

# LA DETERMINACIÓ DEL SEXE


Antoni Fontdevila\*

## Un model per estudiar l'evolució dels gens del desenvolupament?\*

En els humans el sexe està determinat pels cromosomes. Les dones tenen dos cromosomes X i els homes un X i un Y. Però aquest sistema no és universal. Espècies evolutivament pròximes poden presentar sistemes diferents de determinació sexual. Més i tot, dintre d'una mateixa espècie es poden trobar ocasionalment diverses estratègies per a la determinació del sexe. Aquestes observacions suggereixen que l'evolució dels sistemes genètics de determinació del sexe és molt dinàmica.

Tot això sembla contradir la idea actualment afavorida segons la qual els sistemes genètics bàsics del desenvolupament són molt antics, presents ja abans de l'aparició dels tipus zoològics (fila) fonamentals, en el càmbric, fa més de 500 milions d'anys. Un bon exemple de conservació són els gens *hox*, que funcionen similarment en organismes tan diferents com cordats, nemàtodes o artròpodes. L'omnipresència d'aquest sistema genètic ha fet ressuscitar l'antiga idea de l'eminent zoòleg Geoffrey Saint Hilaire, que postulava l'existència d'un tipus o estructura corporal ancestral (arquetip) del qual provenien tots els fila actuals. Aquesta contradicció és el que dos genètics evolutius, Ignacio Marín i Bruce S. Baker, de les universitats de València (Espanya) i Stanford (EUA) respectivament, discuteixen en un article aparegut a la revista *Science*, titulat "The evolutionary dynamics of sex determination". El punt de partida d'aquests investigadors és que la contradicció pot ser més aparent que real: alguns gens bàsics que regulen aquesta determinació podrien tenir una gran antiguitat. Per exemple, en el cromosoma Y dels homes existeix un gen (anomenat *Sry*) que és el gen clau per a la determinació primària del sexe. Doncs bé, aquest gen s'ha trobat a tots els mamífers, i això suggereix que el sistema basat en el gen *Sry* té una antiguitat de més de 130 milions d'anys. Un altre exemple el proporciona la mosca *Drosophila melanogaster*. El sistema de determinació sexual de la *Drosophila* és molt diferent del dels mamífers. Aquí cada cèl·lula té un sistema genètic que detecta si hi ha un o dos cromosomes X, i indueix el desenvolupament de cèl·lules mascle (un X) o femella (dos X). Per tant, el cromosoma Y a la *Drosophila* no intervé en la determinació del sexe. A la *D. melanogaster* s'han trobat gens que actuen jeràrquicament en la determinació del sexe. Alguns d'aquests gens (com per exemple *Sxl*) s'han clonat en altres drosophí-

lids, on semblen tenir les mateixes funcions i estructures. Altres (com el gen *dsx*) tenen homòlegs en organismes tan distants com el nemàtode *Caenorhabditis elegans*. Totes aquestes observacions suggereixen que, en els invertebrats, aspectes de la determinació del sexe han estat sota control dels mateixos gens durant molts milions d'anys.

Un altre aspecte que discuteixen els autors és el ritme de canvi de la determinació del sexe. No tots els gens reguladors tenen la mateixa facilitat per canviar. Els gens que actuen als nivells alts de la jerarquia reguladora poden ser substituïts més fàcilment que els que regulen els passos més baixos. La condició cromosòmica també influeix molt en la fixació de les noves mutacions reguladores. Si l'organisme té un sistema heteromòrfic (XY) de determinació sexual, és més fàcil que es produeixin efectes deleteris. Finalment, si les noves mutacions són avantatjoses, per si mateixes o perquè estan associades amb altres gens afavorits, la probabilitat de fixació augmenta. És possible que la rapidesa del canvi d'alguns sistemes de determinació del sexe es degui al fet que la inactivació d'un gen sexual no sigui tan detrimental com les mutacions que afecten altres processos. Si l'alteració d'una cascada d'efectes gènics que condueixen al desenvolupament d'un sexe produeix l'aparició de l'altre sexe, el sistema no estaria constret i podria evolucionar ràpidament. Això podria passar també en altres processos, com els que generen dos morfs dintre d'un mateix sexe. Aquest és un aspecte que il·lustra com les lliçons dels estudis de la determinació del sexe poden ser molt útils per enfocar els estudis en altres processos del desenvolupament. La flexibilitat observada en la determinació del sexe podria ser una regla més que una excepció en l'evolució del desenvolupament. Aquest és el missatge que tracten de transmetre els autors. Però la dificultat és detectar canvis en els processos de desenvolupament. En el cas de la determinació del sexe ens és suficient observar citològicament els cromosomes o fer encreuaments per veure els diferents sistemes. La metodologia en altres casos és més difícil. 

\*Departament de Genètica i Microbiologia, Universitat Autònoma de Barcelona.

\*Comentari a l'article d'Ignacio Marín i Bruce S. Baker aparegut a *Science*.