

INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ¿MUERTE, O RENACIMIENTO?

ARTIFICIAL INTELLIGENCE: DEATH OR REBIRTH?

E. ALTSCHULER^{a†}Grupo de Sistemas Complejos y Física Estadística. Facultad de Física, Universidad de La Habana, San Lázaro y L, 10400 La Habana, Cuba; ealtshuler@fisica.uh.cu[†]

Hace algunos años, me encontraba participando en una reunión del comité editorial de una de las revistas de la *American Physical Society*. Alrededor de una larga mesa en forma de "U", se encontraban sentadas varias de las "vacas sagradas" en el mundo de la llamada Física Aplicada. . . y yo. En concreto, se estaba decidiendo qué contenidos se debían priorizar en la revista de marras. Entre ellos, se había incluido el *Machine learning* (ML)¹. Medio en broma, medio en serio, dije que me resultaba difícil comprender cómo ésa podría ser una parte de la Física Aplicada. Recuerdo nítidamente cómo uno de los respetables científicos que estaba sentado enfrente se tiró súbitamente hacia atrás en su asiento con una expresión de asombro, como si hubiera experimentado un shock eléctrico. Fue una experiencia iluminadora: hoy día es común encontrar artículos que explotan el famoso *Machine learning* en numerosos campos de la ciencia, ciertamente incluyendo la Física Aplicada [1].

Pero por aquella época, mi concepto de hacer Física estaba indisolublemente vinculado a entender. Entender, en primera aproximación, al modo "convencional": proponer un modelo simplificado de la realidad, escribir –por ejemplo– un sistema de ecuaciones diferenciales que contuvieran los elementos del modelo, resolverlas, y reproducir con ellas los resultados experimentales –eso sí; usando la menor cantidad de parámetros "libres" posible [2]. Creo que las físicas y físicos seguimos considerando que este es el paradigma de la elegancia del pensamiento físico –de la *inteligencia natural*, podríamos decir.

Pero en honor a la verdad, ya por aquella época mi concepto de "entender" estaba sufriendo una metamorfosis. Pongamos el caso de las avalanchas que ocurren al crecer una pila de arena –o una pila de vórtices superconductores– cuya distribución de tamaños sigue una ley de potencias. Podemos implementar una especie de "juego computacional" conocido como *autómata celular*, que intenta imitar al sistema real. En el autómata, se agregan granos sobre un suelo discretizado en forma de cuadrícula, y se imponen ciertas leyes para el comportamiento de los mismos al llegar a él (una de estas leyes, en versión muy simplificada, dicta que si en un escaque de la cuadrícula hay demasiados granos, éstos se reparten equitativamente entre los escaques vecinos) [3]. En esta nueva forma de pensar la Física, las ecuaciones (muy difíciles de resolver para una pila en más de una dimensión) han sido sustituidas por "reglas computacionales" dictadas, en buena medida, por el sentido común. Reglas que, al ser capaces de

reproducir el resultado experimental, nos dan la sensación de "entender".

Pero hace algunos años que la llamada *Inteligencia Artificial* (IA) está subiéndonos –¿o bajándonos?– la parada: hoy podemos resolver muchos problemas no sólo prácticos, sino científicos, sin la necesidad de la intervención humana –y, por lo visto, sin la necesidad de entender. El crecimiento de la IA es arrollador, y obviamente no disminuirá su paso. En el ámbito nacional, creo que la Historia nos impulsa a prestarle más atención a la enseñanza de la IA *en pregrado* dentro de las carreras de Física existentes en Cuba, expandiendo los esfuerzos que ya realiza MATCOM en la Universidad de La Habana, y algunas carreras de la CUJAE y de la UCLV. Es, de hecho, una oportunidad evidente de tender un nuevo puente entre disciplinas.

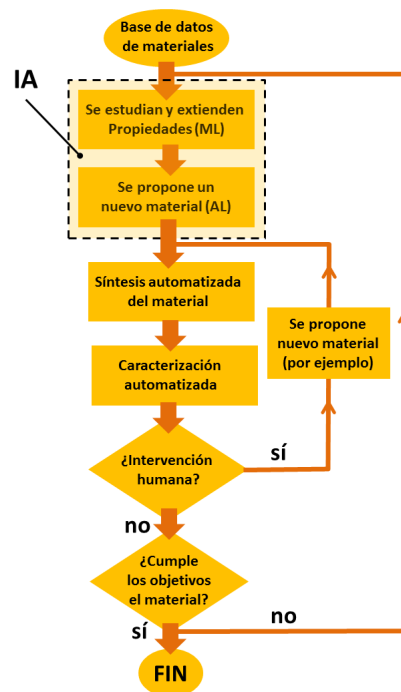


Figura 1. La inteligencia artificial "haciendo ciencia de materiales". Diagrama de bloques que representa una versión personal del sistema GAMEO.

La Inteligencia artificial no es cosa nueva. Muy laxamente, se trata de la parte de las ciencias de la computación que intenta lograr que las computadoras actúen "inteligentemente" mediante una gran variedad de algoritmos, donde hoy sobresalen las redes neurales. La parte de la IA que

¹Que a veces se traduce al español como "aprendizaje automático"... pero me parece un término tan burocratizante, que lo obviaré en el resto del artículo.

involucra algoritmos para el aprendizaje directo a partir de ejemplos y datos (muchas veces en cantidades masivas –*Big Data*) se conoce como *Machine Learning*. Y dentro de esta última rama, tenemos el *Active Learning* (AL) (Aprendizaje Activo), que se dedica al diseño óptimo de experimentos [4]. Recuerdo como, fines de los 1980's y principios de los 1990's, el descubrimiento de la Superconductividad de Alta Temperatura Crítica desencadenó una competencia furibunda entre numerosos laboratorios del mundo que, sin entender a derechas los mecanismos físicos involucrados, probaban cientos de composiciones combinando diversos elementos químicos para encontrar el "Santo Grial": un material superconductor a temperatura ambiente². Este estilo de trabajo no es exclusivo, por cierto, del mundo de los superconductores, y obviamente representa un sustancial gasto de recursos y tiempo. Justamente, éste es uno de los escenarios donde la inteligencia artificial ha mostrado impresionantes credenciales.

Utilizando herramientas de inteligencia artificial, ha surgido el CAMEO –Closed-loop, Autonomous system for Materials Exploration and Optimization (Sistema Autónomo a Lazo cerrado para la Exploración y Optimización de Materiales) [4] que estoy representando, en versión libre, en la Fig. 1. Supongamos que queremos "inventar" un nuevo material con ciertas propiedades físicas. Un programa de *Machine Learning* examina una amplia base de datos sobre materiales relacionados –pero no tan "buenos" como el que deseamos. Luego, utilizando *Active Learning*, el sistema propone un nuevo material que pudiera cumplir el objetivo propuesto (pudiera ser el resultado de cambiar la estequiometría de un material previamente existente en la base de datos). De forma robotizada, se sintetiza el material en cuestión en el laboratorio real y se caracteriza –determinando, entre otras, la propiedad "clave" que se quiere optimizar. Aquí, existe la opción de intervención humana: un experto, por ejemplo, pudiera proponer una composición algo diferente, en vez de la propuesta por el sistema. Pero si el ser humano deja a CAMEO hacer su trabajo, el sistema chequea si el material resultante ha cumplido las expectativas. En caso de que se haya logrado, da por terminado el proceso. Si no, la IA realiza un nuevo estudio de la base de datos, propone un nuevo material. . . y así, hasta obtener la muestra deseada.

En un trabajo reciente, CAMEO exploró autónomamente el sistema ternario Ge-Sb-Te con el objeto de identificar un material óptimo para fabricar una memoria de cambio de fase (PCM), donde la información pueda ser accedida en el rango de los nanosegundos, o incluso más rápido. En el pasado, se ha usado el compuesto $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ en tales memorias. Sin intervención humana, CAMEO logró el objetivo para una composición promedio $\text{Ge}_4\text{Sb}_6\text{Te}_7$. El proceso tomó 19 iteraciones del proceso representado de forma simplificada en

la Fig. 1, con una duración total de tan sólo 10 horas [4]. Para que no quedaran dudas, los autores de CAMEO fabricaron un interruptor fotónico con el material resultante, y demostraron que es mucho mejor que los previamente diseñados por nuestra modesta inteligencia humana.

¿Dónde nos deja esto a nosotros, los científicos? ¿Quizás nos convertiremos en humildes técnicos que repararemos los difractómetros que usa CAMEO en espera de que los robots guiados por IA aprendan a repararlos más eficientemente? ¿Nos convertiremos todos en programadores de Inteligencia Artificial, mientras ella aprende a auto-programarse? Aún peor: Ante la perspectiva de obtener cualquier solución "pulsando un botón", ¿será desechada por la sociedad humana la necesidad de *entender*?

Creo que no. El ser humano se resiste estoicamente a no entender, incluso desde la época previa a la Inteligencia Artificial. Durante muchos años, por ejemplo, la Física Cuántica utilizó el paradigma de "¡Cállate y calcula!" ("Shut up and calculate!") [5] basada en la enorme efectividad de una teoría que, sin embargo, era tan incompatible con nuestra intuición. Pero un grupo de físicos –inicialmente bastante marginados– opinaba que *había que entender*. Y, aparentemente, lo lograron. Su esfuerzo acaba de ser reconocido con el Nobel de Física de este año³.

Creo que, en un mundo dominado por la Inteligencia Artificial, la ciencia experimentará más un renacer que una muerte. Opino que la ciencia "exploratoria", repetitiva y aburrida quedará en manos de la Inteligencia Artificial, permitiendo que nos ocupemos de las tareas verdaderamente creativas –en especial, aquellas asociadas a las llamadas "ciencias básicas". Tareas que ahora mismo sería imposible enumerar. Porque son aquellas que sólo se revelan cuando nos cae una manzana en la cabeza.

REFERENCES

- [1] A. Kyrtsov, J. Glennon, A. Glasmann, M. R. O'Masta, B.-M. Nguyen, E. Bellotti, *Phys. Rev. Appl.* **15**, 064008 (2021).
- [2] E. Altshuler, R. Cobas, A. J. Batista-Leyva, C. Noda, L. E. Flores, C. Martínez, M. T. D. Orlando *Phys. Rev. B* **60**, 3673 (1999).
- [3] K. E. Bassler, M. Paczuski, E. Altshuler, *Phys. Rev. B* **64**, 224517 (2001).
- [4] A. G. Kusne, H. Yu, Ch. Wu, H. Zhang, J. Hatrick-Simpers, D. DeCost, S. Sarker, C. Oses, C. Toher, S. Curtarolo, A. V. Davydov, R. Agarwal, L. A. Bendersky, Mo Li, A. Mehta, I. Takeuchi. *Nat. Commun.* **11**, 5966 (2020).
- [5] D. Mermin, *Physics Today*, **42**, 9 (1989).

²Vale aclarar que (a) seguimos sin entender los mecanismos físicos involucrados y (b) seguimos sin haber obtenido un superconductor a temperatura ambiente –fuera del ambiente del espacio exterior, naturalmente.

³Ver el artículo correspondiente al Premio Nobel de Física en el presente número.