

# Las matemáticas explican la formación de los dedos

Investigadores han conseguido los datos suficientes para confirmar que los dedos de manos y pies siguen el modelo descrito por el mecanismo de Turing.

por MDZ Cultura & Ciencia  
3 de Agosto de 2014 | 06:30



El científico británico Alan Turing (1912-1954) contribuyó a la biología matemática con la publicación, en 1952, del artículo *The Chemical Basis for Morphogenesis*, en *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, que generó el desarrollo de toda una nueva área de investigación relacionada con la creación de patrones en la naturaleza.

El matemático descubrió un sistema de dos moléculas que podían, al menos en

teoría, crear patrones de manchas o de rayas si las moléculas se difundían e interactuaban químicamente de una determinada manera.

Las ecuaciones mostraban que, partiendo de una condición de uniformidad (una distribución homogénea, sin patrones o diseños, por ejemplo), estas moléculas podrían autoorganizar su concentración de manera espontánea en un repetitivo patrón. Esta teoría ha sido aceptada como explicación de patrones sencillos, como las manchas de las cebras o incluso de las crestas que se forman en las dunas de arena, pero en el campo de la embriología aún no había servido como explicación satisfactoria de cómo se forman estructuras como los dedos.

Ahora, un grupo de investigadores del laboratorio de Biología de Sistemas Multicelulares del Centro de Regulación Genómica (CRG), coordinados por James Sharpe, coautor del estudio, ha conseguido los datos suficientes para confirmar que los dedos de manos y pies siguen el modelo descrito por el mecanismo de Turing.

"Este estudio complementa uno anterior del mismo grupo que mostraba que los genes Hox y el factor de crecimiento de fibroblastos (FGF, en inglés) seguían un hipotético patrón de Turing. Sin embargo, en ese momento las moléculas de Turing no habían sido identificadas aún y la pieza clave del rompecabezas seguía sin ser descubierta. Este nuevo estudio resuelve el enigma al demostrar qué moléculas actúan como el científico predijo", comenta James Sharpe.

El acercamiento al problema se realizó a través de la biología de sistemas. Los investigadores combinaron datos descubiertos en el trabajo experimental con datos del modelo matemático. Así, los primeros autores del estudio pudieron comprobar su hipótesis basándose en datos empíricos y en datos teóricos. El trabajo proporcionó los datos experimentales para el modelo y las simulaciones por ordenador dieron las predicciones que debían ser comprobadas con los experimentos.

### **Dos vías metabólicas clave**

Al revisar la expresión de determinados genes, los investigadores encontraron dos vías metabólicas que cumplían con los requisitos: BMP y WNT. Gradualmente fueron construyendo el modelo matemático mínimo compatible con los datos y encontraron que las dos vías estaban relacionadas a través de una molécula, el factor de transcripción Sox9.

Posteriormente calcularon los efectos de la inhibición de estas vías metabólicas, tanto individualmente o por combinación de las dos, que predecían el cambio en el patrón de los dedos (predecían cuantos dedos iba a tener el embrión). Cuando los mismos experimentos fueron realizados en las yemas de extremidades cultivadas en una placa de Petri, se observaron las mismas alteraciones en los patrones de los dedos que fueron observadas en el modelo por ordenador.

Este resultado efectivamente resuelve una pregunta del campo de la embriología, pero sus consecuencias afectan a muchas áreas más allá del desarrollo de las extremidades. Permite abordar el debate de cómo las millones de células de nuestro cuerpo son capaces de auto organizarse en una estructura tridimensional. Desafía pues el dominio de una idea muy arraigada denominada "información de posición" (positional information en inglés), que dice que las células saben qué hacer porque reciben información sobre sus coordenadas en el espacio (como la longitud y la latitud en un mapa de la tierra).

El estudio publicado hoy resalta que, por el contrario, los mecanismos más locales de autoorganización son más importantes de lo que se creía. Entender perfectamente la organización de un organismo multicelular es esencial si queremos desarrollar estrategias efectivas para la medicina regenerativa y, por ejemplo, poder crear un día tejidos de reemplazo para nuestro cuerpo. A corto plazo estos resultados explican porqué la polidactilia, el desarrollo de dedos de más en pies y manos, es un defecto muy común en humanos: ahora sabemos que el sistema de Turing tiene una precisión casi igual que el modelo alternativo a la hora de regular el número de manchas, rayas, dedos o cualquier patrón.

Según los autores, la pregunta sobre cómo se desarrolla un embrión parece no estar relacionada con los problemas informáticos o los algoritmos con los que se relaciona más a Turing. Sin embargo, responde a sus legítimos intereses por entender las complejas e ingeniosas máquinas presentes en toda la naturaleza. De una forma, Turing buscaba los algoritmos que la vida utilizó para desarrollarse. Este estudio, que ha confirmado una teoría de la embriología propuesta hace 62 años, reúne los dos más grandes intereses del científico.

### **Un genio poco valorado en su época**

Alan Turing es en la actualidad reconocido mundialmente por una serie de descubrimientos que alteraron profundamente el siglo XX. En 1936 publicó un artículo que se convirtió en la base de la informática al crear el primer concepto formal de un algoritmo informático.

