



En torno a la figura de Alan Turing: desarrollos tecnológicos e implicaciones sociales de los logros científicos

Los últimos años de Turing. Conclusiones del curso.

David Griol Barres, Departamento de Informática, dgriol@inf.uc3m.es



Este obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/).



- Proceso que rige la generación de patrones en sistemas biológicos.
- Su trabajo es una de las contribuciones más importantes de la matemática aplicada del s. XX
- Demostración de su trabajo muy recientemente:
 - Shigeru Kondo y Takashi Miura, “[Reaction-Diffusion Model as a Framework for Understanding Biological Pattern Formation](#),”
Review, *Science* 329: 1616-1620, 24 Septiembre 2010.





- Artículo escrito en 1952: *The Chemical Basis of Morphogenesis*.
- La razón por la que Turing se interesa por investigación de la morfogénesis es desconocida:
 - La morfología compleja de los seres vivos era un problema complejo de las matemáticas que son se había resuelto mediante axiomas básicos
 - El objetivo era intentar resolverlo mediante la aplicación de leyes físicas básicas bien conocidas.





- Seleccionó el proceso químico de reacción-difusión como la base de su estudio, y analizó el comportamiento de un sistema hipotético (sistema de la reacción-difusión) integrado por dos clases de productos químicos difusibles y que obraban recíprocamente.
 - En los años 50, la bioquímica era la vanguardia de la ciencia biológica y se desconocía la información detallada de la biología de la célula.
 - Si Turing estuviese vivo ahora, hubiera analizado un sistema de las células que interactúan recíprocamente por los ligandos y los receptores.





- **Reduccionismo como clave para la comprensión:**
 - Modeló con ecuaciones de reacción-difusión cómo se generan patrones (como las manchas en la piel de un animal) durante el desarrollo de un embrión.
 - Consideró dos sustancias (producidas por dos morfógenos) que reaccionan entre sí y se difunden por un tejido celular.
 - **La repetición de patrones regulares en los sistemas biológicos son generados por un par de morfógenos** que trabajan juntos, uno como activador y otro como inhibidor.
 - **Cuando la actividad de estos morfógenos aumenta o disminuye, los patrones se ven afectados**





Morfogénesis

- La observación biológica de la evolución dinámica de los patrones de los modelos de Turing en un ser vivo fue hecha por primera vez por Kondo y Asai en 1995 (lo publicaron en Nature) en el desarrollo embrionario de ciertos peces tropicales (*Pomacanthus imperator*).
- Hoy en día sabemos que muchos otros seres vivos comparten estos mismos mecanismos de desarrollo embrionario.



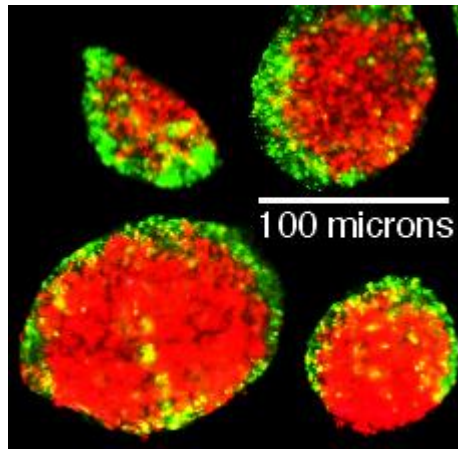


Morfogénesis

- Los estudios posteriores demostraron que estos patrones de la piel de este pez se deben a las interacciones moleculares entre células pigmentadas vecinas.
- Aún no se conocen con detalle todos los mecanismos genéticos implicados en estos procesos, se espera que en los próximos años puedan determinarse.
- La morfogénesis no es solo responsable de la formación de patrones en la pigmentación de los seres vivos. También es responsable de la asimetría izquierda-derecha en los vertebrados, el desarrollo de las extremidades, la ramificación de los pulmones y del sistema circulatorio, etc.



Morfogénesis



Tejido formado por células pigmentadas con dos compuestos químicos que se pueden difundir de una sola a otra vecina y que pueden reaccionar entre ellos dentro de cada célula

La concentración de estos ligandos viene regida por sendas ecuaciones de reacción-difusión acopladas.

$$F(u, v) - d_u u = a_u u + b_u v + c_u$$

$$G(u, v) - d_v v = a_v u + b_v v + c_v$$



1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144....

<http://www.maths.surrey.ac.uk/hosted-sites/R.Knott/Fibonacci/fibnat.html>

- Definió además como meta particular buscar la explicación de que las secuencias de Fibonacci rija los patrones de las hojas de las plantas (girasoles, piñas, conos del tronco del abeto).





Secuencia de Fibonacci y Naturaleza

- El número de espirales en los patrones de las pipas de girasol y los conos del pino se conforman a menudo con un número que aparezca en la secuencia matemática llamada la secuencia de Fibonacci (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89...). **La investigación da pistas cruciales en la manera que las plantas desarrollan y crecen.**
- Fascinación sobre como las Matemáticas rigen procesos de la naturaleza.
- Turing muere antes de finalizar el trabajo.
- Tributo 2012:
<http://www.turingsunflowers.com/>



[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helianthus annuus_001.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helianthus_annuus_001.JPG)

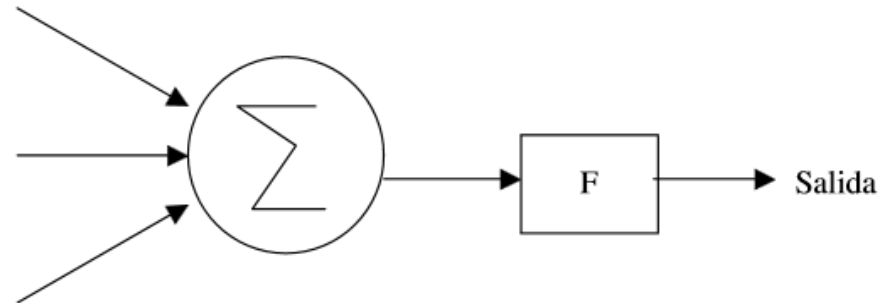




- Durante sus últimos años también retomó sus estudios sobre Física Cuántica:
 - Estudio del problema de la reducción de la forma de onda en la Mecánica Cuántica.
 - Investigación innovadora (solución no lineal).
 - Estudio de la representación de partículas elementales y su aplicación en la Teoría de la Relatividad.



- Estructura compuesta de un número de unidades interconectadas (neuronas artificiales) que:
 - Poseen una característica de entrada/salida,
 - Implementan una computación local o función.
 - Salida determinada por:
 - característica de entrada/salida,
 - interconexión con otras unidades,
 - entradas externas.





- Durante este período Turing alcanzó la distinción de ser el primer investigador de sistemas dinámicos no lineales mediante modelos basados en el ordenador (su teoría se basa en ecuaciones diferenciales no lineales para expresar la química del crecimiento).
- Turing murió mientras desarrollaba estas investigaciones, dejando un listado de notas manuscritas y programas que todavía no se comprenden en su totalidad.

- **Red neuronal de Turing:**

Cada neurona tiene dos fibras de entrada, y la salida de la neurona es una función lógica simple de sus dos entradas. Cada neurona en la red realiza la misma operación lógica, llamada “NAND”.





- **Red neuronal de Turing:**

Turing deseaba investigar también modelos más complejos del córtex: simular una red neuronal y su entrenamiento usando un ordenador, para posteriormente evaluar su evolución.

Desarrolló su investigación poco antes de las primeras computadoras electrónicas de uso general, utilizando solamente el papel y el lápiz.

También investigó en lo que ahora se conoce como Vida Artificial.

No fue hasta 1954, el año de la muerte de Turing, cuando B.G. Farley y W.A. Clark llevaron a cabo la primera simulación por ordenador de una pequeña red neuronal en el MIT.





- **Red neuronal de Turing:**

Turing introdujo un tipo de red neuronal que él llamó un “B-type unorganized machine”, consistente en neuronas artificiales (representadas con círculos) y modificadores de las conexiones (representados con cajas).

Puede contener cualquier número de neuronas, con la restricción que cada conexión de neurona a neurona contiene un modificador.

Relación con el funcionamiento del cortex cerebral según estudios recientes.





- Continuó además trabajando para el GCHQ (sucesor de Bletchley Park tras la guerra):
 - Artículos sobre descifrado de códigos desclasificados por el gobierno británico después de 70 años.
(<http://www.bbc.co.uk/news/technology-17771962>).
 - Relación rota con esta institución a partir de 1948.
 - **Los sistemas y estándares actuales de transmisión segura de la voz utilizan las bases de Turing.**





Conclusiones

- Los genios son como el rey Midas, lo que tocan lo vuelven oro; aunque muchos son mártires de la sociedad que les toca vivir.
- Trabajos aún desconocidos:
 - http://alt1040.com/2012/04/el-ghcq-libera-el-trabajo-de-turing-para-romper-la-codificacion-de-enigma?utm_source=self&utm_medium=nav&utm_campaign=Relacionados
 - <http://alt1040.com/2012/02/cientificos-demuestran-la-teoria-de-alan-turin-sobre-la-formacion-de-las-rayas-en-los-tigres>
 - http://alt1040.com/2012/06/kasparov-ajedrez-alan-turing?utm_source=self&utm_medium=nav&utm_campaign=Relacionados





Conclusiones

- Demostró resultados que eran generales y cualitativos en naturaleza.
- En modelos más complicados animó hacia un aproximación cuantitativa y numérica que fuera capaz de resolver un ordenador, que él ayudó también a desarrollar.
- Ésta es la base hoy en día de la Informática Teórica: modelos abstractos sencillos que conducen a la obtención de resultados rigurosos para estructuras discretas (**concepto de algoritmo**).

