

DIEZ AÑOS DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES

J.M. Sanz Serna

Presidente, Real Academia de Ciencias de España

En los últimos diez años hemos vivido, me parece, rodeados de problemas. Numerosos y graves problemas. En España y fuera de España. Tengo la sensación de que la vida es ahora más problemática que en 1990, 2000 ó 2010 y creo que esa percepción no se debe sólo a que en esos años fuéramos más jóvenes. Voy a hablar de alguno de esos problemas. Por supuesto no tengo ningún ánimo de ser exhaustivo, ni en el elenco de problemas, ni en el tratamiento de cada uno de ellos.

Por “tener problemas” podríamos entender, con la RAE, “tener disgustos o preocupaciones”. Alternativamente, de modo no tan pesimista, “problema” podría referirse al “planteamiento de una situación cuya respuesta desconocida debe obtenerse a través de métodos científicos”. Como el lector comprobará, utilizaré la palabra problema a veces en un sentido, a veces en el otro. Las cuestiones de que voy a hablar son o han sido preocupantes; pero no hay que descartar que para ellas podamos dar con una respuesta, sea por métodos científicos, como dice el diccionario, o de forma diversa.

LOS PROBLEMAS DE LOS QUE NO VOY A HABLAR

No me referiré aquí a un grupo de problemas que, aun siendo de lo más preocupante, quedan muy lejos de mis conocimientos. Limitándonos a España, tenemos la persistente crisis en Cataluña, la precariedad del empleo de los jóvenes o sus dificultades para encontrar vivienda. Ninguno de ellos es en mi opinión tan grave como el continuo deterioro del funcionamiento de las instituciones, acompañado, o quizá propiciado, por la creciente polarización de los españoles. Me parece gravísimo este problema porque hasta que no sea resuelto no estaremos en situación de abordar con éxito los restantes. Vivimos un proceso inverso del producido durante la transición a la democracia, cuando los consensos alcanzados para aprobar la Constitución permitieron dotarnos de instituciones homologables internacionalmente y crearon las condiciones en las que fue posible abordar con éxito otros retos, como la superación de una honda

crisis económica. Si ahora los puntos de vista divergen cada vez más hacia los extremos, en la transición convergían hacia posiciones centrales.

Son muchos los españoles que advierten una preocupante degradación de las instituciones. Según el Eurobarómetro, en 2023 el nivel de confianza de nuestros conciudadanos en los partidos políticos, el parlamento, el gobierno y los jueces era del 8%, 19%, 23% y 51% respectivamente. Como referencia citemos que en 2007 esos valores eran notablemente superiores, 32%, 47%, 49% y 56%; llamando la atención el rápido desplome en la percepción pública de partidos, parlamento y gobierno, y resistiendo algo mejor la judicatura. Al compararnos con los países cercanos, las cifras de confianza son en España significativamente¹ más bajas que las de ellos. Así, en 2023 el 18% de los italianos confiaba en sus partidos y el 30% en su parlamento. Sin duda, el distanciado desengaño con lo público que antes asociábamos con Italia se ha trasladado a nuestro país. Otras encuestas, cuyas cifras me ahorro, muestran que el nivel de polarización de los españoles, que es ya altísimo, no deja de crecer. Porcentajes no despreciables de la población afirman no estar dispuestos a tener relaciones de ningún tipo con personas de posturas ideológicas alejadas de las propias.

Pero como dije, no comentaré más estos problemas sociales, en los que soy profano, y pasaré a hablar de otros que no me son tan distantes.

UN PROBLEMA RESUELTO

Quizá entre los problemas que nos han afligido en la última década, ninguno se haya planteado con más dramatismo que la pandemia COVID-19, que ha dejado en el mundo unos siete millones de víctimas mortales, aunque la cifra sea muy difícil de precisar. Todos conocíamos personas que fallecieron y conocemos a otras que tuvieron que pasar por largas hospitalizaciones, a veces en condiciones muy precarias, o aún sufren secuelas. Incluso para los afortunados cuya salud somática respetó el virus, la pandemia representó un trastorno completo de las pautas de vida cotidiana, con implicaciones psicológicas muy negativas en ciertos casos. Y eso sin mencionar la grave recesión de la economía mundial, sin precedentes desde la Gran Depresión de 1929.

En los iniciales momentos de desconcierto afirmaban algunos que la humanidad iba a repetir, angustiada, una terrible y duradera situación epidémica análoga, se decía, a la que supuso la peste bubónica del siglo XIV. Sin embargo, el desarrollo

¹ Aquí uso la palabra “significativamente” para indicar que los resultados son estadísticamente relevantes al 5%. Esto quiere decir que, aunque los resultados de la encuesta, como los de todas, están sujetos al azar, si nuestro país fuese indistinguible de los del entorno, diferencias tan grandes como las aquí citadas solo podrían aparecer con probabilidad del 5%.

de los acontecimientos ha vuelto a mostrar que, gracias a la ciencia, la humanidad ha dado pasos de gigante en la lucha, que nunca acabará, contra la enfermedad. Por fortuna se diseñaron y produjeron vacunas efectivas, no en cosa de años, lo cual hubiese sido ya admirable, sino en cuestión de meses. No sé si la opinión pública valora suficientemente ese éxito y es consciente de las cantidades ingentes de talento y estudio acumulado que se hallan implícitas en él.

En España carecíamos por completo de reservas de mascarillas y otros elementos de evitación del contagio. Peor todavía, en esta materia, como en tantas otras, no había producción nacional y se confiaba en la facilidad de importar derivada de la globalización de la economía. Sin embargo, tras un periodo inicial de extrema dureza, vimos cómo las farmacias españolas empezaban a disponer en abundancia de todo tipo de elementos protectores, en su mayor parte de fabricación nacional, lo que ponía de manifiesto la capacidad de adaptación de la industria y el transporte a las nuevas y difíciles circunstancias. La sanidad pública española organizó con éxito sucesivas campañas de vacunación, que llegaron a la práctica totalidad de la población. El COVID no ha desaparecido ni desaparecerá, pero ya no causa angustia generalizada. Y tal vez la pandemia haya traído incluso cosas positivas: por ejemplo, son ya muchos los que se benefician de las nuevas pautas de teletrabajo.

UN PROBLEMA EN CUYA SOLUCION SE TRABAJA

Otros problemas planetarios, más graves aún que la pandemia, no se perciben de modo tan acuciante como ocurrió con el COVID. Voy a hablar de la pérdida de biodiversidad, pero hay otros varios.

La evolución de las especies no es una pista ascendente que haya progresado inexorablemente desde el microbio hasta culminar con el ser humano. Muy al contrario, es un proceso del todo azaroso en el que cuanto aparece puede desaparecer, nuestra propia especie incluida. Todos conocemos la relativamente súbita y completa extinción de los dinosaurios² que tuvo lugar hace 66 millones de años, al final del periodo Cretácico. Pero esa extinción no se limitó a los dinosaurios: tres de cada cuatro de las especies entonces existentes desaparecieron para siempre. Y tampoco ha sido la de mayores dimensiones de las muchísimas que han acontecido y están bien documentadas por geólogos y paleontólogos. Por desgracia todo apunta a que estamos asistiendo ahora a una extinción de enormes proporciones, comparable a las cuatro o cinco más severas del registro fósil y desencadenada por la actividad humana. Más de un millón de

² En rigor, habría que decir “de los dinosaurios exceptuadas las aves”, porque hace tiempo que para la taxonomía las aves actuales son tipos particulares de dinosaurio.

especies de plantas y animales se ven amenazadas de modo grave y, desde el año 1500, 73 géneros de animales han desaparecido. Como está ocurriendo con el actual, los fenómenos de extinción masiva del pasado han solido darse de modo simultáneo con cambios climáticos. Así ocurrió con el acontecido hace unos 56 millones de años, entre el Paleoceno y el Eoceno, cuando, por el incremento del dióxido de carbono atmosférico causado por la actividad volcánica, la temperatura subió hasta ocho grados en todo el planeta. En determinados momentos la temperatura mínima en la Antártida fue de 15°C, al menos en algunas partes del año. Las consecuencias negativas de la pérdida de especies y del calentamiento global son difíciles de calibrar.

La pérdida de biodiversidad, el estudio del cambio climático y la búsqueda alternativas energéticas son campos que desde hace tiempo ocupan un lugar preeminente en las agendas de los científicos. El nivel de concienciación de la población ciertamente progresa, aunque queden negacionistas. Por desgracia, la dimensión planetaria del problema entra en conjunción con los colosales intereses económicos involucrados para obstaculizar la toma de medidas. Para no dar paso al pesimismo, conviene recordar el éxito de la política de recuperación de la capa de ozono. Lo que se llamó de manera gráfica “agujero” de la capa de ozono se descubrió a finales de los años setenta del siglo pasado e inmediatamente los peligros correspondientes, en especial el aumento de la prevalencia de los cánceres dermatológicos, pasaron a conocimiento de la población. En 1987 se logró el Protocolo de Montreal, que prohibió por completo la producción de las especies químicas causantes del problema, fundamentalmente varios grupos de hidrocarburos halogenados, antes muy comunes en frigoríficos y en diversos productos de uso cotidiano. Por supuesto, la química tuvo que buscar compuestos alternativos no perjudiciales y la industria proceder a las adaptaciones requeridas. Gracias a esas medidas, el agujero se halla, por suerte, en vías de “cerrarse” y se estima que en 2040 en amplias zonas del planeta los niveles de ozono sean como los que había en 1980.

UN PROBLEMA QUE PUEDE SER GRAVISIMO O NO

Aunque las portadas de los periódicos apliquen el calificativo “histórico” casi a diario, tal vez el 30 de noviembre de 2022 sí merezca el rango de fecha histórica. Ese día, la empresa OpenAI lanzó su ChatGPT. En dos meses, la aplicación había sumado más de 100 millones de usuarios y hoy OpenAI vale más de 80 000 millones de dólares.

Suele considerarse que la primera contribución a la inteligencia artificial (IA) sea el artículo *Computing Machines and Intelligence*, publicado en 1950 en la revista de filosofía *Mind* por el matemático Alan Turing (1912-1954), a quien, por cierto,

también se debe, entre otras varias aportaciones, haber concebido los ordenadores, cosa que hizo de modo indirecto en un artículo sobre lógica matemática (*On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem*) aparecido en 1936.

Pocos campos científicos han tenido un desarrollo con tantas vicisitudes como la IA. A mediados de los años cincuenta del siglo XX, las autoridades estadounidenses apostaron por efectuar inversiones gigantescas para poder llegar a usar los ordenadores, que por entonces comenzaban a construirse, en tareas de IA, en especial en la traducción automática. Con la guerra fría al fondo, se deseaba abaratar el gran dispendio que representaban las traducciones constantes del ruso al inglés. Como suele ocurrir, los medios de comunicación y los científicos directamente involucrados no se quedaron cortos en exagerar las posibilidades que el campo iba a traer. Pronto esas esperanzas iniciales se vieron defraudadas y se perdió la fe en que los ordenadores pudieran llevar a cabo traducciones realistas. Tales altibajos se han repetido. La IA ha pasado, entre otras crisis menores, por dos llamados “inviernos”, entre 1974 y 1980 el primero, y entre 1987 y 2000 el segundo, en los que se perdió toda la fe en el futuro del campo y se cegaron las fuentes de financiación. Ahora estamos en una “primavera” comenzada al acabar el segundo “invierno” el año 2000.

El boom actual se debe, ante todo, a los inverosímiles avances en la construcción de ordenadores. De haberse desarrollado la industria aeronáutica al ritmo que lo han hecho los ordenadores, hoy los vuelos de Europa a Norteamérica costarían un céntimo de euro y durarían un segundo. Pero, como ocurre en casi todos los campos donde se usan los ordenadores, tan importante como el desarrollo de mejores máquinas ha sido la introducción de algoritmos más eficientes y el aumento del número de datos disponibles.

Las cifras que rodean el boom son astronómicas y tan difíciles de calibrar como el número de las estrellas o las distancias entre las mismas. Las inversiones en IA en 2023 se miden en decenas de miles de millones de dólares. Microsoft, uno entre muchos de los socios en OpenAI, lleva invertidos en esta empresa 13 000 millones. En 2023, Amazon anunció una inversión de 4 000 millones en la compañía Anthropic y poco después Google comprometió con ella 2 000 millones. Entrenar una sola vez GPT-3 requirió 1300 MWh de electricidad: el consumo anual de más de cien domicilios de un país desarrollado. Se ha estimado que en 2027 el gasto energético mundial en IA será más o menos igual al total de energía consumida en los Países Bajos. En 2012 los modelos de IA mayores usaban para entrenarse 15 millones de imágenes; ahora las cifras son del orden de los miles de millones.

Todos somos conscientes de que la IA ya se utiliza con éxito en numerosos ámbitos y a diario nos llegan noticias de las grandes posibilidades que pronto abrirá. Pero también oímos de los problemas que la IA ha traído o traerá; problemas que podrían ir de lo prácticamente nimio a lo apocalíptico. Lo prácticamente nimio: la preocupación que a algunos profesores, universitarios o de bachillerato, causa la utilización de IA por los alumnos, que encargan a una aplicación la confección de los trabajos que se les asignan. Lo apocalíptico: Stuart Russell, un conocido especialista de la Universidad de California en Berkeley, ha descrito en una conferencia un escenario distópico en que las Naciones Unidas encomiendan a un sistema de IA la tarea de diseñar un procedimiento que reduzca la acidez de los océanos; el sistema consigue el objetivo, pero las reacciones químicas puestas en juego se autoalimentan, tienen la consecuencia no prevista de consumir en breve tiempo la cuarta parte del oxígeno atmosférico y la vida en el planeta desaparece.

Claro que todas las innovaciones del pasado, por positivas que hayan sido, fueron recibidas con miedos, suspicacias y recelos. Sin embargo, muchos creen que los peligros de la IA son de una dimensión que carece de precedentes. En marzo de 2023 más de 1800 personas, entre ellas Elon Musk y Steve Wozniak, cofundador de Apple, suscribían una petición de que se instaurara una moratoria de seis meses en el desarrollo de sistemas que fueran más allá de GPT-4, por los riesgos que suponen para la humanidad. Ya en 2014 Stephen Hawking había realizado declaraciones advirtiendo de los peligros de dejar sin control a la IA; por cierto, que entre los mismos no se olvidaba de mencionar un drástico incremento de las desigualdades humanas.

Gran parte de las potencialidades y los peligros de la IA actual derivan de basarse ésta en procesos de *aprendizaje*, el llamado *machine learning*, y no en la aplicación directa por el ordenador de directrices recibidas. La táctica empleada por un sistema de IA para jugar al ajedrez no se basa en seguir instrucciones detalladas sobre qué debe hacer en cada momento de las partidas que juegue. Muy al contrario, el sistema en lo esencial parte sólo del conocimiento de qué movimientos están permitidos o no por las reglas y va desarrollando, de modo completamente opaco para quienes lo programaron, su propio sistema de juego a medida que toma nota de las partidas que va ganando o perdiendo. Algo parecido al modo en que casi todos aprendimos de niños a jugar al ajedrez, sin leer manual alguno, pero con la diferencia de que un sistema de IA puede jugar contra sí mismo decenas de millones de partidas en una noche para ir aprendiendo. Por esta razón encomendar a la IA, por ejemplo, la toma de decisiones clínicas sobre el tratamiento más beneficioso para un paciente concreto puede dar lugar a problemas éticos graves, si ningún humano conoce en realidad las razones por las que se le deniega una cierta terapia, terapia que el paciente y el propio médico

pueden desear. Por otra parte, es conocido que los procesos de autoaprendizaje han permitido ya a ciertos sistemas de IA desarrollar sesgos racistas y de otro tipo. Con frecuencia en el autoaprendizaje se está recurriendo a datos de todo tipo sin respetar los derechos de propiedad que los protegen. También han saltado al dominio público las llamadas *alucinaciones* en las que los sistemas dan respuestas por completo erróneas.

En mi opinión gran parte de la eliminación de los efectos no buscados de la IA debe venir de una apropiada regulación que deslinde lo permitido de lo que se deba proscribir, al tiempo que marque sin ambigüedad cómo los diversos actores han de repartirse la responsabilidad de los daños que no dejarán de ocurrir. En una mesa redonda sobre la ética de la IA, organizada no hace mucho en la Real Academia de Ciencias, oí muy sorprendido cómo un experto, profesor de derecho, manifestaba que la IA no necesita de regulación específica, bastando los principios generales del derecho. Frente a esa opinión está por fortuna el dato de que en 2022 se aprobaron en diversos países un total de 37 leyes destinadas a regular la IA y la reciente aprobación por el Parlamento Europeo del Reglamento de IA. Sin duda dotarnos de sistemas reguladores adecuados, sobre todo en el ámbito internacional será la clave para evitar los múltiples peligros de la IA sin renunciar a sus potencialidades.

CONCLUSION

En matemáticas solemos entender la palabra “problema” en la segunda de las acepciones mencionadas al principio: como situación a la que hay que encontrar una respuesta. De hecho, las matemáticas consisten en resolver los problemas de su ámbito. Hace siglos problemas sencillos, de agrimensura por ejemplo; ahora más arduos, como el diseño de los algoritmos que efectúan las predicciones meteorológicas o codifican la información para que pueda ser enviada de modo que sólo sea accesible para sus destinatarios legítimos. Las matemáticas no existirían si no hubiera problemas que resolver con ellas, del mismo modo que el derecho sería innecesario si las relaciones entre personas no corrieran siempre el riesgo de generar conflictos.

Me parece que la mayor dificultad que los estudiantes universitarios de matemáticas encuentran al comenzar sus estudios es el desconcierto que les ocasionan los problemas que se les proponen. Del bachillerato vienen con la idea de que, cuando se les propone un problema, han de ser capaces de resolverlo inmediatamente, aplicando de modo automático una serie de procedimientos memorizados de antemano. Ese es el sistema en que se les entrena con vistas a superar con éxito las pruebas de acceso a la universidad. Huelga decir que esa concepción es del todo errónea. En las matemáticas, como en la vida, algo es

problemático en la medida que no es de entrada obvio cuál sea la manera en que conviene proceder. Parte decisiva de la tarea del profesor de matemáticas es ayudar a los alumnos a perseverar y no desanimarse cuando la idea para resolver el problema tarda en venir o se han intentado ya varios caminos infructuosos para dar con la solución. Sería maravilloso que la sociedad adquiriera una perseverancia paralela al enfrentarse con los problemas que no ceden a soluciones rápidas o simplistas.

Publicado en El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho, Número 112-113, Mayo-Junio 2024, páginas 176-179.