especies bisexuales puede comprobarse examinando un gran número de descendientes, que ambos sexos aparecen en igual número, con excepción de casos especiales como en la partogénesis, series monosexuales, etc.

Esta proporción constante de 50 por ciento de machos y 50 por ciento de hembras, muestra que la distribución de los sexos está bien regulada por un mecanismo de herencia.

En nuestra provincia, como un caso curioso, este porcentaje regular de 50 por ciento de ambos sexos se mantiene, con muy ligeras variantes, porque desde 1935 a 1941, en todos los departamentos

hay un pequeño excedente de nacidos machos, con una ligera excepción para 1937, en que en el departamento Minas hubo 85 nacidos del sexo fuerte, contra 111 del sexo femenino, y en ese mismo año en el departamento Juárez Celman hubo 400 nacidos del sexo masculino contra 448 del sexo femenino.

Ya sabemos por experiencias citológicas que en muchas especies de animales o vegetales, hay diferenciación cromosomal en los llamados cromosomas del sexo y ya sabemos también que en uno de ellos, el par de cromosomas es homogéneo, mientras que en el otro sexo es heterogéneo, formando así cromosomas distintos.

Uno de ellos, el cromosoma X, es igual a los dos cromosomas del otro sexo, mientras que el segundo cromosoma de la pareja, el cromosoma Y, tiene una forma completamente diversa al anterior. En la *Drosophila*, como asimismo en el hombre, como en otras especies, es el macho el portador del cromosoma heterogéneo o desigual, pero en las aves, las mariposas, etc., es la hembra.

El sexo del futuro embrión se determinaría en el momento de la fecundación, por la unión de los cromosomas sexuales.

Durante la fecundación pueden ocurrir dos cosas, o bien un espermatozoide con cromosoma X, fecunda el óvulo con cromosoma X, y entonces resultaría una combinación cromosómica XX, que determinaría un ser femenino; o bien un espermatozoide con cromosoma Y, fecunda el óvulo para que resulte la combinación cromosómica XY que daría un ser masculino.

Como la fecundación es un fenómeno puramente casual, si se hacen cálculos en gran escala, se llegaría a obtener ambos tipos de fecundación en proporción más o menos igual.

Los cromosomas del sexo no se diferencian siempre por su forma y tamaño con los cromosomas ordinarios, pero en el hombre sí. Lo mismo que los otros, encierran genes, por lo menos en lo que se refiere al cromosoma X, porque el cromosoma Y está, según se cree, más o menos vacío de genes.

Claro está que los factores hereditarios en estos genes se comportan en el curso de la generación, de otra manera que los ordinarios, pues están ligados a la distribución de los cromosomas X, siendo por lo tanto ligados al sexo.

Así, por ejemplo, el daltonismo es una enfermedad que se caracteriza porque sólo aparece en los hombres y es transmitida por las mujeres, por lo que hay que aceptar necesariamente que esta enfermedad está condicionada a un factor hereditario recesivo, que se debe localizar en el cromosoma X.

Investigaciones recientes han aportado la prueba de que el cromosoma Y no desempeña papel alguno en el proceso de la determinación del sexo.

El estudio de la intersexualidad, provocada por trastornos genéticos experimentales, ha llevado a varios investigadores a presentar una descripción detallada del mecanismo de la determinación del sexo. Así, por ejemplo, Goldmith en sus ensayos universalmente conocidos en la limantria *Dispar*, Briges en la *drosophila*, Seiler en la mariposa *Solenobia* y algunos otros han trabajado en este sentido.

El sexo resultaría, en definitiva, de un estado determinado de equilibrio entre los cromosomas X y los ordinarios.

Un cierto estado particular de equilibrio protoplasmático en el momento de la fecundación, determinaría el desarrollo del sexo masculino, mientras que un estado distinto daría lugar al sexo femenino.

Cuando al iniciarse la fecundación no exista uno de estos dos estados, se desarrollaría un individuo sexualmente normal.

---