

WALTER BELLER TABOADA



MENTE y LENGUAJE

Hacia una epistemología
de la inteligencia artificial



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



WALTER BELLER es filósofo y psicoanalista, profesor-investigador en el Departamento de Educación y Comunicación de la UAM-Xochimilco.

Miembro de la Academia Mexicana de Lógica y del grupo Praxis de orientación poslacaniana.

Entre su bibliografía están, entre otros, *Metodología de los bordes, psicoanálisis y lógicas no clásicas*, *Elementos de lógica argumentativa para la escritura académica*, *Lógica, metodología y teoría de la argumentación en México. 150 años de historia*, publicados por esta casa de estudios.

MENTE Y LENGUAJE: HACIA UNA EPISTEMOLOGÍA
DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector general, José Antonio de los Reyes Heredia

Secretaria general, Norma Rondero López

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-XOCHIMILCO

Rector de Unidad, Francisco Javier Soria López

Secretaria de Unidad, María Angélica Buendía Espinosa

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Directora, Esthela Irene Sotelo Núñez

Secretaria académica, Pilar Berrios Navarro

Jefe de la Sección de Publicaciones, Miguel Ángel Hinojosa Carranza

CONSEJO EDITORIAL

Claudia del Carmen Díaz Pérez / José Fernández García

Araceli Mondragón González / Mario Rufer / Alejandra Toscana Aparicio

Asesores: René David Benítez Rivera / Manuel Triano Enríquez

COMITÉ EDITORIAL

Ruth Ríos Estrada (presidenta)

Aleida Azamar Alonso / Sofía de la Mora Campos

Diana Grisel Fuentes de Fuentes / Dulce Asela Martínez Noriega

Armando Ortiz Tepale / Ana Beatriz Pérez Díaz

Araceli Soní Soto / Hedald Tolentino Arellano

Héctor Manuel Villarreal Beltrán

Asistente editorial: Varinia Cortés Rodríguez

WALTER BELLER TABOADA

MENTE y LENGUAJE

Hacia una epistemología
de la inteligencia artificial

Primera edición:

D.R. © Universidad Autónoma Metropolitana
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
Calzada del Hueso 1100
Colonia Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán
04960 Ciudad de México

Sección de Publicaciones
División de Ciencias Sociales y Humanidades
Edificio A, tercer piso
Teléfono: 55 5483 7060
pubcsh@gmail.com / pubcsh@correo.xoc.uam.mx
<http://desh.xoc.uam.mx>
<http://www.casadelibrosabiertos.uam.mx>

ISBN digital: 978-607-28-3255-8

Portada: a partir de una imagen de Freepik

Esta obra de la División de Ciencias Sociales y Humanidades
de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco,
fue dictaminada por pares académicos externos especialistas en el tema.

Impreso en México / Printed in Mexico

Índice

Presentación	9
I. PENSAMIENTO Y CULTURA, HUMANIDADES Y CIENCIAS COGNITIVAS	21
En el principio: el cerebro humano	24
Divorcio entre “lo espiritual” y lo “corporal”	27
Cerebro y cultura: un camino de dos vías	30
Una filosofía materialista de la mente	32
Sistemas de creencias e información cultural	40
Conocimiento y paradigmas	45
II. LOS LÍMITES DEL SABER Y EL HORIZONTE DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	51
El saber hacer, el saber que	54
La fuerza de las creencias: cooperación y predicción	57
Teocracia, devastación y ciencia	60
Fe, impedimento a la razón	63
La filosofía de la ilustración y la contrailustración	67
Explicar y calcular	75
Revoluciones industriales e investigación universitaria	77
El horizonte de la inteligencia artificial	83
III. TIPOS DE INVESTIGACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CREENCIAS	95
Investigación empírica de las creencias	96
Interpretación semiótica de creencias: Peirce	101
Las creencias son revisables	111

Lógica no monotónica y razonamiento por defecto	115
Las formas de autoprotección de las creencias	119
Los sesgos cognitivos y las inferencias no lógicas	123
IV. MECANICISMO Y MENTE MECÁNICA	143
El mecanicismo como visión del mundo	144
El mecanicismo como método	147
Descartes: naturaleza, mente y lenguaje	151
La gramática del pensamiento	154
V. LA LÓGICA DIFUSA, GRADUALIDAD Y NUEVA APERTURA LENGUAJE-INFORMACIÓN	179
Diferencias entre lógica difusa y lógica clásica	181
Problemática epistemológica y las dos culturas	188
Epígrafe	192
Conclusiones	197
Apéndices	203
Referencias	223

Presentación

Se puede decir que la inteligencia artificial se ha metido hasta la cocina de nuestros hogares, pero aún representa un desafío en muchos sentidos para las humanidades y las ciencias sociales. Cuando tuvimos a nuestro alcance los primeros teléfonos celulares nadie imaginó –ni siquiera sus creadores– la exorbitante evolución que han tenido. Cuando surgió la internet, nadie podría soñar hasta dónde llegaría su penetración en nuestras vidas y cómo ha modificado nuestros hábitos de trabajo e incluso de pensamiento.

Mientras vivimos el confinamiento de la covid-19, en laboratorios de investigación tecnológica se desplegaba la tecnología indispensable para que tuviéramos a nuestro alcance la inteligencia artificial que hoy está por doquier. ¿Hasta dónde llegará? Imposible hacer un pronóstico, como no se podía conjeturar realmente nada en relación con los objetos tecnológicos que actualmente pueblan nuestras vidas.

El presente es un ensayo filosófico que pretende examinar el lado no siempre visible de la generación de esa tecnología, pero que ha apasionado a investigadores de diversas áreas. Esto es así porque todo el mundo parece estar de acuerdo en que la inteligencia artificial (IA) es en realidad un compendio de dominios científicos convergentes.

En el texto tratamos de mostrar cómo la información es un elemento clave en la compleja relación entre diferentes niveles de análisis en el conocimiento y el saber. Por un lado, caracterizamos la información que recibimos en dos grandes dinámicas: la que recibimos en tanto que especie, y la que procesamos como individuos, a partir de nuestra cultura y creencias. Ambas nos definen y nos permiten comprender el mundo que nos rodea.

Por otro lado, exploramos los marcos epistémicos en los que se determina lo que se puede conocer y lo que no. Se trata de sistemas de creencias que cambian a

lo largo de la historia y siempre tienen un impacto en la sociedad. La cuestión es examinar cómo las comunidades sociales se llegaron a relacionar con la tecnología digital.

Asumimos que la inteligencia artificial es un campo de investigación importantemente *interdisciplinario*. Esto se debe a que se ocupa de la creación de sistemas inteligentes que puedan simular el pensamiento humano, lo que implica la utilización de técnicas y métodos de la informática, la matemática, la psicología cognitiva y la filosofía de la mente, entre otras disciplinas. Quizá la parte más visible de ello es la informática, un dominio fundamental para el desarrollo de algoritmos y programas que permitan a las máquinas procesar y analizar grandes cantidades de datos. A este respecto, puntualizamos cómo diversos sistemas de lógica se conjugaron para desplegar la inteligencia artificial, desde la lógica clásica hasta la lógica de la revisión de creencias y la lógica difusa. Esta parte es importante porque permite entender un poco más cómo funcionan nuestros sistemas de *representación* y de toma de decisiones. También nos advierten de los límites formales que tiene la inteligencia artificial.

Las investigaciones sobre IA abrigan un creciente interés social porque tienen repercusiones casi inmediatas y espectaculares en la economía, y porque con los cada vez más impresionantes usos de tecnologías basados en la IA en nuestro mundo se perfilan cambios y efectos que realmente no alcanzamos a vislumbrar en el presente. Por supuesto, los usos de la IA, como cualquier otra obra humana, estarán expuestos a tergiversaciones y aplicaciones degradadas, éticamente cuestionables y políticamente siniestras. Varias son las publicaciones que nos alertan sobre sus peligros: el libro de Mustafa Suleyman y Michael Bhaskar (2023), *La ola que viene. Tecnología, poder y el gran dilema del siglo XXI*, muestra los lados luminosos y los más oscuros en el orden internacional debidos a la explotación indiscriminada de la IA. Son advertencias para los gobiernos, describiendo escenarios distópicos con los cuales quizá nos encontremos a la vuelta de la esquina. Otro ejemplo es el libro de Erik J. Larson (2022), *El mito de la inteligencia artificial. Por qué las máquinas no pueden pensar como nosotros lo hacemos*; su autor fue pionero en el procesamiento del lenguaje natural para incorporarlo en máquinas con IA y sostiene que estas tecnologías deben ser controladas por la inteligencia humana, incomparablemente superior a las de una “máquina pensante”. Esa es la línea de trabajo que seguimos en el presente libro, porque pensamos que las discusiones sobre la inteligencia artificial condujeron –ineludiblemente– a la investigación sobre los fundamentos del pensamiento humano. Fundamentos que se esparcen más allá de los ámbitos de tecnología e ingeniería especializadas. Es el ámbito de las ciencias sociales y humanas.

Insistimos en que las indagaciones en torno a estos temas deben estar en el interés de las universidades y los centros de investigación interdisciplinarias. Para darle marco a esta situación, se incluye un capítulo para la reflexión sobre la dinámica de los estudios sobre el conocimiento humano en las universidades. Como todo lo que ocurre en el terreno de la investigación, hay marcos sociales, históricos, así como marcos epistémicos que determinan el tipo y alcances de las investigaciones. No hay ciencia *neutral ni independiente de las condiciones sociohistóricas*. Determinaciones que están presentes en la indagación sobre la inteligencia artificial.

Siendo un tema interdisciplinario, su investigación topa inevitablemente con las ciencias formales, porque es una manera de indagar cómo opera la mente humana en sus características más generales. En este sentido, la matemática es necesaria para el desarrollo de modelos formales que permitan a los sistemas de inteligencia artificial predecir y planificar acciones. Como veremos, los modelos lógicos del *lenguaje natural* son de capital importancia y para ello se requiere de la convergencia de varios especialistas en lingüística y otros campos de la semiología. Según la teoría matemática de la mente, el procesamiento del lenguaje se puede entender como una serie de operaciones lógicas y matemáticas que ocurren en el cerebro humano.

Cuando leemos una oración, nuestro cerebro analiza su estructura gramatical, identifica las palabras individuales y sus significados y luego sintetiza esta información para crear un significado completo. Este proceso se puede entender como una serie de operaciones matemáticas, como la identificación de patrones y la resolución de ecuaciones. La lingüística, desde Noam Chomsky, muestra múltiples caminos, que no sólo revelan aplicaciones hacia la inteligencia artificial, sino muestran *qué clase de criaturas somos* (según el título de un libro del lingüista estadounidense). La creatividad humana está en una combinación compleja entre estructuras dadas y la generación de nuevas estructuras, como lo advirtió Jean Piaget bajo la idea de la dinámica de una equilibración mayor sin límites.

Complejidad quiere decir el paso de un sistema complejo a otro aún más complejo, según lo puntualizó Edgar Morin, entre otros. El par dialéctico entre génesis y estructura, comprobado por equipos de neurocientíficos que explican la plasticidad del cerebro humano y la superación de fronteras en relación con alguna tarea, un objetivo o cierto sistema de creencias. M. Nicolelis despunta con innovadoras ideas que dan renovadas bases a lo que pensaron K. Gödel, J. Piaget, N. Chomsky y E. Morin.

Asimismo, en el presente texto tratamos de dar cuenta del papel de la psicología cognitiva en su colaboración con la inteligencia artificial. Y es que la psicología cognitiva estudia los procesos mentales involucrados en la percepción, la atención, la

memoria, el pensamiento y el lenguaje. Por ello resulta fundamental para la IA, ya que los sistemas inteligentes deben ser capaces de imitar estos procesos mentales para poder simular el pensamiento humano. En consonancia con ello, ha permitido el desarrollo de sistemas de inteligencia artificial que pueden aprender y retener información.

Además, la psicología cognitiva también ha sido útil en el desarrollo de sistemas de procesamiento del lenguaje natural, que imitan el modo en que los seres humanos procesamos el lenguaje y han permitido la creación de *chatbots* y otros sistemas de conversación en línea, que cada día se hacen más populares y son utilizados en muy variadas situaciones.

Hacemos una exploración histórica y analítica de la filosofía de la mente. Lo hacemos porque la filosofía de la mente ha sido fundamental para la inteligencia artificial: se ocupa de cuestiones centrales en el desarrollo de sistemas inteligentes, tales como la naturaleza de la cognición y la conciencia, el lenguaje y la comunicación, la toma de decisiones, entre otras. Junto con técnicos e ingenieros especializados, la filosofía de la mente coadyuva a la creación de modelos teóricos en la IA, como las redes neuronales artificiales, que imitan la estructura y funcionamiento del cerebro humano. También ha sido importante para la comprensión del lenguaje y la comunicación, lo que ha permitido el desarrollo de sistemas de procesamiento del lenguaje natural y la creación de varios sistemas de conversación en línea. Al mismo tiempo, uno de sus temas principales es el dualismo o el no dualismo de la mente y el cuerpo, un asunto claramente filosófico.

Repasar los logros y los problemas que se presentan en estas áreas, es el propósito en el presente texto: poner sobre el tapete de la discusión los senderos donde convergen las humanidades y las ciencias sociales en relación con los procesos de la IA. Para ello tratamos de poner en contexto las situaciones y los marcos de creencias que, de una manera no lineal, condujeron en buena medida a la situación actual de la inteligencia artificial.

Desde la filosofía en sus orígenes hasta la ciencia cognitiva actual, lo que ha definido al proceso del conocimiento a lo largo de los siglos es una cuestión no exenta de problemas y debates diversos, que se sintetiza en las preguntas: ¿cómo debemos abordar correctamente el conocimiento?, ¿cómo es que tenemos conocimiento —cierto— del conocimiento? La atención por los temas epistemológicos fue —y es— de la mayor importancia en la cultura de Occidente. En su tiempo y circunstancia, los filósofos de la Grecia clásica buscaron trascender la inmediatez de los registros sensoriales (los cuales, por cierto, en algo se parecen a semejantes registros en el reino animal, como lo detectó Aristóteles). La pulsión epistémica los llevó más allá:

hipotetizaron la existencia de la *psique* —como característica propiamente humana— a fin de dar cuenta de nuestros procesos cognoscitivos, que van desde el saber de sí, la autoconciencia, hasta los vínculos que elaboramos al aprender las lecciones heredadas de los otros, así como también la generación de nuestras quimeras, nuestras ilusiones en el amor y, en particular, de nuestra manera de adaptarnos al funcionamiento del Cosmos. Buscaron rebasar los límites del conocimiento cotidiano y adentrarse en el campo del conocimiento que se afianza en el saber científico y en los fundamentos de la filosofía. Fueron poniendo en la mesa de análisis cuestiones tales como la diferencia entre la opinión, la creencia y el conocimiento justificado de la Verdad, el Bien, lo Trascendente. La manera de abordar estos temas no tuvo en ellos más bases que el discurso filosófico y algunas observaciones muy limitadas de campo.

La modernidad trajo como una de sus consecuencias el establecimiento de la dicotomía cuerpo/mente, con un enfoque explicativo que suponía dos realidades opuestas e irreductibles. Sin embargo, las reflexiones de Descartes abrieron la interrogante de cómo conocer las “facultades”, las “capacidades”, las “competencias” que derivan en saberes consistentes; saberes que, en algunos casos, habría de traducirse en acciones tecnológicas que transforman al Mundo. Con el transcurrir del tiempo, la psicología experimental y la psicología de la conducta, unidas, formularon una suerte de modelo inspirado en las máquinas con entradas y salidas (*input-output*). Un modelo ampliamente criticado, por esquemático y porque se basaba en la suposición de una mente estática e inexplicable. Como sea, el piso del que se partía ya no era del dominio de la filosofía especulativa. Así se transitó de la imagen orgánica de la mente a una representación de la mente como una suerte de mecanismo natural, que puede ser estudiada como cualquier otro proceso de la naturaleza.

Tanto por su método como por sus objetivos, la psicología es distinta de la filosofía. Lo cual no significa que se produzca un abismo insalvable entre ambas. Podemos señalar que, en principio, la filosofía se caracteriza por dar elementos para reflexionar de manera coherente y más o menos sistemática acerca del vínculo entre la cultura y la ciencia, en diversos momentos históricos. De ese recorrido trata la presente publicación. Actualmente la epistemología y la filosofía del lenguaje no pueden identificarse bajo un registro único, pues existen distintas y muy variadas aproximaciones para el estudio de la mente y el lenguaje. Estas disciplinas enfocan ámbitos diversos que se consideran relevantes: el lenguaje y sus múltiples articulaciones, las creencias, el pensamiento, los contextos relevantes, las interacciones, los discursos, las prácticas comunicacionales, etcétera.

Desde la década de 1950 el panorama fue cambiando. El tema del conocimiento dejó de ser un asunto de filosofía especulativa y para ello se incorporaron métodos de las otras ciencias. La lingüística experimental y la neuropsicología cognitiva han construido un edificio cuya arquitectura tiene pilares en varias disciplinas. Nos ha quedado claro que las relaciones o principios funcionales de la mente deben estudiarse a partir de distintas líneas de investigación. No sólo mediante las variables del comportamiento biológicamente determinado y el examen de las condiciones neuropsicológicas, sino que, para el estudio de la mente, se requieren otros tantos contextos teóricos relacionados con las ciencias sociales o humanas. Y por supuesto, la filosofía de la mente debe atender a un conjunto de realidades basadas en la observación y la experimentación. Pero también debemos recurrir a los eventos de la historia. En la presente publicación asumimos que las ideas en torno a la mente surgen a raíz de determinadas condiciones de la historia occidental. La Ilustración y la Revolución Industrial son realidades que subyacen a teorizaciones acerca de la mente y sus constituyentes. Esto no es del todo evidente.

La cuestión de la “representación mental” remite a asuntos de la vida cotidiana y se puede enunciar así: ¿cómo es que mi mente puede representar algo? Es un tema vinculado con el lenguaje, con la conformación de representaciones mentales (incluida la memoria) y también con alguna idea —exacta o vaga— del objeto que se supone denotan mis palabras. Las representaciones se pueden estudiar en términos neurobiológicos y de funciones cerebrales. Sin duda es un amplísimo campo que aún no se agota. Pero cualquier representación se refiere a algo, más allá de las condiciones para ubicarlo. En mi lenguaje hay “nombres” y hay “predicados”: “Juan escribe en su libreta”. La filosofía del lenguaje busca desentrañar las estructuras básicas del lenguaje. Sin embargo, en su propio campo, hay aportaciones que muestran la complejidad y dinámica de esas estructuras. Nada es esquemático, nada es reductible en el lenguaje.

De manera que nos queda claro que estudiar el lenguaje significa encontrarse con “un material” como sistema complejo autoorganizado. Si lo neurobiológico es ya todo un sistema complejo, no resulta menos complejo el estudio del universo que son nuestros sistemas semióticos. Precisamente la semiótica comprende un conjunto de teorías que penetran en una diversidad de relaciones cuya dinámica permanece abierta. De modo que, tanto en lo referente a los estudios de la mente como a las posiciones respecto a los alcances y límites del lenguaje, aún queda mucho por decir, mucho que investigar y explorar. En la presente publicación apuntamos algunos temas centrales y vinculados con la idea de “mente mecánica”. La temática que actualmente ha llamado muchísimo la atención respecto de la inteligencia artificial

tiene raíces –como mostraremos– en la filosofía del lenguaje, la filosofía de la mente, y en todo un conjunto de disciplinas sociales que enmarcan reflexiones que van más allá de las complicaciones de ingeniería de sistemas y de computación.

Otro enfoque sobre el pensamiento y las creencias es importante en áreas como la antropología estructural y la lingüística cognitiva. Además, existen investigaciones empíricas realizadas para estudiar las creencias. En psicología cognitiva, por ejemplo, se han llevado a cabo estudios para investigar cómo se forman las creencias, cómo se mantienen y cómo cambian a lo largo del tiempo. También se han estudiado las creencias en el contexto de la religión, la política, la moral y otras áreas de la vida social. En la neurociencia, se han utilizado técnicas como la neuroimagen para investigar cómo las creencias están representadas en el cerebro y cómo se relacionan con otras funciones cognitivas como la memoria y la toma de decisiones.

Sin embargo, la investigación empírica de las creencias es un área compleja y en constante evolución debido a la naturaleza subjetiva y personal de las creencias. Además, muchas veces las creencias no son conscientes y es difícil obtener información precisa, clara y lo más objetiva posible sobre ellas.

Es un hecho que cualquier tecnología tiene lados buenos y altamente provechosos, así como lados malos y muy perjudiciales. La ciencia proporciona beneficios para la salud, como las vacunas contra el covid-19, de la misma manera que derivó, en el pasado, en la creación de la energía atómica usada con fines bélicos. Ya sabemos que siempre hay argumentaciones completamente a favor o completamente en contra. Pero para la sobrevivencia de la especie (y de las otras especies) hay que encontrar los puntos donde la tecnología debe regularse para no desatar situaciones infaustas, sin la pretensión de sepultarla o ahogarla.

Actualmente la IA ha desplegado un innegable avance en distintos ámbitos de nuestra vida social. Al mismo tiempo ha hecho emerger un cúmulo de preocupaciones de orden ético, al tener “aplicaciones” por parte de usuarios que la emplean para fines contrarios a la dignidad de las personas e incluso generando productos que rayan o de plano derivan en actos delictivos.

La emergencia de instancias digitales como el ChatGPT –indudable cara popular de la IA, ampliamente esparcida en las redes sociales– conduce a plantearse temas como cuáles serán los alcances éticos y sociales que tendrá ese tipo de tecnologías en nuestro mundo. Como en otras épocas, habrá discursos Apocalípticos y otros Integrados (recordando a Umberto Eco), unos que solamente destaquen sus virtudes y otros que enfatizen sus defectos y peligros. Por ejemplo, el tema de la suplantación de la identidad de las personas. Con el uso de tecnologías dentro de la IA se ha revivido la voz de cantantes célebres, vivos o muertos, con letras recientes

de canciones. Igualmente, han surgido denuncias en todas partes del mundo de producción de imágenes falsas con contenido sexual que se crean con base en fotografías de figuras públicas.

Otra situación que levanta las alarmas en los centros educativos es que se recurre, por ejemplo, al ChatGPT para que “la máquina” redacte ensayos y trabajos escolares. Y lo suele hacer de manera impecable. Ahora bien, como se sabe, este tipo de tecnologías se “alimentan” con informaciones y datos que proceden de diversas fuentes inscritas en diversas plataformas. Esta situación conlleva varios temas delicados. Algunos tienen que ver con los derechos de autor, puesto que se ponen de relieve los límites para la utilización de *fuentes* y de textos realizados por seres humanos y que la tecnología incorpora sin el respectivo reconocimiento (no suelen llevar comillas ni se identifica su origen). En los centros educativos ya no podrán ser confiables los trabajos que entrega el alumnado, porque no se puede saber en primera instancia si fueron o no redactados por las o los estudiantes. Y no cabe ya –por quimérica– la admonición de los profesores que prohíben el empleo de esos recursos digitales. Sin duda, es una cuestión que tenderá a transformar en mayor o menor medida los patrones de enseñanza y aprendizaje, en todos los niveles educativos.

En esas condiciones, se escuchan voces de alerta por parte de algunos desarrolladores originales de esas tecnologías de IA, pensando en los riesgos inherentes a instrumentos que tienen “capacidades de aprendizaje”, análogos (no iguales) a un cerebro humano. La literatura y la cinematografía han sido un escaparate para exponer tanto temores como ideas sobre los alcances de la inteligencia artificial. Baste recordar el libro *Yo, Robot*, una obra maestra de la ciencia ficción escrita y publicada el 2 de diciembre de 1950 por Isaac Asimov. Presenta una serie de relatos interconectados que exploran las complejas relaciones entre los seres humanos y los robots a lo largo del tiempo. Por medio de estas historias, Asimov introduce las Tres Leyes de la Robótica,¹ que se convierten en un marco ético fundamental para la interacción entre humanos y robots. A medida que los robots avanzan en inteligencia y capacidad, el libro plantea preguntas intrigantes sobre la moralidad, la responsabilidad y los dilemas éticos que surgen cuando las máquinas adquieren la capacidad de tomar decisiones por sí mismas. *Yo, Robot* es una reflexión cautivadora sobre el impacto de

¹ Estas leyes son las siguientes: Primera Ley: Un robot no hará daño a un ser humano ni, por inacción, permitirá que un ser humano sufra daño. Segunda Ley: Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si dichas órdenes entraran en conflicto con la Primera Ley. Tercera Ley: Un robot protegerá su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda Ley.

la tecnología en la sociedad y la naturaleza, y establece las bases para la exploración de estos temas en la ciencia ficción moderna.

En la misma onda expansiva del libro de Asimov, la presente publicación busca identificar algunos de los componentes centrales en la discusión, amplia y compleja, de los temas para los cuales existe una vocación de parte de las ciencias sociales, las humanidades y la filosofía. Desde luego que la IA es una elaboración científica y tecnológicamente sofisticada. Pero hay problemáticas previas y derivadas acerca de los asuntos de la inteligencia artificial y que han sido objeto de discusiones en el ámbito de las humanidades y la filosofía desde el siglo pasado.

La historia marca un destino. Oficialmente, la inteligencia artificial surgió en 1956, bajo los auspicios de la célebre Conferencia de Dartmouth (universidad ubicada en Hanover, Nuevo Hampshire). Entre los asistentes –según documenta Larson (2023: 64)– hubo celebridades como Claude Shannon (quien había publicado en 1948 un texto señero bajo el nombre de *Una teoría matemática de la comunicación* y es considerado uno de los pioneros de la IA),² quien fue en representación de la empresa Bell Labs (en cuyos laboratorios se realizó una muy fructífera labor entre matemáticos y científicos y se produjeron innovaciones en computadoras); Marvin Minsky (cofundador del laboratorio de IA del Instituto Tecnológico de Massachusetts, MIT); Herbert Simon (científico de las ciencias sociales, estadounidense reconocido por su trabajo en campos como la psicología, la economía, las matemáticas, la estadística y las investigaciones operacionales); John McCarthy (creador del lenguaje LISP y pionero de las ciencias cognitivas); George Miller (psicólogo de Harvard) y el matemático John Nash (premio Nobel y conocido por la película de 2001, *Mente brillante*). Fue McCarthy quien acuñó el término “inteligencia artificial”.

Entonces, la IA surgió –y continúa– como un gran continente que agrupa saberes multidisciplinarios, aunque tenga a su vez áreas especializadas. Ese es el enfoque que queremos ilustrar en este libro. La IA abarca –y cada día comprenderá más– ámbitos múltiples de la vida cotidiana, de la política y la economía, de la educación y del arte, de la medicina y, desde luego, de los estudios de psicología cognitiva y la filosofía de la mente.

Si bien es un proyecto que cubre múltiples aspectos –ahora muy enfocado en las innovaciones populares en los mercados sociales, como es el caso del ChatGPT–, desde sus inicios fue pensado como un gran campo de investigaciones diversas y no solamente como exclusivo de la ingeniería computacional o de campos especializados

² Ante la pregunta de un periodista de si las máquinas podían pensar, Shannon replicó: “¡Naturalmente! ¡Usted y yo somos máquinas y vaya si pensamos!” (Claude Shannon, Wikipedia).

de la matemática. Constituye un campo competencial que reúne saberes de la psicología y la filosofía. Sin embargo, se trata de una nueva orientación.

Por décadas la psicología y la filosofía desconfiaron mutuamente. La denominación de “psicologismo” marcó una frontera científica y cultural, a efecto de que las conquistas de la lógica matemática no se vieran interferidas por posiciones derivadas de la psicología especulativa. Incluso el diálogo entre psicólogos y filósofos o fue imposible o estuvo teñido de precauciones excesivas sobre cada campo del saber. El argumento es que la matemática y la inferencia deductiva transitan por un camino particular e independiente de los “datos” elaborados por los psicólogos sobre el “razonamiento humano”.

Por otra parte, el mentalismo filosófico fue acusado de una derivación del cartesianismo y el dualismo psicofísico, altamente problemático para encontrar nociones de unificación. La filosofía del lenguaje no tiene actualmente una resistencia fácil de presentar. Se presentan tantas orientaciones filosóficas como puntos de vista se consideren relevantes. El mentalismo y la filosofía idealista clásica (Platón, Hegel y Fodor), la fenomenología (Husserl y muchos posmodernos), la filosofía analítica y la lógica clásica (Frege, Russell, Tarsky), hasta el reconocimiento del “sentido común” (*folk psychology*), son, entre otras, las orientaciones que surgen sobre la temática que busca las convergencias del lenguaje, el conocimiento y la mente.

Recientemente, la filosofía y la lingüística incorporaron métodos y conceptualizaciones que propician un nuevo tipo de diálogo que, sin renunciar a sus diferencias, encuentran otros senderos más fructíferos por donde transitar. En estas condiciones, el discurso filosófico, tan reacio a asumir hechos y datos empíricos, admite variadas maneras de verificar empíricamente hipótesis filosóficamente construidas. En este caso quizá sea mejor hablar propiamente de *ciencia cognitiva*, puesto que la novedad que aporta es: explicar los problemas mediante procedimientos empíricos (Serra, 2015).

La *ciencia cognitiva* se produce en un espacio social y académico que reúne diversas líneas empíricas, tecnológicas y formales. Se ha convertido en la ciencia que se dedica a la comprensión de cómo la mente humana maneja símbolos y los complejiza en todos los terrenos de la vida social y cultural. Una investigación iniciada por el filósofo estadounidense C.S. Peirce. Sobre este terreno, una contribución destinada a entregar mayores frutos es la *neuropsicología cognitiva*, la disciplina que se encarga del estudio de las bases bio-psicológicas del comportamiento para establecer particulares *relaciones funcionales* de tipo mental. Los principios funcionales no son observables, sino que son inferibles y teóricamente construidos.

Como advierte Stanislas Dehaene (neurocientífico cognitivo francés cuya investigación se centra en temas como la cognición numérica, las bases neuronales de

la lectura y los correlatos neuronales de la conciencia) existen leyes de la psicología que tienen origen en el nivel de descripción correspondiente al componente algorítmico. La invención del ordenador o computadora, los trabajos de Alan Turing y de John von Neuman, junto con la gramática generativo-transformacional de Noam Chomsky, “desembocaron en la aparición de una ciencia de la computación cuyo objetivo es la creación y análisis de algoritmos que pueden resolver con eficacia los problemas más diversos: reconocimiento visual, almacenamiento de datos, aprendizaje de gramáticas formales y tantos otros” (Dehaene, 2018: 33). Es decir, se pueden explicar leyes psicológicas en términos de algoritmos formales. Campo, sin duda, prometedor porque está impulsado por tecnologías que crean una demanda económica creciente.

Las exploraciones surgen de enfoques innovadores como la “lógica difusa” (también llamada lógica borrosa), creada por el matemático e ingeniero Lotfi A. Zadeh. Una lógica paraconsistente multivaluada, en la cual los valores de verdad de las variables pueden ser cualquier número real comprendido entre 0 y 1. Se ha utilizado para el diseño de “máquinas inteligentes” y tiene una gran importancia para la tecnología que marca las cuestiones de exactitud de los procesos. Uno de los puntos interesantes es que se vale de “modificadores lingüísticos”, que se moldean en la teoría de conjuntos difusos, y permiten una aproximación tanto al lenguaje “natural” como al lenguaje de los algoritmos formales. Porque permite construir predicados atinentes a propiedades más concretas, y trabajar con sentencias como “un hombre muy joven”, “una operación algo más complicada”, con las cuales se formulan indicadores que funcionan a la vez en la vida cotidiana y en la ingeniería de computación.

En este libro nos centramos en un paradigma que relaciona las neurociencias con las humanidades y las ciencias sociales. Los sederos de colaboración entre esas ramas de la ciencia que están en el origen de la Conferencia Dartmouth, donde se bautizó la “inteligencia artificial”, no han dejado de expandirse. Las ciencias humanas han estado presentes desde aquellos inicios, pero sin duda desde ópticas que significan paradigmas diferentes que aquellos que dominaban las ciencias antes de la Segunda Posguerra. En *Mente y lenguaje: hacia una epistemología de la inteligencia artificial* hacemos una excursión sobre hitos que son fundamentales para la inteligencia artificial.

El libro que el lector tiene en sus manos (o en su pantalla) es solamente una aproximación histórica y filosófica de las situaciones que ha sorteado la inteligencia artificial en convergencia con dominios que no son ajenos a nuestras universidades.

Walter Beller Taboada
Universidad Autónoma Metropolitana,
Unidad Xochimilco

I. Pensamiento y cultura, humanidades y ciencias cognitivas

Prevalece en ciertos círculos la supuesta oposición entre las ciencias de la naturaleza –algunas veces calificadas como “duras”– y el conjunto de las humanidades. Se ha supuesto desde el siglo XIX que nos enfrentamos a dos maneras de estudiar objetos de conocimiento asumidos como distintos y con fronteras definitivas y tajantes. Sin embargo, se imponen cada día más y con más fuerza los imparable desarrollos de la tecnología informática y la cada vez más omnipresente inteligencia artificial (IA). Además de los múltiples usos y complejidades de la tecnología que tenemos a la mano diariamente en la computadora y el imprescindible teléfono celular, resurge el tema de cómo esos desarrollos también nos ofrecen indicios, analogías y conceptos compartidos para establecer los alcances del pensamiento humano y sus correspondencias con las “máquinas pensantes”. Las tendencias de la investigación en las humanidades pueden y deben correr en paralelo con los conocimientos que derivan de las ciencias cognitivas y las indagaciones sobre los procesos del cerebro.

La cultura humana es información procesada, almacenada y conservada en el cerebro humano, adquirida y transmitida por el aprendizaje social. Esta cultura es modificada en muchos aspectos por nuestra adicción a la “lógica digital”. Examinar las relaciones entre (a) la información que nos es heredada como especie, (b) la información cultural que es procesada de muchas maneras, (c) la cual es incorporada en nuestros sistemas de creencias y marcos epistémicos como sujetos que interactuamos en (d) sociedades cada vez más conectadas y dependientes de la tecnología digital, requiere comprender que toda esta realidad abarca niveles de análisis diferentes:

- 1) Las investigaciones en las neurociencias –siempre abiertas, siempre inacabadas– advierten nuestras posibilidades y limitaciones considerando la textura genómica que se vincula con

- 2) teorías de la mente que, o bien tienden a explicar desde una densidad que supone una subjetividad autónoma, o bien se conceptualizan los vínculos de la mente con el cerebro humano; identificamos este otro nivel de análisis que correlaciona los anteriores puntos {(a) y (b)}, lo cual a su vez prefiere el siguiente nivel,
- 3) el nivel de las estructuraciones en términos del lenguaje natural y, por comparación con éste, los lenguajes artificiales relacionados con fundamentos de las teorías de lógica y semántica –remitido al punto (c)–, mismas que permiten hablar del pluralismo lógico y, por otro lado, con la formulación de máquinas que trabajan con principios de cálculos precisos, desde la exactitud que se les atribuyó en un principio, hasta máquinas que funcionan con lógicas difusas, en conjunción con redes neuronales.

En este y los siguientes capítulos hacemos especial énfasis en las articulaciones entre dominios, que a veces nos parecen demasiado familiares, pero que han tenido tratamientos deslumbrantes en las últimas décadas. La lógica, el lenguaje y los sistemas de creencias están estrechamente relacionados, ya que juntos conforman el modo en que los seres humanos asimilamos, comprendemos y tratamos de explicar el mundo que nos rodea. La lógica y el lenguaje son fundamentales en la IA, ya que permiten la *representación del conocimiento y el razonamiento*. La IA se basa en el procesamiento de datos y la toma de decisiones basadas en información y conocimientos previos, que deben ser representados de una manera lógica y coherente. Este aserto implica una polémica, sin duda alguna, porque involucra posiciones filosóficas enfrentadas.

En términos generales, la lógica es el estudio de las reglas y principios que rigen el pensamiento razonado y la argumentación. Nos permite evaluar la validez de un razonamiento y determinar si una conclusión es justificada o no. Algunas lógicas suelen construirse mediante cálculos formales, que están en la base de programas informáticos (como mostramos en los últimos capítulos).

Si bien el lenguaje es el medio por el cual nos comunicamos y transmitimos ideas y pensamientos, puesto que nos permite expresar pensamientos y creencias, también hace posible comprender las opiniones y creencias de otros. Siendo esto verdad hasta cierto punto –pues nuestros intercambios lingüísticos dependen de algún código (que usualmente está roto en algunas partes)–, el lenguaje es importante en la IA, ya que permite “la comunicación entre humanos y máquinas”. La mayoría de las *interacciones* entre humanos y máquinas se realizan por medio del lenguaje natural, lo que hace que la capacidad de procesar y entender el lenguaje sea un componente clave de la IA. Los sistemas de procesamiento de lenguaje natural (NLP, por sus siglas

en inglés) son cada vez más sofisticados y permiten que las máquinas interpreten y generen lenguaje de manera más natural y efectiva. Incluso, una especialidad en diversas universidades es la gramática computacional.

Por otro lado, los sistemas de creencias son conjuntos de ideas, valores y opiniones que influyen en la forma en que una persona percibe y entiende el mundo. Estos sistemas de creencias están formados a lo largo de la vida y pueden ser influenciados por factores culturales, religiosos, políticos y personales. Pero, igualmente, la lógica y el lenguaje son herramientas fundamentales para la *representación* y el razonamiento con *conjuntos de creencias* en la IA. Se articulan de la siguiente manera.

La lógica proporciona un marco formal para expresar las reglas y los hechos en términos de proposiciones y relaciones entre ellas. El lenguaje, por su parte, es utilizado para comunicar los conocimientos a los sistemas de IA y para que éstos puedan interactuar con los usuarios y el mundo real de manera eficiente. En suma, los conjuntos de creencias son importantes para la IA porque permiten que las máquinas representen el conocimiento sobre el mundo, razonen sobre ese conocimiento y tomen decisiones informadas. La lógica y el lenguaje son herramientas clave para la representación y el razonamiento con conjuntos de creencias en la inteligencia artificial.

Los conjuntos de creencias son importantes para la IA porque permiten que las máquinas puedan representar, razonar y tomar decisiones sobre el mundo. En la IA, los conjuntos de creencias son modelados mediante lo que se llama una base de conocimientos o un sistema experto. Estos sistemas utilizan un conjunto de reglas y hechos para representar el conocimiento sobre un dominio específico. Las reglas pueden ser deducidas o aprendidas a partir de datos y se utilizan para hacer inferencias y tomar decisiones.

En otro nivel, y con respecto a los procesos epistémicos involucrados en el vínculo que se produce de los conocimientos científicos y tecnológicos con los requerimientos cambiantes de las sociedades, el punto (d), hay que considerar el plano del cambio y la transformación de los modos de entender qué es el conocimiento y cuándo y cómo puede ser tomado como válido y útil. Para explicar esas determinaciones se requiere de los conceptos sobre los conceptos, de las reglas sobre las reglas, pero examinadas desde el punto de vista del predominio, abandono y generación de alguna *Weltanschauung* (concepción del mundo) y del *Zeitgeist* (espíritu del tiempo) (véase Anexo 2).

Los procesos y niveles de análisis que presentamos no son exhaustivos, pero hacen ver la complejidad de situaciones que rodean la existencia y futuro de temas como la inteligencia artificial, los modelos epistémicos, la gramática computacional y todo aquello que avanza a velocidades vertiginosas en “nuestra aldea humana”.

Intentamos encontrar articulaciones posibles entre las humanidades y las ciencias. De ahí que nos anime un espíritu multidisciplinario y teniendo como paradigma la complejidad.

En el principio: el cerebro humano

Las formulaciones derivadas del campo de las neurociencias (hay espacios educativos donde la sola mención de éstas provoca escozor) reafirman la tesis de que toda nuestra conducta, así como la cultura y la vida social, todo lo que hacemos, pensamos y sentimos depende de nuestro cerebro. Afirmación que puede causar rechazo porque se entienden mal los enunciados desde el campo de las ciencias cognitivas. Sin embargo, hay argumentos desde el mismo dominio de la filosofía de la mente que rebaten aseveraciones que, por ser tan tajantes, resultan inconsistentes. Cuando se sugiere que todo lo mental “depende de” el cerebro, debemos aclarar que se trata de una condición necesaria, pero no suficiente, y esto por razones que deben precisarse y no caer en polémicas estériles.

Que la cultura y la conducta, que el pensamiento y las emociones tienen como *sede o lugar vital* al cerebro debe entenderse de tal manera que veamos esas características propias de lo humano como “propiedades emergentes”. Hay muchas maneras de esclarecer el concepto. Una analogía será: teniendo tabiques, varillas, maderas recortadas, mezcla de cemento, ninguno de éstos es ya una casa o edificio. La construcción requiere de todos esos materiales, pero ninguno por sí mismo puede dar lugar a la edificación mencionada. Así, los procesos cerebrales constituyen desarrollos complejos y la arquitectura cerebral es un objeto de conocimiento del que nadie puede presumir de haber dicho la última palabra. De manera que el pensamiento está asentado en procesos neuronales, pero no se queda en ese nivel (Smith Churchill, 1986: II parte). Por tanto, no se puede decir que el cerebro sea la mente, pero sin cerebro tampoco habría mente.

Las funciones mentales (percepción, memoria, procesamiento de la información, emociones) son funciones cerebrales. Para los investigadores en ciencias sociales y en humanidades esta distinción suele parecerles parcial, incompleta y en corto modo “sospechosa” de cientificismo o reduccionismo naturalista. Y tienen razón. Porque faltan varios conceptos más para dar cuenta de ello.

En los espacios de las investigaciones sociales y humanísticas se recurre a otras categorías que, en principio parecen diferentes a la terminología biológica o neurocientífica. En algunos casos se habla de “inteligencia”. Pero este término se ha

sobrecargado de connotaciones y no faltan las teorías de “las inteligencias múltiples”, que se refieren a oposiciones como inteligencia racional/inteligencia emocional. Se refieren a la distinción entre intelecto y la base neuronal que explica, por ejemplo, los fundamentos y procesos que establecen la emocionalidad humana.

El término “intelecto” suele referirse a la capacidad mental que permite a una persona comprender, conocer y razonar (más adelante veremos cómo fue concebido el conocimiento humano en términos de “concepto”, “juicio” y “razonamiento”). Desde la antigüedad se ha identificado como una de las facultades más elevadas de la mente humana, a la cual se le atribuye la capacidad de procesar la información y comprender las ideas abstractas. Por su parte, la “mente” se refiere a la totalidad de los procesos mentales y cognitivos que un ser humano experimenta, incluyendo la percepción, el pensamiento, la memoria, la atención, el juicio y la emoción. En este sentido, la mente es un concepto más amplio que el intelecto, ya que incluye no sólo la capacidad de razonamiento, sino también las emociones y las reacciones afectivas. Esto último es frecuentemente ignorado o desconocido en la formación de estudiantes en el ámbito de la psicología; aunque el panorama va cambiando. La IA es un campo amplio, problemático, cuyo futuro es tan extravagante como fue la irrupción primera de computadoras personales y teléfonos celulares, que nos dejaron asombrados y perplejos. Hoy la tecnología computacional y las tecnologías inteligentes han dado un nuevo sentido a esa antigua palabra “inteligencia”.

Sin embargo, los términos de “intelecto” e incluso de “inteligencia” van quedado fuera de las consideraciones del ámbito de las humanidades, sustituidos por otras nociones que vienen de distintos ámbitos. Por ejemplo, la lingüística proporcionó los conceptos de “significante” y “significado” que resultan medios para la explicación de procesos individuales y sociales, como se observa en “la teoría de la significación” en el psicoanálisis, estableciendo que la mente humana se rige por procesos computables que tienen combinaciones múltiples.

En general, el intelecto resulta ser una parte importante de la mente, pero *no abarca todas sus funciones*. Una de estas funciones distintivas es la capacidad que tiene el cerebro de los mamíferos superiores de tener una mayor o menor conciencia —“autopercepción”, llamaron algunos filósofos; o más elaborado como el *cogito* de Descartes—, el “darse cuenta de que se da cuenta”. En cuanto a las ciencias empíricas, como se investigó desde Charles Darwin (cuya publicación fue *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, en 1872), esa percepción reflexiva incluye, desde luego, el darse cuenta el sujeto de contar con sentimientos (amor, odio, compasión) y un repertorio de creencias (sean de tipo religioso, social, político o, en general,

idiosincráticas). La conciencia, este darse cuenta de que me doy cuenta, nos ha proporcionado como especie una ventaja *evolutiva*.

No es un tema menor, y se ha discutido precisamente con motivo de la inteligencia artificial. Las preocupaciones sobre ello van desde las reflexiones de Carnap sobre la mente organizada como un repertorio de algoritmos cuya base es la sintaxis lógica,¹ pasando por los desafíos que trazó en 1950 Alan Turing,² hasta las portentosas reflexiones de Douglas Hofstadter (2007), en su *Gödel, Escher y Bach*, a propósito de la “mente recursiva”,³ plantean un problema que no se circunscribe a las áreas especializadas de neurociencia o programación, sino que nos atañen a otros dominios, como es el caso de la ciencias sociales y humanas.

El comportamiento inteligente no requiere de conciencia, como se ha comprobado experimentalmente al advertir que las habilidades cognoscitivas “se mantienen en un grado considerable en ausencia de experiencia consciente” (Solms, Turnbull, 2015: 76). En filosofía, así como en el cine, se suele llamar *zombis* a “personas” que realizan actos inteligentes en ausencia de conciencia. Con esa analogía se implica que, en esencia, la inteligencia no se equipara a la conciencia, como examinaremos más adelante.

¹ Un texto que revive estas disusiones es *Rudolf Carnap and the Legacy of Logical Empiricism*, editado por R. Creath (2012).

² Alan Turing expuso el problema de la “prueba de Turing”, cuestionando si una máquina podría exhibir comportamiento inteligente indistinguible del humano, lo que plantea la pregunta sobre si la inteligencia y la conciencia son atributos exclusivos de la mente humana. Con el título “Computing Machinery and Intelligence”, publicado en la revista *Mind*, Turing formuló una cuestión que sigue vigente.

³ Hofstadter concibe la recursividad como una propiedad de la mente humana. Argumentaba que la capacidad de la mente para realizar procesos recursivos, como la *autorreferencia* y la *autoconciencia*, es lo que distingue la mente humana de la mera inteligencia computacional. Sin embargo, es importante destacar que la recursividad no es exclusiva de la mente humana, ya que algunos sistemas computacionales también pueden exhibir comportamiento recursivo. Por lo tanto, aunque la recursividad puede ser una característica distintiva de la mente humana, no necesariamente la define por completo ni la separa por completo de la inteligencia artificial. Véase más adelante en la presente publicación, el tema “¿Creencias en las máquinas? Y el tema de la recursividad”.

Divorcio entre “lo espiritual” y lo “corporal”

Buena parte de las argumentaciones para evitar lo que se considera un reduccionismo, ya sea contrario a la acotación del espíritu, el alma o la conciencia a la materia (si se parte de una posición de algún modo “espiritualista” –incluso, “humanista”– de la situación del ser humano), ya sea opuesto a la restricción de la subjetividad a lo físico, químico y biológico (si se parte de una posición antipositivista). Uno y otro punto de vista se mantienen en el terreno del dualismo entre la mente y el cuerpo. Tiene su origen en varias posiciones filosóficas y académicas, opuestas a una teoría materialista de la mente. Esta discrepancia tiene antecedentes remotos, casi siempre religiosos.

La cultura griega clásica nos legó una serie de palabras y conceptos: como *Nous* (mente, razón o intelecto) y *Psique* (principio activo en los seres vivos; soplo de vida, principio vital, alma). Para Anaxágoras, *Nous* constituye el principio de organización y de animación del universo.

Platón distinguió un *Nous* cósmico de la razón común. Para él es la intuición intelectual (*ἐπιστήμη epistēmē*), más elevada, se logra sin necesidad de argumento y sólo por memoración de las Ideas eternas. La *epistēmē* representa para Platón la forma más cierta de conocimiento, la que asegura un saber verdadero y universal. Platón distingue el *logos* como una explicación racional explícita que se combina, superando, dejando atrás notas del conocimiento sensible u opinión (*δόξα, doxa*) creencias para formar un conocimiento preciso (*epistēmē*) y llegar al conocimiento de la verdad en tanto que conocimiento inteligible, superior y perfecto (o ciencia, *ἐπιστήμη*). También distingue que hay una manera de conocer al contar una historia con significado figurativo, la imaginación (*εἰκασία*). Es decir, la geometría, por ejemplo, como ciencia que va más allá de los sentidos y se abre el camino a las figuras “perfectas” y como punto de apoyo para alcanzar las Ideas eternas.

La concepción de Platón sobre la mente se centraba en la idea de que el conocimiento y la verdad eran inherentes al alma o espíritu humano, de modo que el cuerpo era simplemente una cárcel temporal para el alma. Platón creía que el alma humana era inmortal y existía antes y después de la vida terrenal, y que la mente era la fuente del conocimiento verdadero.

Para Platón, la mente era una entidad no física que trascendía el cuerpo y la materia. La mente era capaz de conocer las verdades universales y eternas a partir de la razón y la reflexión, y no por medio de los sentidos. La concepción de Platón sobre la mente se basa en la filosofía y la teoría, y difiere de la perspectiva científica de las neurociencias. Sin embargo, ambas perspectivas ofrecen una comprensión diferente y complementaria de la mente y la cognición humana.

Por otra parte, Aristóteles mantuvo una posición diferente a la de Platón, pero en este aspecto del tema del pensamiento tuvo coincidencias con su maestro (Bodéüs, 2010). Aristóteles tenía una concepción del intelecto muy diferente a la que se entiende hoy. Para él, el intelecto era una especie de *fuera divina* que permitía al ser humano comprender la verdad y alcanzar un conocimiento perfecto, con lo cual estuvo en este terreno más cerca de Platón y en general sobre la cultura griega clásica. Pero Aristóteles señalaba que con la muerte del cuerpo muere el alma (es un punto que no gustó a sus seguidores medievales).

Aristóteles describió el intelecto como una facultad activa y no pasiva, que se encargaba de procesar la información y producir conocimiento. Él creía que el intelecto tenía una capacidad innata para conocer la verdad y que, con el tiempo y la práctica, podía desarrollarse y perfeccionarse. En esto incluía el conocimiento científico de la naturaleza y la demostración racional por medio del silogismo categórico, creado por él. También sostenía que el intelecto podía funcionar de forma autónoma, sin la ayuda de los sentidos; que podía captar la esencia de las cosas y comprender la verdad a partir de la contemplación y el razonamiento.

Esa primera posición dualista fue consecuencia de la experiencia religiosa que campeaba en la cultura griega clásica. Los griegos mantuvieron una experiencia religiosa politeísta. No resulta inexplicable, entonces, que ese primer dualismo tuviese afianzamiento en la religión (e incluso en los mitos órficos, como es el caso de Platón). Por su parte, Aristóteles, en su teoría del movimiento, sostuvo que *todo movimiento de algo tiene su causa en otro distinto de sí mismo*. Conjeturó que habría una cadena de causas y habría que implicar que habría algo que no se moviera. Entonces, para mantener el argumento de las causas de las causas, Aristóteles discurrió que habría un Primer Motor, que mueve sin ser movido. En tal sistema de creencias, llamó Aristóteles dios, el motor inmóvil. O sea, el cosmos tendría, por necesidad deductiva, un dios.

No tuvieron propiamente los griegos de la época clásica una idea de la Creación ni de un creador que forjara las almas como profetizó el cristianismo. En la Edad Media se adelantaría una visión difundida por los clérigos que profundizó la cuestión referente al dualismo alma/cuerpo. No se sabe bien cómo, pero el Supremo Hacedor daría a cada uno un alma y el libre albedrío para *salvarla*. De nueva cuenta el cosmos –para entonces cristiano– volvería a poner una diferencia entre el Cielo y la Tierra. El propósito de la vida cristiana sería salvar la propia alma e incluso por medio de la mortificación del cuerpo. El operador discursivo fue la idea de pecado. El cristianismo, pues, amplió el dualismo que incluso opuso la materia (el cuerpo, la carne) y el alma (es espíritu).

El dualismo extremo de Descartes

La Modernidad dio un salto en las concepciones sobre la relación entre cultura y naturaleza, entre el pensamiento y la materialidad del mundo. Esta separación entre cuerpo y mente se conoce como dualismo. Aunque el nuevo paradigma del mecanicismo –como veremos en los siguientes capítulos– constituyó una ruptura con el mundo griego clásico y medieval, también potenció aquel dualismo, y en cierto modo llevó al terreno de las discusiones teóricas que conducirán en el siglo XIX a la diferencia de los métodos de las “ciencias de la naturaleza” y las “ciencias del espíritu”, según la oposición que defendió W. Dilthey.

El dualismo cartesiano es la perspectiva filosófica de René Descartes quien sostiene que la realidad se compone de dos sustancias diferentes y separadas: el cuerpo y el pensamiento, la *res extensa* y *res cogitans*. Descartes creyó que el cuerpo era una cosa material, física y mecánica, sometido a principios y leyes naturales; mientras que la mente o el pensamiento era una entidad inmaterial, no física y no mecánica. Defendió que la mente podía existir sin el cuerpo y que el cuerpo podía existir sin la mente, lo que implicaba que la mente era independiente del cuerpo y que no estaban vinculados entre sí *de manera necesaria*. Descartes advirtió que había una diferencia notable: puesto que mi mente no puede por sí misma producir cambios en las cosas del mundo, sí puede condicionar mi voluntad para mover el cuerpo (por ejemplo, levantando un brazo de manera deliberada). Discurrió, examinando cadáveres, que había un órgano a través del cual se “comunicaban” ambas sustancias, la glándula pineal. En su momento, por este planteamiento Descartes fue objeto de discusiones sin término. Como sea, el dualismo no quedó resuelto hasta que las nuevas disciplinas científicas retomaron el tema.

La razón detrás de la idea de Descartes del dualismo era establecer una base sólida para la comprensión de la existencia y el conocimiento humano. Él sostenía que la mente o el pensamiento eran la fuente del conocimiento verdadero y que por medio de la mente se podían alcanzar verdades universales y eternas, convalidadas a partir de la razón y la reflexión, mientras que el cuerpo estaba sujeto a las limitaciones y fallos de los sentidos. El fundamento de ello fue su teoría de las ideas.

Aunque el dualismo cartesiano ha sido objeto de críticas y debate filosófico, su legado ha influido en muchas áreas de la filosofía (como la fenomenología), la psicología y la emergencia de los métodos cualitativos. Pero ha dejado subsistente el problema de determinar cuál podría ser la distinción fundamental entre el aspecto físico y el aspecto mental. Algunas opiniones filosóficas, que dejan de lado el tema metafísico de la sustancia, siguen planteando la cuestión de las propiedades de la

mente, consideradas irreductibles a los funcionamientos cerebrales. Como señalaba Patricia Smith Churchland (1986: 323):

El argumento de la experiencia subjetiva ha sido el más poderoso, pero no tanto en manos de los dualistas de la sustancia, que tienen que lidiar con las complicaciones de su sustancia fantasmal, sino en manos de los dualistas de la propiedad. Aunque hay diferencias no triviales entre las hipótesis planteadas por una variedad de dualistas de propiedades, el quid de la convicción es acogida incluso si se admite que la mente es el cerebro y que las cualidades de la experiencia subjetiva emergen con respecto al cerebro y sus propiedades.

Es una cuestión que han encarado las disciplinas que investigan sobre las funciones cerebrales. En efecto, las neurociencias constituyen aquella rama de la biología que estudia la estructura y función del sistema nervioso y su relación con el comportamiento y la cognición. Según las neurociencias, la mente es el resultado de la actividad del cerebro y del sistema nervioso, y está completamente vinculada con el cuerpo. Asimismo, las neurociencias ocupan actualmente un conjunto de investigaciones que van más allá del punto de vista meramente biológico o bioquímico y se adentran a terrenos que serán del dominio de las ciencias sociales y de las humanidades. Sin embargo, el dualismo es un factor que ha obstaculizado que sean estas últimas las que se adentren plenamente en los campos de las neurociencias.

Cerebro y cultura: un camino de dos vías

Cambiar más o menos radicalmente una concepción fundamental o transformar ampliamente una problemática por otra diferente, no sólo es obra del genio individual. Como señalamos en los siguientes capítulos, siempre hay situaciones y condiciones sociales, culturales, económicas e incluso religiosas que permiten encontrar nuevas visiones sobre los asuntos que anteriormente se habían planteado y no resuelto.

Muchos han sido los filósofos e investigadores sociales que han advertido que no se trata simplemente de una suerte de cambio de mentalidad, sino que existen situaciones que impiden o fomentan, según el caso, la generación de nuevos conjuntos conceptuales, teorizaciones o teorías que modifican la mirada sobre la vida, la naturaleza física y evolución de las personas, las sociedades y los sistemas culturales. A mediados del siglo XX, los trabajos de G. Bachelard y de S. Kuhn marcaron un hito en las investigaciones sobre la ciencia y su filosofía. El pensamiento científico no es

acumulativo, sino que la historia muestra que hay rupturas diversas. De manera que, respecto de la temática del cerebro y la cultura, debemos considerar cómo se fueron constituyendo las bases de una nueva interpretación, desechada por el dualismo de los métodos (ciencias de la naturaleza/ciencias del espíritu). En cierto modo, fue el Romanticismo, opuesto al pensamiento de la Ilustración, contra el cual se levantaría la ciencia que estudia los procesos cerebrales humanos, o sea, desde un terreno mucho más amplio de conocimientos, donde la complejidad avanza hacia otros modos de complejidad mayor.

Cuestión de regiones y de ambientes culturales. El dualismo de los métodos surgió al amparo de una visión que se remonta al Romanticismo, según la cual el ser humano está determinado por impulsos vitales y creativos (véase apartado “Sistemas de creencias e información cultural”).

La subjetividad en la mirada de las neurociencias

Muchos fueron los intentos por preservar la oposición cultura/natura al extremo de replicar esta separación en la organización universitaria contemporánea. Todavía hoy subsisten la oposición entre ciencias por un lado y humanidades por otro. Y esto no obstante las continuas apelaciones al tema de la interdisciplinariedad.

Las neurociencias surgieron como disciplina científica en la segunda mitad del siglo XX, aunque sus orígenes se remontan a siglos anteriores. Durante muchos siglos, la comprensión del cerebro y el sistema nervioso fue objeto de especulaciones y teorías filosóficas, religiosas y mitológicas (como el caso de Platón y Aristóteles). Por eso no debe extrañar que fuera hasta el siglo XIX cuando se produjeron los primeros avances importantes en el estudio del cerebro y el sistema nervioso.

Uno de los pioneros en este campo fue el fisiólogo italiano Luigi Galvani, quien descubrió que los músculos de las ranas se contraían cuando se exponían a una corriente eléctrica. Este descubrimiento fue el inicio de la comprensión de la relación entre la electricidad y la actividad nerviosa (por cierto, no debemos olvidar que con estas y otras bases, Freud desarrolló sus teorías de la libido).

En el siglo XIX también se produjeron importantes avances en el estudio de la anatomía del cerebro. El neurólogo alemán Franz Gall propuso la teoría de la frenología, que sostenía que la forma y el tamaño del cráneo estaban relacionados con las capacidades mentales. Aunque la frenología fue posteriormente desacreditada, contribuyó a la comprensión de la relación entre la estructura del cerebro y la función mental.

En el siglo XX, la neurociencia experimentó un gran avance gracias *al desarrollo de nuevas tecnologías*, como la electroencefalografía (EEG), que permite medir la actividad eléctrica del cerebro, y la resonancia magnética (MRI), que permite obtener imágenes detalladas del cerebro. Estas tecnologías han permitido a los científicos investigar con mayor detalle el funcionamiento del cerebro y el sistema nervioso, y han abierto nuevas vías de investigación en el campo de las neurociencias. La comprensión del cerebro es esencial para el desarrollo de tratamientos médicos para enfermedades neurológicas y psiquiátricas, así como para mejorar la calidad de vida de las personas que las padecen.

Además, el estudio del cerebro y el sistema nervioso puede proporcionar información valiosa sobre la naturaleza humana y la conciencia (que es el tema central de las neurociencias). Un genoma contiene toda la información que una persona necesita para desarrollarse y funcionar, en el sentido de la supervivencia y la reproducción. Pero para nadie es el final de la historia.

Es decir, las ciencias del cerebro (las neurociencias) explican que el pensamiento humano es el resultado de la actividad del cerebro y del sistema nervioso, y que los procesos cognitivos son el resultado de la actividad coordinada de múltiples regiones cerebrales. Estas investigaciones están en constante evolución y pueden ayudar a proporcionar una comprensión más profunda de cómo funciona la mente humana y cómo se relaciona con el mundo físico que nos rodea.

Las neurociencias han surgido en respuesta a la necesidad de comprender cómo funciona el cerebro y cómo se relaciona con la mente y el comportamiento.

Una filosofía materialista de la mente

Una teoría materialista de la mente es aquella que sostiene que la mente es un fenómeno que surge a partir de procesos físicos y neuronales en el cerebro, es decir, que la mente está completamente determinada por la actividad del cerebro y el cuerpo, y no existe una entidad mental separada del cuerpo. Por consiguiente, es una interpretación monista e intenta explicar los procesos mentales según principios que tienen su asiento en la dinámica cerebral. Sin embargo, esta posición —que tuvo precedentes en obras como la de Julien Offray de La Mettrie, *L'homme machine* (1747)— no se agota en un reduccionismo, al menos eso no ocurre entre quienes de manera más sensata sostienen tal filosofía materialista en la actualidad.

Los principales exponentes de una teoría materialista de la mente son filósofos y científicos que trabajan en el campo de las neurociencias, la biología y la psicología, entre otros. Algunos de los exponentes más destacados:

PAUL CHURCHLAND (nacido en 1942 en Vancouver), filósofo canadiense que desarrolló una teoría materialista de la mente basada en la neurociencia y la filosofía de la mente. Sostiene que la mente no puede ser explicada en términos no-físicos, y que *es el resultado de la actividad neuronal en el cerebro*.

DANIEL C. DENNETT, filósofo estadounidense (nacido en Boston, Massachusetts, en 1942), propuso una teoría materialista de la mente basada en *la teoría de la evolución y la neurociencia*. Dennett sostiene que la mente *es un fenómeno emergente* que surge a partir de la complejidad y la organización de los procesos cerebrales. A esta tesis nos referimos antes como una *propiedad emergente*.

PATRICIA CHURCHLAND, filósofa canadiense (nacida en 1943), escribió *Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind-Brain* (1989). Ha trabajado en la intersección entre la filosofía de la mente y las neurociencias. Churchland sostiene que la mente es un producto de la actividad cerebral, y que la comprensión de la mente *requiere un enfoque multidisciplinario* que incluya la biología, la neurociencia y la filosofía. Fue un libro pionero y como tal ha sido objeto de amplias discusiones.

FRANCIS CRICK, científico británico (fallecido en 2004), fue un físico, biólogo molecular y neurocientífico. Recibió, junto a James Dewey Watson, Rosalind Franklin y Maurice Wilkins el Premio Nobel de Medicina en 1962 “por sus descubrimientos concernientes a la estructura molecular de los ácidos desoxirribonucleicos (ADN) y su importancia para la transferencia de información en la materia viva”. Realizó importantes aportaciones en el campo de la biología molecular y la neurociencia. Crick sostiene que *la mente es un fenómeno que surge a partir de la actividad de las neuronas y las redes neuronales en el cerebro, y que la comprensión de la mente requiere un enfoque científico riguroso y empírico* (citado en Damasio, 2018: 26).

La investigación en neurociencias avanza en todas partes del mundo. Cada vez es más palpable que al enfocarse en los temas sobre el cerebro aún falta mucho por explorar. La teoría materialista de la mente correlaciona y busca la convergencia de las ciencias. Y si hay un campo interdisciplinario en la actualidad es el que ocupan las neurociencias.

Una teoría materialista de la mente sostiene que ésta surge a partir de procesos físicos y neuronales en el cerebro, y que no existe una entidad mental separada del cuerpo. Los principales exponentes de esta teoría son filósofos y científicos que trabajan en campos como la neurociencia, la biología y la psicología.

Respecto a la teoría de la cultura, Jesús Mosterín (1941-2007), destacado filósofo y polímata español, realizó importantes aportaciones en el estudio de *la relación entre cultura y cerebro*. En sus trabajos, por ejemplo, en el libro *La naturaleza humana* (reeditado en 2011), Mosterín sostiene varias tesis sobre esta relación, entre las que se encuentran:

1. El cerebro es el órgano que hace posible la cultura puesto que ésta no puede entenderse sin hacer referencia al cerebro, ya que es este órgano el que *permite* la creación y transmisión de la cultura no de manera directa sino a partir del lenguaje, la memoria, la percepción y el pensamiento simbólico (que existen y reproducen merced al cerebro). Habrá que distinguir, en consecuencia, dos cuestiones fundamentales: la cultura es, por un lado, información almacenada en el cerebro y es, al mismo tiempo, adquirida por aprendizaje social, desde donde se generan *los cambios culturales*.
2. La cultura moldea el cerebro, eso quiere decir que el cerebro es la base biológica que hace posible la cultura, y al mismo tiempo la cultura también tiene un efecto sobre el cerebro. Mosterín sostiene que la cultura influye en la estructura y función del cerebro a partir de la experiencia y la educación, lo que se refleja en las diferencias culturales en la percepción, el pensamiento y el comportamiento.
3. Una tesis importante: la relación entre cultura y cerebro es compleja y *bidireccional*. Es decir, el cerebro influye en la cultura al hacer posible la creación y transmisión de la cultura, pero a su vez la cultura influye en el cerebro a partir de la experiencia y la educación (más adelante examinamos cómo la tecnología digital también modifica el cerebro).
4. La plasticidad cerebral *permite la adaptación cultural*. Según sus investigaciones, Mosterín destacaba la capacidad del cerebro para cambiar y adaptarse a la experiencia, lo que se conoce como *plasticidad cerebral*. Ésta permite que el cerebro se adapte a diferentes entornos culturales y a nuevos desafíos, lo que es fundamental para la supervivencia y evolución de la especie. Ni el cerebro ni la cultura dejan de ser sistemas complejos que se desarrollan y complejizan aún más (Mosterín, 2013; 2011).

En suma, una teoría materialista de la mente sostiene que ésta es un fenómeno que surge a partir de procesos físicos y neuronales en el cerebro, y que no existe una entidad mental separada del cuerpo. El filósofo español Jesús Mosterín (2014) puntualizó que la relación entre cultura y cerebro es compleja y bidireccional, y que ambos están íntimamente relacionados. La cultura moldea el cerebro y el cerebro hace posible la cultura, y la plasticidad cerebral permite la adaptación a diferentes entornos culturales y desafíos.

En el Cuadro 1 se muestra la opción entre ambos tipos de información, genómica y cultural, según Mosterín; no necesariamente coincide con otros filósofos que exploran la teoría de la mente.

Cuadro 1

Aspectos	Información genómica	Información cultural
Naturaleza	Heredada	Aprendida
Transmisión	Herencia biológica	Herencia social
Soporte	ADN	Cerebro
Cambio	Evolución	Historia
Variación	Mutaciones	Innovaciones culturales
Pluralidad	No hay variación entre individuos de la misma especie	Hay variación entre individuos y grupos culturales
Aprendizaje	No es necesario el aprendizaje para la transmisión de información genómica	Es necesaria la enseñanza y el aprendizaje para la transmisión de información cultural
Impacto	Limitado	Ilimitado
Flexibilidad	Baja	Alta

La información: el universo de la natura y los mundos de la cultura

Los seres humanos somos producto de dos medios de transmisión de información. De una generación a otra, la información vía el genoma nos constituye como pertenecientes a la especie y también nos coloca en vínculos de “parecidos de familia”

con nuestros ancestros más inmediatos (padres, abuelos, bisabuelos de familias que nos dotaron de una herencia genética). En contraste, la información mediante la transmisión cultural y el aprendizaje nos ubica en conexiones diversas con nuestro medio social y cultural (transmisión que se opera por el núcleo primario de socialización y posteriormente por el aprendizaje en centros de enseñanza).

En nosotros conviven las herencias biológicas encapsuladas en el genoma. Porque el genoma es el conjunto completo de instrucciones del ADN que se hallan en una célula. Como se sabe, en los seres humanos, el genoma consta de 23 pares de cromosomas ubicados en el núcleo de la célula, así como de un pequeño cromosoma en la mitocondria de la célula. *Un genoma contiene toda la información que una persona necesita para desarrollarse y funcionar.* Nuestra naturaleza está edificada en el conjunto de los genes que heredamos. Por su parte, el fenotipo conforma todas nuestras características observables; en ellas influyen tanto el genotipo como el ambiente.

Los rasgos de nuestro fenotipo están determinados por nuestros genes, transmitidos biológicamente. En cambio, los rasgos aprendidos son culturales y resultan de la transmisión cultural. Esta otra transmisión ocurre, inicialmente, en el grupo primario, donde, teniendo como base la información genética que nos determina para respirar, oler, mirar e incluso el reflejo innato para el amamantamiento, a todo ello se impondrán el lenguaje, los valores y, en general, un repertorio inicial de creencias, que muy probablemente nos acompañen el resto de nuestras vidas, casi sin reparar en ello de manera consciente (Hands, 2017; Solms-Turnbull, 2015; Nicolelis, 2022).

Por ejemplo, el que tengamos cabello o no, y si lo tenemos, de qué color y con qué contextura, son rasgos naturales. Con frecuencia se suelen identificar esas características por semejanza con nuestros antepasados. Lo mismo ocurre con las cejas, el color de los ojos, la forma peculiar del rostro, incluso la complexión corporal. Todo ello es producto de la información genética que nos ha sido transferida naturalmente.

En cambio, el que cortemos, peinemos y acicalemos nuestro cabello, es un rasgo cultural. Teniendo cabello (o no) por naturaleza, aprendemos qué hacer con él. No sólo lo recortamos, sino que le imprimimos formatos peculiares que son efecto de las modas y los estilos que cambian de comunidad en comunidad, de tiempo en tiempo, de cultura en cultura. Incluso se establecen reglas particulares en algunas religiones para el manejo del cabello. En muchas culturas se obliga a las mujeres a ocultar su cabello a la exposición pública. El aprendizaje se realiza por las instrucciones que nos imponen inicialmente en el grupo primario y luego decidimos seguir, por imitación o imposición, “los modelos” de peinado que se exigen entre nuestra comunidad, ya sea en los grupos de nuestros amigos y conocidos, ya sea de los clubes, sociedades o del templo a los que asistimos (sobre el tema de la *sexualidad*, véase Apéndice 2).

En ambos casos, es decir, tanto en la natura como en la cultura, las instrucciones por una u otra vía de información nos permiten dos tipos de “saber”. Porque muchas de las cosas más importantes que hacemos, que suelen ser las más imprescindibles para nuestra supervivencia —como el bombeo de la sangre en todo el cuerpo a través de las arterias y venas, la oxigenación de los pulmones para luego filtrarla a los riñones— “las sabemos hacer sin que nadie nos haya enseñado a hacerlas, y la información pertinente está grabada en el núcleo de cada una de nuestras células” (Mosterín, 2008: 47).

“Saber” en la naturaleza, saber en la cultura

Es frecuente que en el ámbito de las ciencias sociales y las humanidades se tengan reparos para admitir que hay un “saber en la naturaleza”, creyendo que el único tipo de saber es el “saber” humano, consciente y reflexivo. Ese es un prejuicio que viene de muy lejos; por ejemplo, derivado de las oposiciones entre lo sublime-divino y lo inferior, terrenal, animal o vegetal. Quienes así siguen pensando olvidan o excluyen de sus consideraciones, en el espacio de sus investigaciones, *el hecho de la evolución*. En particular, prescinden en mayor o menor grado del contenido de la teoría de la evolución. Aunque, claro está, es posible que esa omisión obedezca a motivos religiosos o por ideologías anticientíficas.

La teoría de la evolución es científica, explica cómo han evolucionado las especies a lo largo del tiempo a partir de procesos de selección natural, mutación y adaptación al entorno; se basa en evidencia empírica y se aplica al estudio de la naturaleza y la diversidad de la vida. Esta teoría también aclaró que, como los fenómenos físicos, la vida biológica es un proceso complejo que carece de causas y fines más allá de sus condiciones materiales. Aunque algunos quieran tergiversar los fundamentos de la teoría, la vida biológica no implica necesariamente una teleología de superación. Cambio y transformación se explican por el doble componente de la supervivencia y de la adaptación al medio.

En este sentido, es posible hablar de un “saber en la naturaleza”, o sea, un saber en el sentido de que *los organismos vivos han desarrollado adaptaciones y habilidades para sobrevivir en su entorno a lo largo de millones de años de evolución*. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta “sabiduría” es el resultado de procesos naturales, genómicos, y no implica la existencia de una conciencia o una inteligencia detrás de estos procesos.

Ahora bien, se puede hablar de un conocimiento o información presente en la naturaleza, incluyendo la información genómica; esta última —como se señaló—, es el

conjunto de instrucciones codificadas en el ADN de los organismos y que determinan sus características y funciones. Es la información de naturaleza en los organismos vivos.

Hablamos de la información genómica como un dominio de conocimientos descubiertos a partir de la investigación científica; además, son conocimientos que han permitido el desarrollo de nuevas tecnologías en áreas como la biotecnología y la medicina. Por ejemplo, la secuenciación del genoma humano proporciona información valiosa sobre la estructura y función de los genes, y ha permitido el desarrollo de tratamientos más precisos y personalizados para enfermedades genéticas. La medicina genómica es un campo no sólo para la salud sino también para investigaciones cada vez más complejas e interdisciplinarias.

Por otra parte, aunque la información genómica es una herramienta útil para entender la naturaleza, no se puede decir —en sentido estricto— que haya un saber preexistente en la naturaleza. La información genómica es el resultado de procesos naturales que ocurren en la naturaleza —son objetivos—, y ha sido descubierta a partir de la investigación científica y la tecnología —por medio del conocimiento. Por lo tanto, se puede decir que el conocimiento de la información genómica es el resultado de la actividad humana, en lugar de ser un conocimiento inherente a la naturaleza en sí misma. Pero si se extiende la palabra “saber” a otros ámbitos, como conjunto de instrucciones, podremos hablar sobre la distinción entre “saber hacer”, “saber cómo” y “saber que” [donde ‘p’ está en lugar de una proposición]. El análisis lingüístico es diferente, como vemos en el (capítulo III). Antes de entrar en estas complejidades, concluyamos un aspecto de la relación entre neurociencia y ciencias sociales y humanidades. En particular, cultura humana se podría definir como:

[...] el conocimiento, las creencias, los valores, la organización, las costumbres, la creatividad expresada en forma de arte y la innovación expresada en forma de ciencia y tecnología, de una sociedad, aprendido y desarrollado todo ello por sus miembros y transmitido entre ellos y hacia los miembros de generaciones sucesivas (Hans, 2017: 673).

Por otra parte, el rechazo a la idea de que habría un “saber” en la naturaleza procede de una posición filosófica. Proviene de una perspectiva epistemológica que considera el conocimiento como una construcción humana. En esta perspectiva, el conocimiento no es algo que esté en la naturaleza en sí misma, sino que es construido por los seres humanos a partir de la observación, la experimentación, la reflexión y de nuestro esfuerzo por comprenderlo. Por lo tanto, se puede decir que el conocimiento lo creamos y construimos, en lugar de ser algo que esté preexistente en la naturaleza. Sin embargo, esta distinción puede alejar todo un conjunto

de saberes en construcción en el campo de las neurociencias respecto de los otros campos de conocimiento.

En el dominio de las ciencias sociales y las humanidades a veces se omite o excluye que la teoría de la evolución permite hablar de un saber en la naturaleza, en el sentido de que los organismos vivos han desarrollado adaptaciones y habilidades para sobrevivir a lo largo de la evolución. Pero dicho *saber* es el resultado de procesos naturales y, por supuesto, no implica la existencia de una inteligencia o conciencia detrás de ellos.

Ahora bien, los estudios en las neurociencias deben explicar cómo emerge y funciona la conciencia. Si entendemos que “conciencia” es una apercepción, un darse cuenta de que doy cuenta, que incluye una carga de *intencionalidad* de mi pensamiento y conducta, entonces cabe entender –desde la ciencia– que la conciencia es un fenómeno que tiene una base cerebral. Hay funciones de la conciencia, como la operación de la percepción de los objetos, la memoria, el manejo de signos de variados tipos, que son funciones apuntaladas por funciones cerebrales estudiadas en los últimos años, de manera empírica y experimental en las neurociencias.

No se puede negar que el tema de la evolución de la conciencia humana es un asunto complejo y, en gran parte, aún en discusión en el ámbito científico, pero se han propuesto varias teorías.

Una teoría sostiene que la evolución de la conciencia humana puede ser explicada por la selección natural en el contexto de la adaptación social. Según esta teoría, la conciencia se desarrolló como una adaptación para permitir a los humanos interactuar de manera efectiva en grupos grandes y complejos. Esta teoría sugiere que la conciencia evolucionó para permitir a los humanos comprender mejor las relaciones sociales, prever las acciones de otros individuos y comunicarse de manera efectiva.

Otra teoría conjetura que la conciencia humana es el resultado de la complejidad del cerebro humano y su capacidad para procesar información de manera muy compleja. Según esta teoría, la evolución de la conciencia fue impulsada por la selección natural para permitir una mejor resolución de problemas y un mayor procesamiento de información. La visión de Edgar Morin (2001: 245), en términos de una teoría de la complejidad, ha avanzado en este sentido:

El conocimiento moviliza una formidable maquinaria, no sólo bio-antropo-cerebral, sino también sociocultural (Morin, 2001: cap. IV: “Máquina hipercompleja”), poniendo en funcionamiento innumerables dialógicas. La formidable polimaquinaria sin cesar es amenazada por insuficiencias, carencias, perturbaciones, desarreglos, errores de todos los órdenes, y las múltiples dialógicas, en particular, las que forman y desarrollan el pen-

samiento, sin cesar se ven amenazadas por degradaciones, atrofas, bloqueos, rupturas (como por ejemplo los bloqueos/rupturas en la dialógica análisis/síntesis).

Aunque la evolución de la conciencia humana sigue siendo un tema en discusión y hay diversas teorías al respecto, la teoría de la evolución proporciona un marco científico para entender cómo las especies cambian y evolucionan a lo largo del tiempo, incluyendo a los seres humanos.

Sin embargo, aquí nos interesa destacar la conformación cultural a la que estamos sujetos mediante la estructuración activa de sistemas de creencias. Porque lo que decimos que somos no deriva de una suerte de “autopercepción”, sino de sistemas de creencias que, con frecuencia, se intersectan con otros sistemas también de creencias, aunque a veces opuestas. La congruencia o no congruencia es una cuestión de énfasis, circunstancias y evolución de las propias creencias.

Sistemas de creencias e información cultural

En interacción con la información genética, los individuos nos desarrollamos necesariamente en virtud de lo que Sigmund Freud denominó “el asistente ajeno”. Es decir, los seres humanos nacemos con toda una información genómica, pero no podemos sobrevivir solos; requerimos de *un otro* que haga posible nuestra vida y desarrollo inicial (al menos hasta que podamos valernos por nosotros mismos). La asistencia ajena comprende una interacción psicológica, social y cultural con otros. Es decir, no sólo sobrevivimos como especie sino en una cultura y sociedad determinadas. A su vez, la sociedad sobrevive (o no) por las acciones y prácticas de conservación que los individuos realizan a favor de su medio ambiente y de las instituciones sociales. Para ello se requiere que compartamos todos sistemas de creencias comunes.

De manera que se puede sostener lo siguiente. Los procesos cerebrales (del individuo) intervienen necesariamente en la adquisición de un sistema de creencias (del grupo social) porque están relacionados con *la plasticidad neuronal y la capacidad de aprendizaje del cerebro*. El punto de unión es que la formación de nuevas conexiones neuronales (neuroplasticidad) es fundamental para el aprendizaje y la adquisición de nuevos conocimientos, incluyendo las creencias. Además, se ha demostrado que la emoción y la motivación pueden influir en el procesamiento cognitivo y afectar la formación de creencias.

Un individuo adquiere un sistema de creencias a lo largo de su vida mediante la interacción con su entorno y la asimilación de información proveniente de diversas fuentes, incluyendo la educación, la cultura, la familia, los amigos y la experiencia personal.

Las creencias siempre nos acompañan, aunque tenemos tres posibilidades:

- Una, desde luego, es aceptarlas e incluso difundirlas y enriquecerlas con otras más variadas.
- Otra posibilidad es que deje de creer en algunas o en todo un conjunto de creencias, es decir, que descrea de ellas por varios motivos.
- Una tercera posibilidad es que sea indiferente ante un conjunto de creencias (que ni crea ni no crea algo, y me mantenga receloso).

Uno busca que el conjunto de creencias sea referido a algunos contenidos que sean considerados como verosímiles, además que el todo sea coherente y sea razonable asumirlas. Estas proposiciones pueden ser sobre cualquier tema, desde hechos empíricos hasta valores éticos y morales, ya sean políticos o estéticos, y pueden las proposiciones estar basadas en la experiencia personal, en la tradición cultural o en la autoridad de fuentes externas. Pero se consideran razonables o plausibles en función del conocimiento disponible y, sobre todo, de la aceptación que tengan esas creencias en alguna comunidad.

Para constituir un conjunto de creencias, es necesario al menos:

- a) Tener una o más proposiciones que se consideren verdaderas o falsas. Éstas pueden ser sobre cualquier tema, desde hechos empíricos hasta valores éticos y morales, y pueden estar basadas en la experiencia personal, en la tradición cultural o en la autoridad de fuentes externas.
- b) Además, para que un conjunto de creencias sea coherente, las proposiciones que lo conforman deben ser lógicamente consistentes entre sí y no contradecirse mutuamente.
- c) Por último, un conjunto de creencias también puede incluir suposiciones o hipótesis que aún no han sido verificadas o refutadas, pero que se consideran razonables o plausibles en función del conocimiento disponible.

Si bien se trata de condiciones razonables e ideales, lo cierto es que estas tres cláusulas resultan requisitos para entender la dinámica propia de un sistema de creencias. Asimismo, aunque en cierto sentido las creencias son la base de nuestros conocimientos y que, incluso, un conocimiento cualquiera también debe ser creído por

quien asevera tal conocimiento, no se trata de lo mismo. La diferencia entre un sistema de creencias y un sistema de conocimientos se podría caracterizar del siguiente modo.

Se puede decir que un sistema de creencias se refiere a las convicciones personales, valores, principios y prejuicios que influyen en la forma en que una persona interpreta la realidad y toma decisiones; mientras que un sistema de conocimientos se refiere a los hechos, conceptos y teorías que una persona conoce y comprende sobre el mundo. En otras palabras, un sistema de creencias es subjetivo y puede variar de una persona a otra, mientras que un sistema de conocimientos es, en principio, objetivo y se basa en la evidencia empírica y en demostraciones y pruebas racionales. Es, en principio, un sistema que se caracteriza por ser evolutivo —se transforma en el tiempo— y heredado, cambiante en relación con el medio ambiente.

De manera que la información cultural nos es transmitida igualmente por sistemas de creencias. Porque un sistema de creencias se refiere a un conjunto de afirmaciones o proposiciones que una persona o grupo de personas aceptan como verdaderas o falsas sin necesidad de evidencia empírica o razonamiento lógico. Estas creencias a menudo son influenciadas por factores culturales, sociales, emocionales y personales, y pueden ser difíciles de modificar o cambiar.

El encuentro con los sistemas de creencias y los programas de inteligencia artificial se enmarca en un tema de actualidad: la pretensión de conseguir robots en funcionamiento con un alto nivel de capacidades cognitivas. Por eso se estudian ampliamente los sistemas de creencias, puesto que múltiples indagaciones de IA se centran en la cuestión de la utilidad del pensamiento computacional, generando algoritmos que respondan a cualquier problema mediante la aplicación de un conjunto de reglas o procedimientos lógicos, similar a como una computadora resuelve tareas.

Podríamos decir que, según este enfoque, el pensamiento computacional tal vez esté logrando influir poderosamente en la forma en que percibimos el mundo y tomamos decisiones. Aquellos que adoptan un enfoque de pensamiento computacional tienden a ver los problemas como desafíos que pueden descomponerse en partes manejables y resolverse mediante un razonamiento lógico y estructurado. Esto puede influir en nuestros sistemas de creencias sobre la capacidad humana para abordar problemas complejos y en la confianza en la aplicación de algoritmos y procedimientos para lograr objetivos significativos en este sentido. En otras palabras, el pensamiento computacional puede moldear las creencias sobre la solucionabilidad de los problemas y la eficacia de los métodos lógicos en la toma de decisiones.

Pero como todo en la vida, existen puntos a favor y puntos en contra. Buena parte del presente y futuro de los temas de la IA tendrán que aquilatar algunas de

las siguientes cuestiones. A continuación, exponemos los principales pros y contras de esta concepción:

Pros:

1. *Modelización formal.* La visión computacional de la cognición proporciona un marco formal y matemático sólido para comprender y modelar procesos cognitivos. Esto ha llevado al desarrollo de algoritmos y sistemas capaces de realizar tareas cognitivas complejas, como el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático, según examinamos en este capítulo.
2. *Reproducibilidad.* La computación ofrece la posibilidad de replicar procesos mentales en máquinas, lo que facilita la experimentación y la verificación de hipótesis. Esto es esencial para la ciencia cognitiva y la investigación en inteligencia artificial. Este es, quizás, un ideal epistemológico –experimental, objetivo– que parece estarse confirmando de acuerdo con los avances de la tecnología en inteligencia artificial.
3. *Avances tecnológicos.* La visión computacional impulsa avances tecnológicos significativos en campos como la robótica, la visión por computadora y la automatización de tareas, lo que ha tenido un impacto positivo en diversas industrias. También es cierto que la robótica goza ya de gran popularidad en los medios educativos y constituye una opción para los estudiantes de nivel medio y superior de educación.
4. *Generalización.* Los modelos computacionales pueden ser diseñados para generalizar a partir de datos y aprender patrones, lo que les permite adaptarse a una amplia gama de tareas y contextos. Esto se asemeja a la capacidad de adaptación y aprendizaje de la mente humana. Justamente por ello ha sido un atributo de la inteligencia artificial que atrae la atención de psicólogos, lingüistas y filósofos, y no solamente la diligencia de ingenieros y tecnólogos.⁴

⁴ Son varios quienes han trabajado los pros de esta posición. Por ejemplo, Jeannette M. Wing, conocida por popularizar el término “pensamiento computacional”; ha investigado ampliamente sobre su importancia en la educación y la resolución de problemas. Shimon Ullman, científico de la computación y neurocientífico que ha trabajado en la intersección entre la visión por computadora y la cognición humana. Seymour Papert, aunque falleció en 2016, fue un pionero en el campo de la educación y la inteligencia artificial, y

Contras:

1. *Simplificación excesiva.* La analogía entre la mente humana y una computadora es una simplificación excesiva de la complejidad de los procesos cognitivos. La mente no se reduce completamente a operaciones algorítmicas y procesamiento de información, lo que plantea dudas sobre la adecuación plena de este enfoque.
2. *Fenómenos incomputables.* Esto es, hay aspectos de la mente —como la conciencia, la creatividad y la intuición— que son difíciles de capturar o explicar mediante modelos computacionales. Estos fenómenos confirman que la cognición va más allá de la mera computación. Las críticas en este aspecto vienen desde las ciencias psicosociales e incluso de la filosofía de la mente. De estas discusiones se nutren algunos de los temas actuales de epistemología.
3. *Problema de la mente-cuerpo.* El enfoque computacional no aborda satisfactoriamente el problema mente-cuerpo, es decir, la relación entre la mente y el cerebro. No proporciona una respuesta clara sobre cómo la actividad neuronal se traduce en experiencia consciente. Estas afirmaciones han sido contundentemente defendidas por quienes han explorado y criticado el tema de la oposición cartesiana, procurando una visión más compleja de la mente humana.
4. *Limitaciones en la emulación.* Aunque las máquinas pueden emular procesos cognitivos, esta emulación puede carecer de la riqueza y la profundidad de la cognición humana. La inteligencia artificial puede ser experta en tareas específicas, pero carecer de comprensión genuina. Afirmación ésta que constituye un desafío para quienes trabajan en la generación de dichos modelos de emulación.⁵

promovió la idea de que el pensamiento computacional debería ser una habilidad fundamental para todos los estudiantes.

⁵ Entre los investigadores críticos están algunos de los siguientes. Hubert Dreyfus: este fallecido filósofo cuestionó la aplicabilidad del pensamiento computacional en contextos complejos y argumentó que la cognición humana va más allá de la simple manipulación de símbolos. El muy conocido filósofo Daniel C. Dennett, filósofo de la mente y la conciencia, ha expresado escepticismo sobre la posibilidad de que las máquinas realmente comprendan la cognición humana y ha explorado la naturaleza de la conciencia en relación con la inteligencia artificial. Luciano Floridi es un filósofo de la información que ha reflexionado sobre los desafíos éticos y epistemológicos relacionados con la computación y la IA, incluyendo el impacto en la privacidad y la autonomía. Por cierto, son temas de actualidad.

En última instancia, la visión computacional de la cognición en la inteligencia artificial ofrece un enfoque poderoso y efectivo para abordar muchos problemas, pero también plantea desafíos filosóficos complejos sobre la naturaleza de la mente y la inteligencia. La filosofía de la mente y la ética de la inteligencia artificial continúan explorando estas arduas cuestiones para comprender mejor el alcance y las limitaciones de este enfoque. Ya sea con puntos a favor o con puntos en contra, los debates contemporáneos no se pueden hacer sin recurrir a los medios y herramientas conceptuales y teóricas de las ciencias sociales y las ramas pertinentes de la filosofía.

Conocimiento y paradigmas

El conocimiento tiene historia. Significa que se trata de un proceso que ha tenido cambios y momentos de estabilidad. Kuhn (2015) distinguió entre “ciencia normal” y “ciencia revolucionaria”, puesto que podemos hablar de cambios, en cualquier circunstancia, debe haber algo que permanezca y algo que cambie. Según la epistemología contemporánea, no se explica el conocimiento simplemente haciendo un recuento o enumeración de autores, conceptos, nociones, metodologías aplicadas, sino por factores que hacen posible o no la generación de nuevas explicaciones sobre la naturaleza y sobre la sociedad.

De manera que el tema se puede enfocar desde dos componentes de la historia de la construcción de conocimientos: la plasticidad neuronal y las cosmovisiones. Desde el primer punto de vista, las propiedades funcionales de las neuronas (cualidades que van más allá de las neuronas particulares) y la arquitectura funcional de la corteza cerebral, son dinámicas y están bajo constante modificación debido a la experiencia, las expectativas y los contextos referidos al comportamiento propio y sociocultural.

Paradigmas y propiedades emergentes

En general, las cosas del universo (conocido) poseen una propiedad emergente desde su origen o pueden adquirirla al ser incorporada a un sistema. Una persona tiene sus características personales y suele adquirir otras características cuando se integra a algún sistema, por ejemplo, al educativo o como trabajador de una empresa que la contrata. Y como todo en la vida, las cosas y los procesos tienen la posesión de emergencia cuando adquieren una propiedad emergente; pero cuando se pierde una

o más propiedades se puede llamar extensión. Y así con las cosas como con los sistemas de creencias y de saberes: hay extensión de un repertorio de ideas colectivas cuando se impone uno nuevo, que emerge del sistema anterior.

Las indagaciones de Thomas Kuhn sobre los llamados “paradigmas” dan cuenta de cómo se transita de una cierta visión de los objetos, métodos y significados fundamentales en la investigación científica (dominantes en un periodo determinado), a otra concepción diferente y que generalmente surge —emerge— por la crítica y la búsqueda de alternativas en eso que llama “ciencia revolucionaria”, misma que tiende a convertirse en un “nuevo paradigma” (Kuhn, 2015, caps. III y IV).

Por su parte, en su libro *Psicogénesis e historia de la ciencia*, Jean Piaget y Rolando García (2008), hacen una distinción entre dos paradigmas: el epistémico y el social. Entienden que el paradigma epistémico se enfoca en cómo se produce y valida el conocimiento científico, mientras que el paradigma social se enfoca en cómo se construye y se influye en el conocimiento científico por factores culturales, políticos, económicos y sociales.

- El concepto de paradigma epistémico se refiere a la forma en que una comunidad científica produce y valida el conocimiento. Esta producción y validación se basa en la lógica interna de la disciplina, la cual está sustentada en ciertas reglas y principios que permiten establecer la verdad científica. El paradigma epistémico está orientado hacia la búsqueda de la verdad y la corrección del conocimiento. Por ejemplo —como examinamos más adelante—, existe una diferencia entre el paradigma epistémico en el *organicismo* y el *mecanicismo*. Un paradigma así determina qué se puede conocer y qué no se puede conocer. Sin embargo, no se sostiene solamente por esa “lógica interna” sino por condiciones sociales, que expresan posiciones religiosas, políticas y filosóficas.
- Por otro lado, el paradigma social, según Piaget y García, se refiere a la forma en que se construye el conocimiento científico en el contexto social e histórico en el que se produce. El conocimiento científico no es una entidad aislada que se produce en un vacío, sino que está influenciado por factores culturales, políticos, económicos y sociales que rodean a la comunidad científica. El paradigma social se enfoca en cómo estos factores influyen en la producción, validación y difusión del conocimiento. De modo que al examinar estos elementos sociales y culturales podrían considerarse como “externalistas”, pero se vinculan más bien, según los autores, por otro fac-

tor unificador: la concepción del mundo. Piaget y García (2008) plantean que el proceso de conocimiento implica una construcción progresiva de la concepción del mundo (*Weltanschauung*) por parte del sujeto que conoce.

- La concepción del mundo se refiere a la manera en que el sujeto interpreta y organiza la información que recibe de su entorno y cómo construye un marco de referencia que le permite comprender el mundo en el que vive (Apéndice 2).

Piaget y García sostienen que la concepción del mundo no es algo que el sujeto tenga de forma innata, sino que es el resultado de un proceso activo de construcción y reconstrucción que implica tanto *la asimilación* de nuevas experiencias como *la adaptación* de las estructuras cognitivas preexistentes. Además, este proceso no es lineal, sino que implica retroalimentación y ajuste constante a medida que el sujeto adquiere nuevas experiencias y conocimientos.

Según Piaget y García, esta construcción de la concepción del mundo implica dos aspectos fundamentales que antes señalamos: los paradigmas epistémico y social. El primero se refiere a la manera en que el sujeto organiza su conocimiento en términos de conceptos y teorías científicas; el paradigma social es la manera en que el sujeto construye su conocimiento a partir de las interacciones sociales y culturales.

En suma, los sistemas de creencias —examinados ahora de conformidad con una óptica histórica y más adelante conforme a la neuropsicología y la lógica— configuran concepciones del mundo y cada una de ellas dará preponderancia a algún paradigma epistémico, en el entendido de que el motor que influye predominantemente es el paradigma social con la problemática en torno al poder político y el poder ideológico, en un momento dado de la historia. Es el paradigma social el factor que permite, acelera o detiene el desarrollo del conocimiento científico en cierto tiempo y para cierta sociedad.

Añadimos un concepto más debido a que creemos resulta relevante para estos análisis: “matriz epistémica”, propuesto por Miguel Martínez Miguélez (2010).

La “matriz epistémica” se refiere a un conjunto de elementos teóricos, metodológicos y epistemológicos que influyen en la producción y validación del conocimiento en una determinada disciplina o campo de estudio. La matriz epistémica se compone de las teorías, métodos, técnicas, conceptos, principios, valores, presupuestos y paradigmas que orientan la investigación y la interpretación de los datos.

Si bien la matriz epistémica de Martínez Miguélez se relaciona con la concepción del mundo de Piaget y García, no son exactamente lo mismo. La concepción

del mundo de Piaget y García se refiere a la manera en que las personas construyen *una imagen mental del mundo que les rodea*, basándose en su experiencia y conocimiento previo. Esta concepción del mundo influye en la forma en que las personas perciben, interpretan y explican los fenómenos naturales y sociales.

En cambio, la matriz epistémica de Martínez Mígúeles se enfoca en los elementos que configuran la producción y validación del conocimiento científico en una disciplina determinada. Incluye tanto los elementos que forman parte de la teoría y el método de la disciplina, como los factores sociales, culturales e históricos que influyen en su desarrollo. Por ejemplo, las tecnologías de IA son construidas e impulsadas de manera vigorosa, empleando métodos cada vez más sofisticados de programación donde intervienen diversas disciplinas. Los presupuestos metodológicos constituyen la matriz epistémica, con rendimientos en la producción y en la producción industrial.

El recorrido que hemos hecho hasta aquí enfoca diversos niveles de análisis y los posibles elementos de integración que conjugan la información genómica con la información cultural, los sistemas de creencias y los sistemas de conocimientos. Sin embargo, resulta indispensable señalar que los factores cognitivos y los elementos epistémicos tienen relación, pero también diferencias. El Cuadro 2 sintetiza estas diferencias.

El conocimiento científico es una construcción social que se desarrolla en un contexto histórico y cultural específico. La distinción entre dos paradigmas, el epistémico y el social, permite analizar cómo se produce, se valida, se construye y se influye en el conocimiento científico.

Resumiendo, la distinción entre estos dos paradigmas no implica que sean excluyentes o incompatibles, sino que son complementarios y necesarios para una comprensión completa del conocimiento científico. Ambos paradigmas permiten analizar el conocimiento científico desde diferentes perspectivas y niveles de análisis, lo que permite una comprensión más profunda y completa de la naturaleza del conocimiento científico y su papel en la sociedad (Schneider, 2021; Nicolelis, 2022).

De la transmisión a la cosmovisión

Hemos examinado en este capítulo que la comprensión de las relaciones entre la información heredada como especie, la información cultural procesada, los sistemas de creencias y los marcos epistémicos incorporados, considerando la sociedad conectada como un sistema complejo y en mucho dependiente de la tecnología digital, resulta

Cuadro 2

Procesos cognitivos	Procesos epistémicos
Son los procesos mentales que permiten a los individuos adquirir, procesar, almacenar y utilizar la información en su entorno.	Son los procesos que permiten a los individuos adquirir, evaluar y justificar el conocimiento y la creencia.
Incluyen actividades como percepción, atención, memoria, razonamiento y resolución de problemas.	Incluyen actividades como investigación, análisis, evaluación y justificación de la evidencia y la información.
Se enfocan en cómo los individuos procesan la información en su entorno y cómo la utilizan para resolver problemas y tomar decisiones.	Se enfocan en cómo los individuos justifican y fundamentan el conocimiento y la creencia a partir de la evaluación de la evidencia y la información.
Están más relacionados con la psicología y la neurociencia.	Están más relacionados con la epistemología y la teoría del conocimiento.

un ejercicio fundamental para entender los distintos niveles de análisis involucrados en la realidad que nos rodea.

En primer lugar, la información heredada como especie se refiere a los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo de la evolución de nuestra especie, como el lenguaje, la capacidad de razonamiento abstracto y la memoria. Estos elementos nos permiten acceder a la información y al conocimiento que se transmite de una generación a otra.

En segundo lugar, la información cultural que procesamos y compartimos es el resultado de la interacción de diferentes factores, como la educación, la experiencia personal, la religión, la política y la ciencia. Este conocimiento, derivado de la adquisición y el aprendizaje social, se transmite de manera no genética, es y puede ser modificado y expandido a lo largo del tiempo.

En tercer lugar, la incorporación de esta información en nuestros sistemas de creencias y marcos epistémicos nos permite comprender la realidad que nos rodea y tomar decisiones informadas. Estos sistemas están influenciados por la cultura, la religión, la política y la ciencia, y pueden ser objeto de cambios y modificaciones a lo largo del tiempo.

En cuarto lugar, la construcción del conocimiento humano puede analizarse desde diferentes perspectivas, como la plasticidad neuronal y las cosmovisiones. En este caso, se abordará la construcción del conocimiento desde la perspectiva de la

plasticidad neuronal que se refiere a la capacidad que tienen las neuronas para modificar su estructura y función en respuesta a la experiencia, las expectativas y los contextos en los que se desenvuelve el individuo, tanto a nivel propio como sociocultural. Las propiedades funcionales de las neuronas y la arquitectura funcional de la corteza cerebral están bajo constante modificación debido a estos factores.

La plasticidad neuronal es una característica fundamental del cerebro humano, que permite la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades a lo largo de toda la vida. La capacidad de adaptación del cerebro a las demandas y exigencias del ambiente es lo que permite que el conocimiento se construya de manera dinámica.

Pero la experiencia, las expectativas y los contextos referidos al comportamiento propio y sociocultural, influyen en la plasticidad neuronal y en la construcción del conocimiento. Los estímulos y experiencias que se reciben del ambiente pueden modificar la conectividad sináptica entre las neuronas y la organización funcional de la corteza cerebral, lo que lleva a cambios en la percepción, el pensamiento y el comportamiento (Solms-Turnbull, 2015).

Además, la plasticidad neuronal también está influenciada por factores como la educación, la cultura, la religión y la política, que conforman las cosmovisiones de los individuos y de las sociedades. Estas cosmovisiones influyen en la forma en que los individuos perciben el mundo y construyen su conocimiento, y pueden ser objeto de cambio y evolución a lo largo del tiempo.

Igualmente, la construcción del conocimiento humano puede analizarse desde la perspectiva de la plasticidad neuronal, que destaca la importancia de la experiencia, las expectativas y los contextos en la construcción del conocimiento. Esta perspectiva también reconoce la influencia de las cosmovisiones en la construcción del conocimiento, lo que implica que el conocimiento es dinámico y está en constante evolución.

Por último, la sociedad conectada y dependiente de la tecnología digital influye en nuestros sistemas de creencias y marcos epistémicos, ya que nos permite acceder a una cantidad sin precedentes de información y conocimiento. Sin embargo, también puede generar desinformación, sesgos y polarización en nuestras opiniones y creencias.

En conclusión, comprender las relaciones entre la información heredada como especie, la información cultural procesada, los sistemas de creencias y marcos epistémicos incorporados, y la sociedad conectada y dependiente de la tecnología digital, requiere de un análisis en diferentes niveles que nos permita entender la complejidad de nuestra realidad y tomar decisiones informadas (Schneider, 2021; Nicolelis, 2022).

II. Los límites del saber y el horizonte de la inteligencia artificial

En todos los procesos hay algo que cambia en la medida en que se tenga como referencia algo que no cambia. Hemos señalado cómo existen condiciones que propician el surgimiento de ciertas ideas para los grupos humanos. De manera que, junto con el enfoque biológico de la mente, se debe considerar que la mente humana se ha poblado de representaciones variadas, de hábitos que se repiten e igualmente de aprendizajes que modifican la conducta. Durante muchos años se creyó que el sistema nervioso central es uno y el mismo cuando alcanzó la forma del *Homo Sapiens Sapiens*. Sin embargo, hay muchas formas de modificar las condiciones que hemos heredado de nuestros antepasados.

Desde el punto de vista biológico y psíquico, los seres humanos nos encontramos “fuera del punto de equilibrio”, de modo que la dinámica es una suerte de interrelación entre “desequilibrio-reequilibrio”. La ausencia de alimentos produce hambre y cuando comemos se reestablece el equilibrio. El comportamiento homeostático es ampliamente conocido en biología y medicina.

Estar fuera del punto de equilibrio en biología y psicología significa que un sistema biológico o psicológico ha sido perturbado de su estado de equilibrio estable, lo que puede tener consecuencias negativas para el funcionamiento del sistema. Por ejemplo, en biología, el mantenimiento del equilibrio homeostático es crucial para el funcionamiento adecuado del cuerpo humano y cualquier desviación de este equilibrio puede tener efectos adversos en la salud. En psicología, el equilibrio emocional y cognitivo es importante para el bienestar mental y cualquier perturbación puede tener efectos negativos en la salud mental y el comportamiento. Jean Piaget descubrió que en el caso de los procesos de conocimiento no se trata solamente de volver al punto de partida, como un bucle de retroalimentación, sino que el restablecimiento del equilibrio puede ir acompañado de un fortalecimiento y

mejoramiento del sistema cognoscitivo, generando nuevas estructuras que permiten el avance del conocimiento.

En las décadas de 1960 y 1970, Jean Piaget desplegó un compendio de investigaciones empíricas en el Centro Internacional de Epistemología Genética, con sede en Ginebra. Piaget demostró que los procesos cognoscitivos son producto de la actividad del sujeto en relación con la resistencia que muestran los objetos de su experiencia (Piaget, 1976). Sujeto-objeto se van transformando recíprocamente en la medida en que los objetos se tornan más complejos y el sujeto despliega nuevos instrumentos intelectuales para asimilar las diferencias y adaptar su sistema cognitivo a las nuevas realidades. Es célebre su frase: el conocimiento no es un estado sino un proceso. En efecto, Piaget mostró no sólo que hay estructuras cognitivas moldeables, las cuales se van conformando para resolver situaciones a las que se ve enfrentado el sujeto. El proceso bidireccional evoluciona en un doble sentido: interno, recuperando las estructuraciones previas y luego dándoles una nueva conformación más amplia y abarcativa, en un proceso que no tiene fin; en cuanto a lo externo, la experiencia no es “sólo física” sino que los objetos tienen significación. Todo sujeto está sometido a la influencia de su medio social, cultural y físico, que propicia el establecimiento de problemas a los cuales se ha de encarar con los instrumentos del conocimiento.

Y un tema central fue la equilibración de las estructuras cognitivas (Piaget, 2005). La equilibración es un proceso de ajuste y reorganización que ocurre cuando el sujeto encuentra información nueva y desafiante que no se ajusta a sus previas estructuras cognitivas existentes. La equilibración se produce a partir de la asimilación y la acomodación, y es un proceso continuo que se produce a lo largo de todo el desarrollo cognitivo y, en general, de todo proceso de construcción del conocimiento. En este proceso, el sujeto debe adaptar y modificar sus estructuras cognitivas para dar cuenta de esta nueva información y establecer un (nuevo) equilibrio entre lo que ya sabe y lo que aprende.

Según Piaget, la equilibración se produce en dos etapas: la asimilación y la acomodación. La asimilación es el proceso por el cual el individuo interpreta y entiende la nueva información en términos de sus estructuras cognitivas existentes. La acomodación, por otro lado, es el proceso por el cual el individuo modifica sus estructuras cognitivas existentes para dar cuenta de la nueva información.

A medida que el sujeto adquiere nueva información y experimenta nuevos desafíos, sus estructuras cognitivas se ajustan y se reorganizan para adaptarse a estas nuevas experiencias (Piaget, 2005). En todo caso, el sujeto trata de evitar la incoherencia en su pensamiento y tiende a nuevas formas de equilibrio cognitivo.

Piaget utilizó el término “equilibración maximizadora” (2005: 34-44) para referirse a la idea de que el desarrollo cognitivo es un proceso progresivo y acumulativo, pero que implica discontinuidades que obligan a la recomposición del aparato cognoscitivo, transformado, para la construcción de nuevas estructuras cognitivas, cada vez más complejas y sofisticadas. De ahí que se hace indispensable distinguir entre el equilibrio alcanzado en un momento y el posterior desequilibrio que se genera a partir de los desafíos de la experiencia. Hay, pues, una reequilibración cognitiva, que no es cerrada sino abierta a un nuevo devenir. Piaget planteaba que el desarrollo cognitivo se produce a partir de un equilibrio entre afirmaciones y negaciones (2005: 44-45). Según Piaget, este equilibrio se produce por medio del proceso de equilibración, que implica la adaptación y reorganización de las estructuras cognitivas existentes para dar cuenta de la nueva información y experiencias. De manera que dicho equilibrio implica la adaptación y reorganización de las estructuras cognitivas existentes para dar cuenta de la nueva información y experiencias. El equilibrio entre afirmaciones y negaciones implica la necesidad de equilibrar la asimilación y la acomodación para construir nuevas y más abarcativas estructuras.

Piaget adelantaba que la equilibración también funciona de manera recursiva. En general, la recursividad es un proceso que aparece de diversas maneras en las investigaciones sobre la mente y sus productos, como los algoritmos y estructuras formales. Piaget comprobó que los procesos mentales son altamente interactivos y dinámicos, y están influenciados por una variedad de factores, como la experiencia previa, las emociones, las expectativas y las creencias. Además, los procesos mentales no son lineales, sino que pueden implicar múltiples niveles de procesamiento y retroalimentación constante entre la comprensión de las partes y la comprensión del todo, entre las constataciones y la negación de otras constataciones.

Las investigaciones de Piaget hoy se enriquecen con nuevas pesquisas en el campo de las neurociencias. A veces se advierte que algunos investigadores desde este campo ignoran o excluyen las contribuciones de Piaget, ya sea porque las consideran excesivamente formalistas, o porque piensan que la evolución que plantea Piaget de los famosos “estadios” de conocimiento, no son susceptibles de una indagación empírica y controlada. Sin embargo, debemos reconocer que Piaget nunca dejó de ser autocrítico y fue ampliando sus puntos de vista, pero no llegó a vivir para ver el despliegue espectacular de las neurociencias y sus capacidades explicativas.

Sea como fuere, el trabajo de las neurociencias tiene mucho que ver con el conocimiento y dominio de los análisis del lenguaje, porque –como iremos desglosando– el lenguaje es una pieza imprescindible de los procesos cognitivos. Pero el lenguaje tampoco ha sido un objeto estático, sino que desde varias ópticas se han

descubierto una serie de cuestiones que tienen repercusiones importantes en la comprensión de la estructura del lenguaje y con ello un haz de luz para la computación y la programación de algoritmos de aprendizaje en la interacción hombre-máquina.

Tanto Piaget como Morin (véase capítulo I en el presente libro) han sido pioneros en la intelección de que la mente procesa una doble mecánica: las transformaciones internas, que son posibles gracias a la plasticidad del cerebro humano, y los cambios culturales que expresan modificaciones y metamorfosis en los marcos de creencias. Lo cual no significa dejar de reconocer que cada esfera tiene sus propias características y dinámicas. Supone convenir que existe una convergencia esencial entre la mente y la cultura, y a la inversa, cuando la información cultural modifica las interrelaciones generadas en la mente. Se trata de una concurrencia que permite conjeturar varias formas de conexión entre lo genómico natural y lo convencional cultural. En este aspecto, seguramente se podrán encontrar los senderos de la dialéctica “interno”/“externo”.

En el capítulo previo analizamos cómo el saber tiene una importancia central en los procesos cognitivos y epistémicos, examinados desde la ciencia del cerebro y de la teoría de la evolución. Ahora corresponde examinarlo desde el punto de vista del lenguaje y sus correlaciones.

El saber hacer, el saber que

Una base fundamental de la información cultural pasa por la distinción entre el “saber hacer” y el “saber que (p)”. El primer tipo de saber se refiere a la habilidad práctica para llevar a cabo una tarea o actividad, mientras que el segundo se liga a un conocimiento conceptual o teórico, sobre un tema o cierto discernimiento.

El “saber hacer” a menudo se adquiere a partir de la experiencia y la práctica, y puede ser difícil de expresar en palabras. Por ejemplo, una persona puede ser experta en tocar un instrumento musical, pero no ser capaz de explicar con precisión los pasos que sigue para lograr una buena interpretación. En este caso, el conocimiento es implícito y se adquiere a partir de la práctica.

Por otro lado, el “saber que” es un conocimiento explícito que se puede expresar en palabras. Este tipo de conocimiento se adquiere por medio de la educación formal, la lectura, la investigación y la reflexión. Por ejemplo, un profesor de historia puede tener un conocimiento teórico sobre los acontecimientos históricos, pero no necesariamente tener la habilidad práctica para aplicar este conocimiento en la vida diaria.

Ambos tipos de conocimiento son importantes y se complementan entre sí. El “saber hacer” puede mejorar con el “saber que (p)”, y este último puede ser más efectivo cuando se aplica con habilidad práctica. Aquí ‘(p)’ representa una idea, una proposición, una oración.

Para no perder de vista lo fundamental de estas discusiones, en cuanto a lo que ocupa al presente trabajo, conviene traer al centro la distinción entre lo que el filósofo G. Ryle puntualizó entre *to know that* (saber que) y *to know how* (saber hacer), que en alemán se expresa mediante los verbos *wissen* y *können*, respectivamente. Mosterín (1983, 2008) señalaba los varios sentidos y usos que tiene el verbo saber en español. No entramos en ello.

Cabe anotar que las observaciones y reflexiones sobre estos verbos, llamados modales, están referidos a “actitudes proposicionales”, las que describen la relación entre un ser pensante y una proposición “fulano sabe”, “mengano cree”, expresadas por palabras como “saber que”, “creer que”, “desear que”, “cuestionar que”, entre otras.

Su estudio es ejemplo de lo que es el “análisis conceptual”. Hay una lógica modal distinta de la lógica modal alética (ésta versa sobre lo referente a la verdad) que recibe interpretaciones no aléticas: es la lógica epistémica, la cual tiene por objetivo exponer la sintaxis y la semántica de nociones del saber y del creer).

El uso más frecuente es el saber que, el cual empleamos cuando la unimos a oraciones de la forma *x sabe que p* (donde *x* es reemplazable por el nombre de algún sujeto genérico [fulano], y *p* es una letra que representa una idea o proposición).

Unos ejemplos: Ya sé que soy un adulto mayor; ¿Sabes que hay una guerra en otra parte del mundo?; El candidato sabe que su popularidad ha bajado notablemente; Muchos sabemos que ‘Pi’ es un número; Todos sabemos que la Tierra gira alrededor del Sol.

Saber hacer y saber cómo

El otro tipo de significación es el “saber hacer”, que a veces se ilustra con la formulación “saber cómo [hacerlo]”. Podemos decir, por ejemplo: “Sé cómo se hace esto o aquello”, donde no expresamos una relación entre un agente epistémico y una proposición (Sfp), sino la relación de un agente consciente con un conjunto de disposiciones personales o habilidades para completar actos exitosamente. Se trata de un saber no proposicional, porque lo que se sabe no compete a una proposición, sino a cierta habilidad o destreza. Una distinción más fina indica que la expresión “saber

cómo” es usada específicamente para expresar la relación entre un agente epistémico y un conjunto de disposiciones o habilidades (“sé manejar un automóvil”), y no la relación entre un agente epistémico y una proposición (“fulano sabe que la Tierra es redonda”).

Con miras a decidir si el uso que hace un hablante de una frase de “saber cómo”, uno bien podría sustituir la oración “saber cómo hacer esto o aquello” por expresiones como “capaz de hacer esto o aquello” o, incluso, por la frase “dispuesto a hacer esto o aquello”.

Sea como fuere, lo que interesa aquí es destacar las condiciones del pensamiento conceptual, sustentado en el lenguaje. Se puede expresar en una pregunta general: ¿Desde cuándo piensan (lingüísticamente) los homínidos? Mosterín (1983: 25-26) responde:

[...] los homínidos prehumanos tenían desde el principio cerebros que en algunos aspectos anatómicos se parecían ya a los nuestros [más] que a los de otros simios [...] Durante tres millones de años esos cerebros han evolucionado continuamente, en respuesta a las crecientes exigencias de la vida social y cultural de los homínidos, de su creciente habilidad manual y, sobre todo, de su creciente necesidad de comunicación.

Creencias racionales, filosofía

Con la construcción del lenguaje escrito se dio el salto más amplio en el desarrollo para la consolidación del pensamiento lingüístico o conceptual. A la par, se fincó el pensamiento mitológico. El término mito deriva del griego *mythos*, que para Homero significó –equivocamente– “palabra”, “discurso”, o sea, casi lo equivalente al término *lógos*, aunque bajo una suposición en la que no se distingue entre la palabra y el ser. Más tarde, con la filosofía platónica, el término quedó establecido como “narración sobre dioses, seres divinos, héroes y descenso al más allá” (*República*, 392a). Asimismo, puesto que el pensamiento mitológico –una forma primitiva del pensamiento conceptual– es una forma de discurso que no requiere demostración, entonces se terminó contraponiendo a *lógos*, en el sentido de argumentación racional. Sea como fuere, los mitos representan esa forma del “creer que”, que poco a poco se irá diferenciando del conocimiento. Se entiende el conocimiento, al menos en la versión clásica de Platón y que llega a Bertrand Russell. De tal manera, se suele señalar que *x conoce que p si x cree p, p es verdadera y x está completamente justificado para creer p*. Expresado en el lenguaje de la lógica simbólica modal epistémica:

Sfp → [Cfp & Jfp]

Es decir, si fulano sabe que *p*, entonces fulano cree que *p* y, además, está justificado para creer que *p* (Redmond, 1999). La validez de estas implicaciones corresponde al “sentido fuerte”, “filosóficamente sustentado” o incluso “responsable” del conocimiento. Y conlleva el suponer la posesión por parte de quien argumenta de la evidencia adecuada. (Los temas en torno a la lógica epistémica han tenido diversas formulaciones. Algunas de ellas son aplicables a los cálculos lógicos aplicados a la computación. Más adelante examinamos algunos temas sobre estas cuestiones).

Mientras que el mito queda confinado exclusivamente al espacio de las opiniones (la *doxa*), incluso a las visiones no racionales o, en el mejor de los casos, remitido al terreno de las creencias racionales, o sea, al estudio de la lógica doxástica (que examinamos más adelante). Para completar el tema del saber y entrar en el terreno de los diversos ámbitos del conocer, habrá que explorar las relaciones entre la creencia y el conocimiento. Lo haremos tanto desde el punto de vista del análisis conceptual como desde el histórico.

La fuerza de las creencias: cooperación y predicción

En rigor, el saber no basta para el conocer en general ni para el conocimiento en nuestra experiencia mundana, cotidiana. Y si bien se ha sostenido que el conocimiento sería una clase particular de creencia, sería una creencia verdadera justificada. Sin embargo, esa visión del conocimiento como una expresión del creer, resulta refutada en la situación en la que una persona dice creer cosas o asuntos que realmente no conoce, e incluso dice no creer una gran cantidad de cosas o asuntos que conoce o debe conocer. Es decir, no siempre hay asociación directa entre creencia y conocimiento. La fórmula de la lógica epistémica puntualiza que aquello que se sabe ha de creerse.

Además, el problema de la relación entre ambos conceptos puede enfocarse tanto de una manera descriptiva como de una manera normativa (Bunge, 2010: 130). El estudio descriptivo de las actitudes cognitivas, como creer o descreer, así como la certidumbre y la duda, se emprende en la investigación científica en la psicología cognitiva. También desde el punto de vista de las teorías sobre el cerebro y la genética.

Hay una coincidencia entre los investigadores de esas áreas de que fue durante el Neolítico, junto con el surgimiento de la agricultura, la domesticación de

animales, el sedentarismo y la producción de excedentes, entre otros, que cobra fuerza el impulso de las creencias sobre las cosas que suceden en el mundo circundante de aquellos tiempos. Y es que durante el Neolítico la continuidad de las poblaciones en cada territorio sirvió para mejorar la comunicación y la socialización de “cualquier innovación cultural, incluyendo, por supuesto, las tangibles y las intangibles (conceptos, creencias, ideas)” (Bermúdez, 2022: 293).

Bajo estas circunstancias se ha documentado el desarrollo de las religiones, como una clase de cultura imprescindible para el orden moral de las sociedades de entonces. Un factor es el crecimiento poblacional, porque cuando el número de personas supera cierta cantidad, el control social supone la regulación de ciertos comportamientos que, para el conjunto social, se consideraron ejemplares o reprobables. Y puesto que el control social por la fuerza desborda las posibilidades de un individuo concreto, hubo de generarse un tipo de “control espiritual”, como supondría Nietzsche en su *Genealogía de la moral*. “Los jefes de las tribus no son capaces de gobernar por sí solos” (Bermúdez, 2022). Así las cosas, habrían de surgir con algún código de conducta para evitar acciones inadecuadas, según los propósitos de cada grupo.

Las creencias religiosas van acompañadas de la creencia de que existe una deidad que vigila sin descanso las acciones de los individuos. Pero no sólo es el control por el control: también hay rendimientos y frutos sociales.

Las creencias sobrenaturales tendrían la capacidad de construir sociedades cooperativas desde el punto de vista material y conllevarían un mayor éxito evolutivo que las sociedades carentes de tales creencias. El cristianismo, el islamismo, el hinduismo o el budismo tienen en común la creencia en agentes sobrenaturales, incluidos los santos, los antepasados, seres animistas, deidades celestiales antropomórficas, espíritus del jardín o fantasmas (Bermúdez, 2022: 295).

Si bien es rebatible que el conocimiento sea simplemente una creencia verdadera justificada, lo cierto es que las creencias tienen expresiones y representaciones cognitivas y verbales que cumplen varias funciones en la convivencia con los demás. Algunas nos sirven para hacer predicciones y tomar decisiones en la vida cotidiana y en las actividades profesionales. Son las creencias las que nos llevan a elegir una carrera profesional, asumir el riesgo de un matrimonio, o sobre las variaciones en el cuidado de los hijos, elecciones sobre prácticas cotidianas como qué tipo de actividades o de comidas son saludables, etcétera. Y en la mayoría de los casos no nos ponemos a pensar o reflexionar que actuamos basándonos en creencias de alguna clase.

Asimismo, las creencias nos permiten interpretar y significar los hechos que observamos día con día. Incluso, el encender la estufa diariamente está basada en un conjunto de creencias: que el gas saldrá a través de los tubos de la cocina, y saldrá la llama; o también que al operar un interruptor de luz encenderá un foco, etcétera. Hay que destacar que las creencias forman –lo que podrían llamar– ramilletes de creencias, porque no tenemos realmente creencias aisladas. “Cada nivel de creencia nos brinda un entendimiento adicional. Las creencias ganan credibilidad si son explicadas por otras creencias que la posean en algún grado” (Nilsson, 2019: 27).

Sin duda, las creencias religiosas son las más ampliamente difundidas y compartidas entre personas que participan en iglesias que se distribuyen a todo lo largo del planeta. De ahí que el quiebre en un sistema de creencias religiosas tiene importancia capital para entender los cambios de perspectiva humana que acontecen en circunstancias peculiares.

En este punto hacemos un corte en el análisis conceptual y procedemos a la exposición y discusión de las maneras en que la sociedad occidental encaró el saber, lo reprimió, lo limitó y, por distintos motivos, terminó liberando el conocimiento y se adentró en los temas de la inteligencia artificial. La liberación, que ocurre con ocasión de las revoluciones tecnológicas, en cuyo ambiente habrán de desplegarse las tecnologías digitales.

Matices del pensamiento arcaico y del pensamiento conceptual: el papel de la religión

La elaboración y expresión de mitos y rituales en las manifestaciones culturales más primitivas refleja la necesidad humana de dar sentido a su entorno y explicar lo que no se puede entender completamente a partir de la observación empírica. Mitos y rituales fueron parte esencial del pensamiento arcaico y ofrecían explicaciones metafóricas y alegóricas de los fenómenos naturales, y se transmitían de generación en generación como una forma de crear y mantener la identidad cultural y la cohesión social. Sobre todo, que las comunidades permanecieran unidas era una necesidad vital ante las amenazas a las que se veían sometidas.

Mitos y rituales, además de dar cuenta de los fenómenos naturales, también se utilizaron para explicar la naturaleza y la condición humana en general. Estas historias

ofrecían modelos de comportamiento y valores éticos, y ayudaban a la sociedad a mantener una cohesión social y un sentido de comunidad.

Las religiones surgieron una vez que la palabra colectiva se convirtió en escritura y con la proclama de una divinidad que protegía a los suyos (la comunidad elegida) y al mismo tiempo los condicionaba a practicar rituales de sacrificio y abstinencia. Las primeras manifestaciones religiosas combinaban lo terrenal con lo divino, como fueron las narraciones de convivencia entre humanos y dioses. Así fue con los griegos y los romanos.

El judaísmo y el cristianismo, como posteriormente el islam, tenían que imponerse ante los poderes civiles y reinar sobre ellos. En particular, con la irrupción del cristianismo en la vida política de Roma y sus colonias la cultura habría de cambiar. Si todos los caminos llegan a Roma, se ha dicho, era porque la mayoría de los sitios conocidos convergían con el asentamiento del lugar civil, y por eso resultó una conquista indispensable para la religión cristiana.

Por lo que se refiere a los sistemas de creencias en la religión, el judaísmo y el cristianismo surgieron en un contexto en el que se buscaba la imposición de un nuevo sistema de certezas que compitiera con los poderes civiles establecidos imponiendo una jerarquía religiosa que se encargara de mantener la cohesión de las comunidades religiosas. En el caso del cristianismo, se estableció una jerarquía religiosa que incluía al papa, los obispos, los sacerdotes y los laicos. Esta permitió mantener la cohesión de la comunidad religiosa y asegurar su influencia en la sociedad, siendo así la primera religión oficial en Occidente. Vale la pena recalcar que las costumbres que habían mantenido la cohesión civil de las comunidades griega y romana se basaban en relaciones de convivencia centradas en el páter familias. La estructura religiosa jerárquica establecida por el judaísmo y el cristianismo permitió asegurar su influencia en la sociedad y su capacidad para competir con los poderes civiles establecidos.

Teocracia, devastación y ciencia

Con el ascenso del cristianismo se fue consolidando la teocracia. Los gobernantes romanos habían sido bastante tolerantes con las diversas creencias religiosas. El término “teocracia” no deja de ser bastante equívoco. En analogía con democracia, entendida como el gobierno del pueblo (*dêmos* = pueblo; *kratêin* = gobernar), teocracia debería significar el gobierno de Dios (*Theos* = Dios), pero en realidad no fue eso a lo que se refiere el término: ningún dios gobernó nación alguna (aunque algunos emperadores romanos se consideraron a sí mismos como deidades). Sin embargo, la

teoría política utiliza el término para significar el poder de la Iglesia, sus dogmas y preceptos para conducir la vida de las poblaciones humanas.

La religión avanzó en todos los terrenos. Para ello requirió de un conjunto de dispositivos de comunicación para evangelizar a las personas y al mismo tiempo preservarlas de influencias perniciosas de otros credos. Las religiones señalan en qué condiciones alguien forma parte de su grey y quiénes no. Para ello fue generando una forma de legitimación mediante el discurso de la teología. Había que convencer sobre las bondades del premio que significó creer en el trasmundo, en el cielo que se consigue al transitar por “este valle de lágrimas”.

Para San Agustín, la Fe es literalmente una “gracia divina” y no se adquiere ni se enriquece por medio de la Razón. Antes, al contrario, para ese padre de la Iglesia resultaba indispensable dejar a un lado el cuestionamiento, que es consustancial al uso de la razón. En otro extremo, Santo Tomás de Aquino proclamaba que la Razón era un medio para alcanzar una Fe debidamente fundamentada.

Como sea, la palabra de Dios resultaba incuestionable. Incluso se llegó a pensar en la Alta Edad Media que habría una “doble verdad”: la verdad que estaba contenida en las Sagradas Escrituras, en tanto que la palabra de Dios, y la verdad derivada del conocimiento y los razonamientos alcanzados por los hombres y las mujeres de carne y hueso. La palabra de Dios podría sentenciar que Eva nació extraída de la costilla de Adán, y eso entrañaba una creencia inapelable; pero la confección del pan para alimentarse no estaba consignada en la Escrituras y podría variar y mejorar por la experiencia empírica. En un mundo que ampliaba paulatinamente sus horizontes de vida, resultaba indispensable el conocimiento empírico para la construcción de viviendas, para elaborar mejores cosechas, para alimentar más productivamente a los animales domésticos, para encontrar remedios ante las enfermedades, incluso para contar con mejores instrumentos de guerra.

La naturaleza habló y se abrió la Ilustración

La relativa estabilidad alcanzada por el régimen teocrático tendría una doble sacudida que lo cimbró hasta las raíces mismas. Un acontecimiento terrible habría de poner a pensar los alcances de la misericordia divina: el terremoto de Lisboa.

La ciudad de Lisboa fue devastada por el terremoto del 26 de enero de 1531. Fue de una magnitud en torno a ocho grados. Pero el más espantoso fue el terremoto

que aconteció en 1755, que tuvo lugar la mañana del día de Todos los Santos, festividad nacional en Portugal y otros países católicos. Los informes contemporáneos indican que el terremoto duró entre tres minutos y medio y seis minutos, produciendo grietas gigantescas de cinco metros de ancho que se abrieron en el centro de la ciudad. Los supervivientes, huidos en busca de seguridad en el espacio abierto que constituían los muelles, pudieron observar cómo el agua empezó a retroceder, revelando el lecho del mar cubierto de restos de carga caída al mar y los viejos naufragios. Cuarenta minutos después del terremoto, tres olas de entre seis y 20 metros engulleron el puerto y la zona del centro, subiendo aguas arriba por el río Tajo. En las áreas no afectadas por el maremoto, los incendios surgieron rápidamente, iniciados en su mayor parte por las velas encendidas en recuerdo a los difuntos en las iglesias, y las llamas asolaron la ciudad durante cinco días.

La conmoción que provocó ese evento telúrico abrió una alternativa: o bien tratar de descifrar los alcances del poder divino (y las consiguientes preguntas sobre la bondad absoluta o las imposibilidades divinas: ¿Dios lo pudo evitar, pero no lo quiso?, Dios no lo pudo evitar, ¿entonces no es omnipotente?); o bien tratar de entender qué ocurre en la Naturaleza para estar preparada la humanidad ante la irrupción de fuerzas telúricas desconocidas. Tan enorme catástrofe tuvo un impacto transformador en la cultura y la filosofía europeas.

Resumiendo, el terremoto de Lisboa de 1775 fue visto por muchos como un castigo divino, un signo de la ira de Dios hacia una sociedad que había caído en la corrupción y la decadencia. Sin embargo, otros vieron el terremoto como una oportunidad para reflexionar sobre la naturaleza de Dios y su relación con la humanidad. Algunos teólogos argumentaron que el terremoto no era un castigo divino, sino una muestra de la grandeza y la sabiduría de Dios, que había creado un universo complejo y dinámico que era difícil de entender.

El terremoto de Lisboa llevó a un cambio en la mentalidad y en la forma de pensar de la sociedad, y contribuyó a la aparición de nuevos movimientos y corrientes de pensamiento en Europa y en todo el mundo. Una respuesta fue la ciencia, siempre que ésta surgiera cuando la sociedad europea fue permisiva respecto de nuevas creencias. Una nueva *Weltanschauung* se erigía para Europa y para el mundo occidental. La alternativa fue: la ciencia o la creencia religiosa.

Fe, impedimento a la razón

La cristiandad desempeñó un papel contradictorio respecto a la filosofía y la emergencia de la ciencia moderna. San Agustín impuso la diferencia entre conocimiento por experiencia humana y conocimiento por revelación divina. Tuvo consecuencias, los filósofos (que, recordemos, eran al propio tiempo científicos) fueron expulsados entonces de las tierras cristianas y se refugiaron en territorios árabes; particularmente en la ciudad de Córdoba.

La escolástica vino a corregir en parte ese desapego respecto a las necesidades prácticas de la sociedad y la “cultura material”. Santo Tomás recuperaba y adaptaba a Aristóteles (recordemos que las obras de éste fueron preservadas por los árabes). Finalmente, en el siglo XIII se llega a la hipótesis de la doble verdad (no siempre explícita): puesto que es imposible que la Biblia establezca todo el conocimiento que se requiere (por ejemplo, en materia agrícola), habría que dar espacio para el conocimiento empírico. De alguna manera, con ello se iniciaba un cierto secularismo. Como consecuencia de esto, y pese a toda su rigidez dogmática, la Iglesia católica, merced a sus monasterios, había preservado los logros de la cultura helénica.

La escolástica afianzó la idea de una relación intelectual del ser humano con el “logos creador”, con una idea sobre el intelecto activo (el *lumen intellectus agentis* de Santo Tomás) era una posición que mediaba entre la razón humana y el cosmos creado por voluntad divina. Pero Tomás de Aquino rechazó que fe y razón se opusieran, y por ende desconoció la teoría de la doble verdad. Para él la fe era una gracia divina que Dios da a los hombres que elige, aunque la razón también proviene de Dios, pero como facultad más distribuida que la fe (todos los hombres tienen razón, pero no todos tienen fe). Santo Tomás señalaba que filosofía y teología son dos disciplinas distintas, pero no contrapuestas y se prestan mutua ayuda (la razón con sus armas dialécticas, la fe como el criterio extrínseco) en la búsqueda de la verdad. La razón, por otros motivos ensalzada, se vio como un enemigo posible de la fe.

En los siglos XVI y XVII el escolasticismo se volvió aún más dogmático, considerando que nada nuevo había bajo Sol. Paradójicamente, el racionalismo, el naturalismo (materialismo) y los empirismos modernos tuvieron raíces escolásticas.

Con Copérnico, un oasis en medio del dogmatismo, el ser humano se libera de la ilusión geocéntrica. Con Galileo, Descartes y Newton se forjaría la ciencia moderna y una nueva cosmología que abrió al ser humano una mayor vinculación con ese nuevo universo. Un producto: la máquina. Es la máquina un mecanismo de fuerza y materia, desprovisto de finalidades; una suerte de vacío o de conciencia, como el efecto de ser un producto con funcionamiento propio, ajeno a lo humano.

El lugar para la teología de Dios habría de ser ocupado por la (a) ciencia materialista, (b) objetivista, (c) cuantitativa, (d) vinculada a las necesidades prácticas de una sociedad cada vez más plural en lo económico y en lo cultural, y generando una nueva concepción de la realidad conocida (una *Weltanschauung* de corte laico). El antiguo análisis cualitativo del mundo, si bien intentó liberar metodológicamente las distorsiones subjetivas, condujo al mismo tiempo a un debilitamiento de todas las cualidades “subjetivas” –apetencias emocionales, estéticas, éticas, sensoriales, imaginativas, intencionales–, como cualidades secundarias, sobre las cuales no puede haber acuerdo seguro. En paralelo, la ciencia se fue distanciando de cualquier elemento de naturaleza ética. Se fue convirtiendo cada vez más en una máquina intelectual al servicio de los intereses del poder político, persuasivo (en las universidades post-escolástica) y económico.

En la oposición de la Fe contra la Razón, Martín Lutero tomará posición del lado de la primera (quizá en seguimiento a su formación agustina) y declaró con vehemencia: “Así como sucedió con Abraham, la fe vence, mata y sacrifica a la razón, que es la más rabiosa y pestilente enemiga de Dios” (citado por Fartos Martínez, 1992: 235).

Para Lutero, el único camino es la fe y solamente la fe que las personas encuentran en las Escrituras. Su traducción, que se convirtió en modelo para el arte de la traducción, vierte al alemán los textos bíblicos y utilizó (no sin ciertas reticencias iniciales) la imprenta de tipos móvil, inventada por Johannes Gutenberg. La publicación-impresión de la Biblia de 42 líneas (se refiere al número de líneas impresas en cada página), sirvió para el despliegue del movimiento religioso conocido como Reforma.

Lutero rompió con muchos de los fundamentos de las prácticas de la religión vaticana. Desafiando el celibato sacerdotal, se casó con Catalina de Bora. Pero en muchos sentidos endureció aún más las posiciones contrarias a la libertad y la curiosidad para desplegar las ideas científicas.

Violet Moller (2019), en su libro *La ruta del conocimiento*, explora la historia de cómo se perdieron y redescubrieron las ideas del mundo clásico, documenta ampliamente cómo fueron necesarias las conexiones entre el islamismo de entonces y ciertos sectores de la cristiandad para la conservación de saberes fundamentales sobre astronomía, matemáticas y medicina. Y es que, tras la caída de Roma, muchísimas de las grandes ideas y los descubrimientos del mundo clásico, tendrían que ser vueltas a descubrir durante las épocas renacentista y moderna.

La Biblioteca de Alejandría, destruida por la barbarie de los fanáticos cristianos, encontraría en la Bagdad del siglo IX un refugio para el saber, mediante una fabulosa preservación de documentos valiosísimos para el conocimiento del cual somos

hoy herederos. La historia, sin embargo, no es lineal, porque la ciencia aún no era un bien valorado socialmente.

Libertad, libertad

La lección histórica es clara: la sociedad debe garantizar un clima de libertad para el desarrollo de la investigación científica; ha de valorar el conocimiento y propiciar que los sistemas de creencias más generales, al menos, toleren la libertad de opinión, se propicien las condiciones para acreditar la autonomía de indagación, además de intentar que los miembros de la comunidad respeten los resultados de las ciencias. Una consecuencia de los avances científicos es ir derribando prejuicios y fanatismos, aunque no siempre se consiga. No hay manera de desarrollar la ciencia sino mediante un proceso social propicio. Pero este sólo es auspiciado por las sociedades democráticas. Los regímenes tiránicos acaban o devastan esa libertad.

En la Alemania de Hitler se impulsó una concepción de la “ciencia aria” y con ella se buscó justificar la dicotomía entre ese “tipo” de ciencia y lo que llamaron “la ciencia judía”. En esas condiciones llegaron al yerro de suponer la “superioridad racial”, con lo cual el nazismo desencadenó el Holocausto. En la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) de Stalin se inventó la oposición entre “ciencia proletaria” y “ciencia burguesa”, que trajo consigo consecuencias nefastas. Desde los primeros días de la revolución bolchevique los dirigentes tuvieron la convicción de que lo sabían todo y mejor que los especialistas; por lo tanto, manifestaron un soberano desprecio para los intelectuales y los científicos. El llamado “caso Lysenko” fue un episodio trágico en la historia de la ciencia soviética en el que el biólogo Trofim Lysenko, “un cuadro del partido”, impuso una teoría pseudocientífica conocida como “lysenkoísmo”.

Se condenó la genética y se inventaron técnicas agrícolas por mera ideología. La política de lysenkoísmo sirvió como pretexto para perseguir y expulsar a todo aquel que se le opusiera. En poco tiempo mostró sus efectos desastrosos para la ciencia soviética y tuvo consecuencias bastante negativas para la agricultura y la medicina. La práctica del lysenkoísmo finalmente fue abandonada después de la muerte de Stalin, y la genética mendeliana volvió a ser aceptada en la Unión Soviética y en todo el mundo como una ciencia legítima.

¿Se han acabado los intentos de someter la ciencia y la técnica a designios políticos e ideológicos? Parece que no. Quizá sea una compulsión que hoy viene aparejada con el quiebre en varias partes del mundo de los sistemas democráticos, que ponen en riesgo constante la vigencia de los derechos humanos.

No existen en los procesos sociales y culturales líneas rectas y puras. Eso mismo ocurre con los sistemas de creencias y con los saberes organizados. En el año 415, una multitud de zelotes cristianos habían asesinado a Hipatia, filósofa, matemática y mujer sabia. Sus asesinos estaban convencidos de que era una bruja: la mataron a golpes, desollándola viva utilizando conchas de ostra. Luego, los feminicidas dirigieron su cólera contra el Serapeo [el *Serapeum* de Alejandría], que había sido el centro del saber y del poder de los paganos. Su destrucción —señala Moller (2019: 74)— “constituía todo un símbolo de la guerra generalizada ‘que sostenía el cristianismo contra la vieja cultura y sus santuarios, lo cual significaba contra las bibliotecas’”.



Rafael Sanzio, *La Escuela de Atenas* (detalle) (1509-1510). Retrato imaginario de Hipatia. Podría tratarse de un retrato de Francesco Maria della Rovere o del filósofo Pico della Mirandola. Aunque algunas hipótesis modernas han identificado al sujeto como Hipatia, el consenso de los estudiosos es que el sujeto es masculino y que Hipatia no fue representada (Wikipedia).

Un dato más de la escasa valoración del saber científico de aquellos tiempos lo representa la leyenda que cuenta que, en 641, el califa ordenó que todos los volúmenes conservados de la Biblioteca de Alejandría fueran enviados a los baños públicos, donde fueron arrojados a las calderas para calentar el agua; sólo hubo una excepción:

las obras de Aristóteles (Moller, 2019: 75). La historiadora Violet Moller señala que es un cuento no documentado, pero la verdad fue no menos dramática y divertida: la Biblioteca, con sus respectivos contenidos, fue tomada con gran indiferencia por todos, de manera que se fue deteriorando sin que nadie se preocupara por hacer nuevas copias de libros y pergaminos y, en consecuencia, la pérdida de los libros fue irremediable.

La Gran Biblioteca desapareció, pero su fama monumental se convertiría en un símbolo eterno del poder del conocimiento y de la tragedia que supuso su pérdida (Moller, 2019: 75).

Religión y ciencia

Ni que decir tiene la admisión de que la Edad Media fue uno de los momentos en que la Iglesia católica intentó imponer su sistema de creencias sobre la investigación científica y había perseguido, eliminado o restringido la libertad de pensamiento y la exploración científica. La Modernidad y la Ilustración nos legaron la interpretación de que la religión y la ciencia tienen diferentes objetivos. Con la ciencia y el Estado la religión sólo debe enfocarse en los temas de la fe y la moral particular, mientras que la ciencia se enfoca en la observación, la experimentación y la explicación empírica del mundo natural y social.

La filosofía de la Ilustración y la contrailustración

La Universidad habrá de tomar otros rumbos. No sólo la ciencia sino el reconocimiento del saber práctico de quienes desde artes y oficios pasaron a los inicios de las ingenierías, se profesionalizaron. Se transformó la Universidad en un espacio profesionalizante. En sus inicios, la Universidad laica adoptó, por un lado, la dicotomía de la enseñanza –en Escuelas y Facultades–; y por otro, la investigación –en institutos de investigación–, siguiendo métodos del racionalismo o del empirismo. La universidad profesionalizante se formó en la primera década del siglo XIX con Napoleón, quien después de disolver los centros universitarios tradicionales, creó en 1806 la Universidad Imperial. Fue una corporación estatal y centralizada, con sedes en las provincias y que asumió la dirección de toda la enseñanza, universitaria y escolar, bajo el principio doctrinario de que la función de enseñar las nociones que forman al ciudadano es un privilegio del Estado.

Profesionalización e importancia de lo empírico

Entonces se impuso nítidamente el paradigma Ilustrado-Racionalista; el mecanicismo como modelo de explicación, y el método analítico para encontrar los fundamentos simples. Fue impulsada por una catolicidad un poco menos ortodoxa que en el Medioevo, aunque sin ruptura con los dogmas del catolicismo. Con estos elementos culturales y epistemológicos, la formación profesional tomó sus perfiles, métodos e ideales. Por consiguiente, la investigación universitaria tenía claros tintes racionalistas: buscaba organizar el mundo como “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Además, era una institución imbuida por el arquetipo ideológico de los “Derechos del Hombre y el Ciudadano” y los ideales de la Revolución Francesa. No obstante, se trataba de una formación profesional aún distanciada, en la teoría y en la práctica, de la experiencia empírica y la experimentación (Stromberg, 1990).

En la misma década en que se fundó la Universidad Imperial de Napoleón, nació la Universidad alemana, un nuevo género de institución que tendría no menor influencia que la napoleónica. Inspirada por la atmósfera del Idealismo y el Romanticismo alemanes, creció al amparo de la libertad religiosa protestante. Sus principales propulsores fueron los filósofos Schelling y Fichte y sobre todo por el filólogo Wilhem Von Humboldt. La reforma educativa también se extendió al liceo; así nació el *gymnasium humanisticum*, hasta hoy el de más alta categoría en Alemania (Pinker, 2019; Störig, 2016; Watson, 2014).

No es posible desligar el surgimiento de las renovadas perspectivas en la formación universitaria sin tener en cuenta que el paradigma social cambió radicalmente con el mercantilismo, la difusión del humanismo renacentista, la Reforma protestante y la consolidación de la física newtoniana como paradigma científico de todo posible conocimiento racional y objetivo. En una curiosa mixtura, la universidad alemana intentó combinar las características racionalistas de “la ciencia moderna” con ese fondo de profundidades místicas y míticas que brillan con la intensidad del Romanticismo.

Asimismo, asuntos trascendentes estaban detrás de las nuevas ideas. Por ejemplo, los viajes de circunnavegación de Américo Vespucio *derrotaron la visión medieval de la Tierra como centro y foco de atención del drama humano* (“el valle de lágrimas”), pero sobre todo fue la ocasión en que la *evidencia empírica* refutaba las fantasías sobre las dos esferas perfectas que supuestamente delimitaban las aguas y los mares, como sostuvo la escolástica. En una cultura basada en manuscritos, nadie puede esperar tener a la mano todos los textos relevantes. Justamente, la información de los viajes de circunnavegación no tenía ningún precedente documental.

En lo que concierne a la teoría de las dos esferas, los viajes de Vespucio fueron letales. Los hechos eran *hechos eliminadores*. Resulta que esta es la primera ocasión, desde el establecimiento de las universidades en el siglo XIII, en que una teoría filosófica fue destruida por un hecho. Por sorprendente que parezca, no hay ninguna ocasión previa en la que *la nueva evidencia empírica* determinara el resultado de un debate entre filósofos que hacía tiempo que duraba (Wootton, 2017: 155; cursivas nuestras, WBT).

Además, si la Tierra ya no era —como se creía— el foco de atención de la intervención divina, ni una creación única sino un punto entre otros muchos en el vasto e impersonal universo (como lo había anticipado Giordano Bruno, condenado a la pira por la intolerancia [Störig, 2016; Pinker, 2019]), la visión medieval fue dejando de ser un marco epistémico adecuado ante los hallazgos científicos y las necesidades de conocimiento de las épocas siguientes.

El saber en la sociedad debía expresarse mediante la duda, porque para los eventos que parecían más familiares se abrían los cuestionamientos. Por tanto, el saber debía estar justificado y sólidamente apuntalado en la exploración empírica. Donde antes hubo fe, ahora saltará el cuestionamiento y la duda.

Universidad renovada: nación, ciencia e ilustración

En 1694, para la fundación de la Universidad de Halle (también llamada Universidad Martín Lutero) confluyeron el pietismo (una versión protestante), así como el interés por avanzar en las ciencias físicas y por dominar la lengua matemática, que “ofrece la base del conocimiento verdadero” (Labastida, 2007: 135). Floreció por el afán reformista del Estado. Paul von Fuchs se preguntaba en la ceremonia inaugural: “¿Dónde se encuentra una nación que haya llegado a ser poderosa sin cultivar la ciencia?” (Pinker, 2018). En estas circunstancias, el baluarte y el mejoramiento de un país se mediría por el vigor de sus universidades. Al menos idealmente. Para esta interpretación de la “ciencia moderna”, como registro de las potencialidades de un país, tendría que existir un vínculo entre nacionalismo y universidad (Störig, 2016; Watson, 2014).

Cobró importancia abrir espacios seculares, laicos y con una mirada hacia el futuro de los individuos y de la nación en su conjunto. La Ilustración será ese extraordinario movimiento que servirá para dismantelar el Antiguo Régimen, si bien apoyado en los derechos humanos en tanto derechos immanentes a los individuos y en la introducción de la idea de que todos los sujetos posibles son racionales (Labastida, 2007: 115 y ss.). La Ilustración será clave para la renovación total de las universidades;

es un movimiento que sustenta como rasgos generales (Geymonat, 2009; Piaget y García, 2008) los siguientes:

- a) Confianza en los poderes de la razón, y ésta como instrumento para esclarecer todos los problemas humanos, desde los científicos hasta los políticos, sociales y religiosos.
- b) Polémica contra el pasado medieval –considerado bajo el signo del oscurantismo– y convicción optimista de un futuro promisorio, orientado por la razón y dirigido a mejores estadios de la humanidad.
- c) El deísmo (y con ello, el laicismo) como recurso para zanjar polémicas religiosas y en contra de la superstición y los confesionalismos.
- d) Fundamentación racional del terreno cognoscitivo y el ético, sin recurrir a posturas metafísicas del pasado (lo que Kant llamó la “metafísica dogmática”, incompatible con la ciencia que se apoya en evidencias empíricas).
- e) Interés por la difusión de la cultura en general, y en particular de los resultados de las ciencias, con la idea de que éstos servirán para destruir la intolerancia, los prejuicios y los fanatismos.



Imagen bajo licencia de CC BY-NC-ND.

Una universidad para la investigación

Kant asumía que el Estado está obligado a programar la enseñanza de las tres facultades tradicionales, en cuanto que estos saberes influyen directamente sobre el bienestar de los súbditos: de la teología depende el bien del alma, y nada menos que la salvación eterna; del derecho, la conservación y aumento de los bienes terrenales, que tampoco es asunto para dejarse de lado en un contexto social en progreso; en fin, de la medicina, la salud del cuerpo (Kant [1798], 2020). Añadía Kant que las disciplinas en la facultad de Filosofía, al no ser aplicables al ejercicio de una actividad profesional, tendrían una *vocación crítica y científica*.

En el libro *El conflicto de las Facultades* ([1798], 2020), Kant continuó el desafío que había lanzado en *¿Qué es la Ilustración?:* despojarse de las cadenas del fanatismo y la superstición, atreviéndose el ser humano a pensar por sí mismo. Fue el pensamiento ilustrado el que habrá de cuestionar todo aquello que “a la luz de la razón” no pudiese ser admisible, incluso tratándose de temas que tuvieran un presunto carácter divino.

Se produjo un desplazamiento fundamental en la función de la universidad: de ser un instrumento de educación superior para preparar a los profesionales que necesita la sociedad, se convierte en la cantera de los investigadores que buscan la verdad en distintos campos del saber. Pero significó igualmente el paso de las “pruebas” como “demostraciones” basadas en el silogismo, a las “pruebas” con apoyo empírico, mediante la observación cuidadosa y la experimentación en incipientes laboratorios (Geymonat, 2009; Piaget y García, 2008).

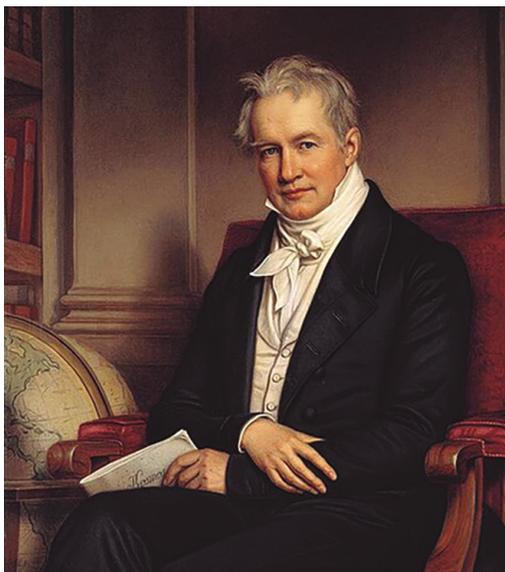
En suma, el cambio de dirección y de concepción de la universidad hacia la investigación, significó un giro fundamental en su función y en su relación con la sociedad. En lugar de ser un instrumento para preparar a los profesionales que necesitaban los clérigos y el poder de la Iglesia, la universidad se convirtió en un lugar donde se busca la verdad en distintos campos del saber.

Este cambio también implicó una transformación en la manera en que se consideraba la prueba y la demostración. En lugar de basarse en la autoridad, el silogismo y la argumentación puramente especulativa, las pruebas comenzaron a basarse en la observación cuidadosa y la experimentación en laboratorios incipientes. Este enfoque empírico permitió a los investigadores hacer afirmaciones más precisas y fundamentadas, lo que a su vez llevó a un mayor progreso en muchos campos de la ciencia. Por otra parte, las demostraciones matemáticas pudieron encarar temas antes vedados por los dogmas, como el caso del “infinito actual” o la creación de geometrías de n -número de espacios, fuera completamente del mundo cerrado y orgánico del aristotélico-tomismo.

Así, al concentrarse la universidad en asuntos de investigación y el enfoque en la prueba empírica, tuvieron un impacto significativo en la forma en que se desarrolla el conocimiento en la sociedad. Este cambio permitió a los investigadores hacer afirmaciones más precisas y fundamentadas, lo que llevó a un mayor progreso en muchos campos del saber. Lo cual es imposible cuando no se respeta la libertad de investigación y la libertad de opinión, las cuales son puestas en entredicho por regímenes autoritarios.

El modelo alemán

Al cobijo de la Ilustración, en 1810 Alexander von Humboldt convenció al rey de Prusia para que fundara una universidad en Berlín (*Universität zu Berlin*), basada en las ideas liberales de Friedrich Schleiermacher y una matriz epistémica que unía la Ilustración y el Romanticismo (Berlín, 2015). El propósito de la nueva institución habría de ser el integrar la enseñanza con la ciencia, y por ciencia se entiende en principio la “ciencia moderna” (la física de Newton); aunque en el contexto del idealismo alemán, “ciencia” corresponde más bien a la noción de *Wissenschaft*, incluyendo las humanidades o *Geisteswissenschaft* (“ciencias del pensamiento”). Comprende, pues, un conjunto de ciencias humanas como filosofía, historia, filología, musicología, lingüística, estudios de teatro, estudios literarios y, a veces, incluso, teología y jurisprudencia (Geymonat, 2009). La idea de universidad empezó a emparentarse con la idea de “universalidad” ante el saber humano. Además, el título de *doctor* cobró el sentido en que lo entendemos hoy: un grado que acredita la capacidad de investigador independiente.



Alexander von Humboldt,
pintado por Joseph K. Stieler (1843).

Sin embargo, el impulso del idealismo alemán llevaba consigo una concepción filosófica de la ciencia que coloca a la filosofía especulativa en el centro del hacer científico. Lejos quedaba aún la investigación como formación para la experimentación y el manejo de observables y hechos, así como de las evidencias empíricas. Aun así, la formación –que hoy llamaríamos integral– suponía el ejercicio del conocimiento de la naturaleza y al mismo tiempo del desarrollo de un perfil ético y socialmente responsable.

No obstante, Humboldt y sus seguidores se encontraban filosófica e ideológicamente situados tanto en el pensamiento ilustrado como en el del Romanticismo, creyendo en las leyes naturales y, a la vez, en “la armonía oculta del mundo”. Significaba tratar de crear una síntesis de la ciencia newtoniana con las tradiciones más profundas del “pueblo”, con su lengua de origen, con el folklor y una religiosidad –no institucional sino primitiva. De una forma complicada, la investigación, los seminarios y laboratorios empezaron a evolucionar en la universidad berlinesa.

En suma, el modelo de la universidad alemana, también conocido como la universidad humboldtiana, fue una reforma del sistema universitario alemán que se llevó a cabo a principios del siglo XIX, liderada por Wilhelm von Humboldt. Este modelo se caracterizó por una concepción amplia y humanística de la educación superior, que combinaba la enseñanza y la investigación, y que fomentaba la libertad académica y la investigación empírica. En este sentido, el modelo de la universidad

alemana estuvo a favor de la ciencia empírica y la investigación como una parte esencial de la educación superior. La universidad humboldtiana promovía la formación de una élite académica que no sólo transmitiera el conocimiento, sino que lo produjera y lo investigara.

El modelo también enfatizó la importancia de –lo que hoy llamamos– la interdisciplinariedad y la conexión entre la teoría y la práctica; estuvo a favor de



Wilhelm von Humboldt,
litografía de Franz Krüger (post 1835).

la ciencia empírica y la investigación. Este modelo ha tenido una gran influencia en la educación superior en todo el mundo, y ha sido fundamental en el desarrollo de la investigación y la ciencia en general.

Despertó un creciente interés, quizá porque era el que mejor se prestaba para encontrar las óptimas conexiones con las demandas sociales. Por su parte, el pragmatismo estadounidense permitió adoptar principios para la investigación, pensando en un saber útil, pero sin descuidar la formación en humanidades, por ejemplo, privilegiando los estudios jurídicos (cuyos pilares debían servirle al sistema de habla inglesa, es decir, del *Common Law*).

Las dos culturas

Desde los centros de educación superior se perfilaron dos maneras de entender los campos de la investigación científica. Por una parte, el nuevo paradigma de la ciencia tomó como eje explicativo una noción de “ley natural”, como ley de la ciencia de la naturaleza. Es una ley con contenido empírico indudable y, a la vez, se caracteriza por su “universalidad y necesidad”. La ley se expresa en enunciados, pero es superior a cualquier otra proposición verdadera ya que implica el hecho de que no puede ser de otro modo (de ahí su necesidad) y se refiere a todos los casos semejantes (de ahí su universalidad). La obra de Newton habla de “los principios”, en el doble sentido de *inicio* y *fundamento*; principio porque son los principales y la base matemática del conocimiento teórico-deductivo; es decir, los fundamentos en los que se apoya toda certeza y toda verdad. “El método *deductivo*, el método analítico-sintético, ahora será llevado hasta sus últimas consecuencias” (Labastida, 2007: 135).

Por otra parte, las proposiciones en las ciencias sociales, históricas, jurídicas no responden a este patrón o modelo de ley, ya que para ellas son inaccesibles las certezas de la matemática aplicada a la naturaleza, y les resulta imposible elevar sus planteamientos con universalidad y necesidad, cuando sólo registran o establecen lo singular del hacer humano o lo particular de las instituciones consideradas.

La universidad moderna habría de terminar por admitir, no sin reticencias, la diferencia entre ciencias del espíritu y ciencias de la naturaleza (Dilthey [1900], 2000). Fue Wilhelm Dilthey el primero en formular esta distinción al señalar que nuestras relaciones con la realidad humana son totalmente diferentes de nuestras relaciones con la naturaleza. A las ciencias naturales les atribuye la propiedad de ofrecer *explicaciones*, en el sentido de descubrir relaciones causales entre fenómenos objetivos, hasta establecer leyes naturales. A las segundas le atribuye el conquistar una *comprensión*, en el

sentido de que “conocemos un ‘interior’” con ayuda de signos externos; y es algo del orden de lo psíquico “a través de sus manifestaciones” (Dilthey [1900], 2000: 26-31).

Así, la finalidad de las ciencias del espíritu no es *entender* o *explicar* (*Erklärung*) de manera universal y necesaria las regularidades de los procesos, sino que su propósito es *comprender* (*Verstehen*) singularidades que puedan ser descritas. Por consiguiente, para éstas se requiere de competencias que tengan que ver con cierta *intuición* o penetración psicológica. De ahí surge el impulso poderoso a la hermenéutica, la ciencia y el arte de la interpretación.

En la naciente esfera tecnológica de principios del siglo XX surgió la necesidad de distinguir el procedimiento para explicar los procesos “causales” de los procesos de la dinámica de los lazos e intercambios humanos. No es posible aplicar el mismo concepto de “causalidad” en unos que en otros. Dilthey había propuesto a finales del siglo XIX una división entre las ciencias de la Naturaleza (física, química, biología) y las ciencias del Espíritu (historia, derecho, literatura = humanidades).

Explicar y calcular

En cambio, en el área de las ciencias físicas, químicas y biológicas se impuso el aprendizaje de la observación y la experimentación. Estudiantes y profesores tenían que observar y registrar, pero sobre todo repetir e incrementar la exactitud de las observaciones, empleando procedimientos de contar y medir. Y así estar en condiciones de establecer ciertas relaciones simples, es decir, descubrir algún orden en los fenómenos. Una ordenación simple es una sucesión en donde cada elemento es sucesor de otro y tiene un único sucesor. El aprendizaje incluye operaciones de contar, o sea, de ordenar una colección de objetos cualesquiera y hacerlos corresponder biunívocamente con la serie de los números naturales.

En el aprendizaje vinculado con la investigación en estas ciencias, el estudiante (siempre orientado por un marco epistémico y metodológico de la “ciencia moderna”) será capaz de registrar correctamente el comportamiento de los objetos que investiga. Por tanto, aprende en la práctica a registrar los procesos y su evolución; incluso debe aprender a usar mecanismos que sirvan para llevar registros (programas específicos de computación, microscopios, telescopios, etcétera). La operación de medir consiste en contar el número de veces que un patrón, tomado como unidad de medida, queda comprendido en la magnitud del objeto que se mide.

Son las universidades las que compilan observaciones y medidas, y desarrollan labores de cuantificación y medición de fenómenos de sus áreas de competencia. El

Estado y la sociedad conceden a las universidades la obligación de tener como patrimonio la preservación de todo género de observaciones sobre las especies y sus transformaciones, los cambios climáticos, el comportamiento del subsuelo y de la atmósfera y muchísima información más que está recogida en la universidad actual como antes lo eran los documentos en la universidad medieval.

Por otra parte, la experimentación consiste en producir de manera artificial procesos, provocándolos mediante el control de las condiciones para que surjan o para que cambien en cierta dirección. Es un conjunto de operaciones que llevan a predecir, hipotéticamente, el comportamiento de un fenómeno. En el mundo de los laboratorios, incluidos los que existen en las universidades, se experimenta variando las condiciones que hacen posible la repetición del fenómeno estudiado.

Sin embargo, resulta que el modelo de la universidad alemana, aunque promovió la investigación empírica, *también propició la separación entre las humanidades y las ciencias naturales*. Esto se debió en parte a la idea de que las ciencias naturales requerían un enfoque más empírico y experimental, mientras que las humanidades necesitan de un enfoque más humanístico y filosófico.

En el modelo de la universidad humboldtiana, las humanidades se consideraban parte del área de “las ciencias culturales” y se centraban en el estudio de la cultura y la sociedad, mientras que las ciencias naturales se enfocaban en el estudio de la naturaleza y las leyes físicas que la rigen. *Esto llevó a una separación entre las dos áreas de conocimiento, que en algunas universidades se reflejó en la división en facultades separadas de humanidades y ciencias*. Consiguientemente, las filosofías centradas en la *hermenéutica* se inspiraron en la tradición de la universidad alemana, en particular en la idea de que *la comprensión humana* es un proceso que va más allá de la simple acumulación de conocimientos y que involucra *la interpretación y la comprensión* de los significados y los contextos culturales.

En la segunda mitad del siglo XX, la hermenéutica se convirtió en un enfoque filosófico más amplio que se aplicó a una vasta gama de áreas, incluyendo la literatura, la historia, la psicología, la sociología y la teoría crítica. En general, las filosofías centradas en la hermenéutica sostienen que la comprensión humana implica una interpretación activa del mundo, y que esta última depende del contexto cultural y lingüístico en el que se produce.

Por más de que se ha tratado de encontrar puentes entre ciencias y humanidades, la incorporación de metodologías enfocadas a la *investigación cualitativa*, que emplea la hermenéutica o el método de la fenomenología o la narratología (Martínez, 2010), volvieron a escindir los estudios universitarios y a favorecer posiciones anti-Ilustración en los espacios universitarios (Pinker, 2018). De todas maneras, esta división no se

generaliza en todas las universidades del mundo, y que en muchas de ellas se promueve una colaboración interdisciplinaria entre las ciencias naturales y las humanidades.

Además, en las últimas décadas se ha producido un renovado interés en la relación entre las humanidades y las ciencias, en campos como la historia de la ciencia, la filosofía de la ciencia y la teoría de la literatura y la cultura. Quizás esa sea la tendencia mientras se comprendan cada vez más y sin prejuicios lo que sostenemos en el presente trabajo: la mente y la cultura constituyen objetos de investigación de doble vía. Es el futuro.

Un fundamento más que pudiera unir las ciencias cognitivas con los análisis en humanidades y ciencias sociales son las ideas en torno a la dialéctica desequilibrio-reequilibrio de procesos que ocurren tanto en la mente como en los procesos sociales y culturales. Somos animales que vivimos fuera del punto de equilibrio y el restablecimiento para lograr la compensación implica un gasto de energía física, biológica, mental y conductual. La teoría del caos lo establece de muchas maneras y sus fundamentos bien podrían servir de gozne para la convergencia de campos de conocimiento. Ciencias y humanidades pueden así encontrar más sus conjunciones que sus disyunciones.

Revoluciones industriales e investigación universitaria

Causa y efecto de las investigaciones científicas –desde el siglo XIX–, fueron las revoluciones industriales.

- a) La primera comprende una transformación económica, social y tecnológica que se inició en la segunda mitad del siglo XVIII en el Reino Unido; se extendió décadas después a gran parte de Europa occidental y Norteamérica; y concluyó entre 1820 y 1840. Contribuyó al paso acelerado de la economía agrícola a la economía industrial. Influyó, casi como figura icónica, la introducción de la máquina de vapor de Watt (patentada en 1769), empleada luego en las distintas industrias, y significó el acrecimiento impresionante de la capacidad de producción.
- b) La segunda revolución industrial comprende entre 1870 hasta 1914, cuando se inicia la Primera Guerra Mundial. El proceso de industrialización recambió su naturaleza, y las innovaciones técnicas y tecnológicas continuaron. Se añadió la búsqueda de nuevas fuentes de energía, como el gas o la electricidad, así como la utilización sistemática de nuevos materiales como el

- acero y el petróleo. Se incorporaron nuevos sistemas de transporte (avión, automóvil y nuevas máquinas a vapor) y la comunicación se amplió vigorosamente (con la invención del teléfono y la radio). Los cambios indujeron transformaciones en el tamaño y gestión de las empresas, en la forma de organización del trabajo, de modo que se generaron sorprendentes posibilidades de consumo. Las universidades de algunos países se incorporaron progresiva y activamente a estos procesos y saberes.
- c) La tercera revolución industrial comprende la llamada revolución digital. Ocurre a mediados del siglo XX con las aplicaciones de la energía nuclear, la informática y las telecomunicaciones. Para esta tercera, la Universidad aportó todo tipo de elementos de conocimiento y la investigación pasó a tener un componente aplicativo en todos los terrenos. Se refiere al avance de la tecnología desde dispositivos electrónicos y mecánicos analógicos hasta la tecnología digital disponible en la actualidad.
- d) La nueva era comenzó durante la década de 1980 y aún está en curso. Los adelantos durante la cuarta revolución industrial incluyen nuestros computadores personales, internet y las tecnologías de información y comunicaciones (TIC). El concepto “cuarta revolución industrial” fue acuñado por Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial, en el contexto de la edición del Foro Económico Mundial 2016. Schwab sostiene que si la tercera revolución industrial es la revolución digital que ha estado en vigor desde mediados del siglo XX, que se caracteriza por una fusión de tecnologías que difumina las líneas entre lo físico, esferas digitales y biológicas, esta cuarta etapa está marcada por avances tecnológicos emergentes en una serie de campos, incluyendo robótica, inteligencia artificial (IA), la cadena de bloques, nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, internet de las cosas, impresión 3D, y vehículos autónomos (eléctricos).

Revolución y crítica

En la primera y en la segunda revolución industrial, las universidades permanecieron al margen; éstas estaban más bien concentradas en la investigación de los fundamentos (según clasificación que vemos más abajo). Sin embargo, la tercera y la cuarta involucran necesariamente el trabajo de las propias universidades y sus institutos, sus laboratorios y los resultados de todo ello para las innovaciones, en particular sobre tecnologías que involucran recursos digitales altamente sofisticados. La IA constituye

un conjunto de procesos que involucran trabajos interdisciplinarios. Universidades e institutos de investigación participan de diversas maneras en estos procesos sociales y económicos de alcance multinacional.

Sin embargo, en el seno mismo de las universidades contemporáneas se han erigido diversas posiciones críticas frente a la ciencia. Un caso claro es la Escuela de Frankfurt –surgida en el espacio universitario alemán. Sus promotores, Horkheimer y Adorno situaron en el “universalismo racional” de la era moderna el origen del nazismo y del Holocausto. Consideraban que la búsqueda del beneficio, el totalitarismo y el desarrollo del armamentismo se han convertido en los objetivos de la “razón instrumental”. Además, contemplaban que el “universalismo científico”, al poner el énfasis en la demostración y la verificación, analizan la realidad de una manera parcial y así se excluye la oportunidad de adoptar un punto de vista más integral.

En muchas otras escuelas y universidades habrá de proliferar la crítica a los excesos de la ciencia (“cientificismo”) y su pretendida hegemonía sobre la subjetividad (“reduccionismo”).

Vemos así que habría, por un lado, un marco epistémico (*supra*, I-6) que busca establecer nexos causales y explicativos, en tanto que otro indaga por las “narraciones” acordes con fines políticos e ideológicos. Hay un marco epistémico que apuesta por la razón, reconociendo que no hay un concepto único ni universal para hablar de manera indistinta de la razón (por ejemplo, junto con la lógica clásica existen modelos de lógicas no clásicas). Así como hay un marco epistémico que problematiza el poder explicativo de las leyes científicas, su capacidad predictiva y el nivel de formalización de un conjunto de principios de la teoría, y que cuestiona, por ejemplo, los alcances del aprovechamiento de la información ante el flujo de la superproducción económica y el destino de las bases de datos que manejamos. Unos herederos de la Ilustración y otros herederos del Romanticismo, como acabamos de señalar.

Estudiar las creencias, un lazo de interrelación entre campos de conocimiento

Con la finalidad de establecer puentes de conexión entre humanidades y ciencias, en diferentes frentes y por diversos motivos se ha abierto el terreno de indagación de las creencias, su formación, los motivos de su resistencia al cambio y las alternativas para conformar sistemas de creencias más coherentes y consistentes. Aunque la lógica clásica excluyó la consideración del ámbito de las creencias, a mediados del siglo XX se encontraron otros derroteros para la indagación lógica y psicológica de lo que en un tiempo se llamó “actitudes proposicionales”.

Se denominan actitudes proposicionales a una forma de actitud que se refiere a la relación que una persona tiene con una proposición o enunciado, como *creer*, *conocer*, *dudar*, *desear*, *temer*, entre otros (Redmond, 1999). No es lo mismo aseverar: “Llueve” a “Me temo que va a llover”; no es lo mismo asentar “Cervantes escribió *El Quijote*” a “Tengo duda de si el autor de *El Quijote* nació en Alcalá de Henares el 29 de septiembre de 1547 o en noviembre de ese año”. Por supuesto, no entraña lo mismo decir “Hoy es viernes” a decir “Cómo desearía que hoy fuera viernes”. El saber y las creencias forman parte de estas indagaciones. Asimismo, las actitudes se investigan tanto desde una perspectiva psicológica, a partir de estudios empíricos, como desde una perspectiva filosófica mediante análisis conceptuales y argumentos lógicos.

La lógica epistémica se enfoca en el razonamiento acerca del conocimiento y las creencias. Esta área de la lógica comenzó a desarrollarse en la década de 1950, cuando varios filósofos y lógicos, incluyendo a Jaakko Hintikka y Saul Kripke, comenzaron a investigar la lógica de los operadores modales, que son expresiones lingüísticas que indican posibilidad, necesidad, conocimiento, creencia, entre otros. En efecto, el trabajo más conocido de Jaakko Hintikka en el campo de la lógica epistémica es su libro de 1962 titulado *Knowledge and Belief: An Introduction to the Logic of the Two Notions* (traducción al español, en editorial Tecnos, 1979). En este libro, Hintikka desarrolló una teoría de la lógica del conocimiento y la creencia, utilizando herramientas formales como la lógica modal para analizar la estructura de las proposiciones epistémicas.

El impacto de la obra de Hintikka en la lógica epistémica ha sido significativo e igualmente rechazado por algunos filósofos (Bunge, por ejemplo, se opone a tal lógica asumiendo que las actitudes proposicionales sólo se indagan empíricamente). La teoría de la lógica del conocimiento y la creencia del filósofo finés ha sido una de las más influyentes en la disciplina que nos ocupa, y ha servido de base para el desarrollo de nuevas teorías y enfoques en el campo. En particular, Hintikka fue pionero en el uso de *los juegos semánticos para modelar situaciones epistémicas*, una técnica que se ha convertido en un elemento central de la lógica epistémica y ha influido en muchos otros campos, incluyendo la inteligencia artificial y la teoría de juegos. Además, el trabajo de Hintikka también ha tenido un impacto más amplio en la filosofía, al proporcionar nuevas herramientas para analizar conceptos como el conocimiento, la creencia, la verdad y la justificación. Su enfoque ha sido influyente en muchas otras áreas de la filosofía, incluyendo la epistemología, la filosofía del lenguaje y la filosofía de la mente. Aunque controvertido, el trabajo de Hintikka ha sido muy influyente en el campo de la lógica epistémica y ha tenido un impacto significativo en la filosofía en general.

Por su parte, Saul Kripke, filósofo y lógico estadounidense, realizó importantes contribuciones al campo de la lógica epistémica. En particular, es conocido por su trabajo sobre la semántica de los operadores modales, incluyendo el operador modal de necesidad. En su obra *Naming and Necessity*, publicada en 1980 (traducida al español, editorial UNAM en 2017), desarrolló una teoría de los nombres propios y sobre la necesidad *a posteriori*, que ha tenido un impacto significativo en la filosofía y en la lógica epistémica. Por lo que se refiere a su influencia e impacto en la inteligencia artificial, el trabajo de Kripke y otros filósofos y lógicos en la lógica epistémica ha influido en la forma en que se modelan los sistemas de conocimiento y creencias en la inteligencia artificial. Por ejemplo, la lógica epistémica se utiliza para modelar el razonamiento y la toma de decisiones en sistemas de inteligencia artificial, y para desarrollar algoritmos de aprendizaje automático que pueden mejorar su rendimiento a medida que adquieren nuevos datos; es utilizada en la inteligencia artificial para desarrollar *sistemas de razonamiento automático* que pueden analizar y evaluar la información para determinar la validez, la coherencia y la consistencia de las proposiciones y también se utiliza en el diseño de sistemas de diálogo, que pueden adaptar su comportamiento y respuestas a las creencias y expectativas de los usuarios.

En general, la lógica epistémica se enfoca en las creencias y la incertidumbre (Redmond, 1999), es una rama de la lógica que se enfoca en el razonamiento sobre el conocimiento y la creencia. Actualmente, es importante en áreas como la inteligencia artificial, la filosofía, la teoría de la información y la lingüística computacional.

En inteligencia artificial, la lógica epistémica se utiliza para *representar* el conocimiento y las *creencias* de los *sistemas computacionales*, lo que es esencial para la toma de decisiones y el razonamiento automatizado (Nilsson, 2019). Son dispositivos electrónicos que procesan información y realizan tareas específicas de manera automatizada. [Están compuestos por *hardware* (componentes físicos como procesadores, memoria, dispositivos de entrada/salida) y *software* (programas que permiten que el *hardware* funcione y realice tareas específicas). Son utilizados en una variedad de aplicaciones, desde el procesamiento de datos empresariales hasta la creación de videojuegos y la inteligencia artificial].

En filosofía, la lógica epistémica se utiliza para analizar la naturaleza del conocimiento y la justificación de las creencias. Y en la teoría de la información y la lingüística computacional, sirve para modelar el procesamiento de la información en sistemas de comunicación y lenguaje natural. En general, la lógica epistémica es esencial para el razonamiento y la comprensión del conocimiento y la creencia en una variedad de campos.

En particular, la lógica de las creencias es necesaria porque las creencias y la incertidumbre son elementos fundamentales de la vida humana, pues desempeñan un papel central en la unidad y permanencia de cualquier comunidad y se encuentran presentes en muchas situaciones de toma de decisiones. La lógica de las creencias permite analizar la relación entre diferentes creencias y su influencia en la toma de decisiones. Además, permite representar la incertidumbre en un sistema formal y hacer inferencias acerca de la probabilidad y la veracidad de las creencias (Nilsson, 2019, cap. V). En consecuencia, la lógica de las creencias es esencial en áreas como la inteligencia artificial, la filosofía, la economía y la toma de decisiones en general.

La lógica de las creencias ha sido desarrollada por varios filósofos y lógicos desde la década de 1980, incluyendo a David Lewis, Krister Segerberg, Jaakko Hintikka e Isaac Levi. Estos investigadores han propuesto teorías y enfoques para analizar las creencias y la incertidumbre desde una perspectiva formal y lógica. A continuación, se presentan algunos de los principales promotores de esta área de investigación:

DAVID LEWIS. Es uno de los filósofos más influyentes en la lógica de las creencias. En su obra *El pluralismo ético*, publicada en 1985, Lewis desarrolló una teoría de las creencias como actos mentales que se relacionan con una gama de posibles mundos.

KRISTER SEGERBERG. Es un lógico y filósofo sueco que ha realizado importantes contribuciones a la lógica de las creencias. En particular, ha trabajado en la lógica dinámica, una rama de la lógica de las creencias que se enfoca en el cambio de creencias y conocimientos.

JAAKKO HINTIKKA. Es uno de los pioneros de la lógica epistémica, y su trabajo en la lógica de las creencias ha sido muy influyente; en particular, ha desarrollado una teoría de la lógica de las creencias que utiliza herramientas formales como la lógica modal.

ISAAC LEVI. Filósofo estadounidense que ha realizado importantes contribuciones a la lógica de las creencias; en particular, trabaja en la teoría de la decisión y en el análisis de la incertidumbre, y ha propuesto una teoría de las creencias que se enfoca en la probabilidad y la evidencia.

Por otra parte, se debe anotar que la lógica epistémica fue motivada en parte por la necesidad de una lógica más precisa para el razonamiento acerca del conocimiento y las creencias en campos como la inteligencia artificial, la teoría de juegos y la epistemología. Además, la lógica epistémica se utiliza en la filosofía para analizar conceptos como la verdad, la justificación y la racionalidad, y para investigar preguntas sobre la naturaleza del conocimiento y las creencias.

En suma, la lógica epistémica se originó en la década de 1950, cuando varios filósofos y lógicos comenzaron a investigar la lógica de los operadores modales. La lógica epistémica comprende dos ramas principales: la alética o lógica del saber, y la lógica de la creencia, y se utiliza en la inteligencia artificial, la teoría de juegos, la epistemología y la filosofía en general.

Estudiar los sistemas de creencias puede ser valioso por varias razones:

- *Comprender la diversidad cultural.* Los sistemas de creencias varían significativamente de una cultura a otra, y estudiarlos ayuda a comprender mejor la diversidad cultural y las diferencias en las formas de pensar y percibir el mundo.
- *Analizar la construcción social de la realidad.* Los sistemas de creencias son una parte importante de la forma en que construimos nuestra realidad social. Estudiar los sistemas de creencias puede ayudarnos a analizar cómo se construyen y se mantienen ciertas ideas y cómo estas ideas influyen en la forma en que las personas interactúan entre sí.
- *Analizar los procesos cognitivos.* Los sistemas de creencias también proporcionan información valiosa sobre los procesos cognitivos que utilizan las personas para formar y mantener sus creencias. Al estudiar estos procesos, podemos comprender mejor cómo las personas piensan y cómo pueden ser influenciadas por diferentes factores.
- *Reflexionar sobre nuestras propias creencias.* Al estudiar los sistemas de creencias, también podemos reflexionar sobre nuestras propias creencias y cómo se formaron. Esto puede ayudarnos a comprender mejor nuestras propias perspectivas y a ser más conscientes de nuestras suposiciones y prejuicios.

En conclusión, estudiar los sistemas de creencias puede proporcionar una comprensión más amplia de la diversidad cultural, la construcción social de la realidad, los procesos cognitivos y nuestras propias creencias. Todo esto es valioso para la investigación y la reflexión en áreas como la antropología, la sociología, la psicología y la

filosofía, entre otras. Por ello, puede servir de puente entre humanidades y ciencias, en la medida en que exista retroalimentación de unas a otras, siempre y cuando se identifiquen problemas comunes, asunto que desde luego tiene relevancia.

El horizonte de la inteligencia artificial

En la actualidad no se puede hablar de temas como “inteligencia” o “mente” sin tener en cuenta las aportaciones de las ciencias cognitivas que se estudian en distintas universidades. Desde sus inicios, en las décadas de 1940 y 1950, las ciencias cognitivas asumieron que la investigación en este campo tendría que ser necesariamente interdisciplinaria. La mayor parte del trabajo se empezó en universidades de Estados Unidos, cuando psicólogos, lingüistas, filósofos y neurocientíficos comenzaron a trabajar juntos para comprender la naturaleza de la mente y cómo funciona. En lugar de centrarse en el comportamiento observable como lo hacían las corrientes conductistas de la época, los científicos cognitivos se interesaron por los procesos internos de la mente y cómo éstos afectan el comportamiento.

A propósito de inteligencia artificial, el término es de John MCarty, aceptado en 1956 en el Dartmouth College de Hannover, en Nuevo Hampshire (Larson, 2023; Odifreddi, 2006). La IA se originó como un campo de investigación interdisciplinario cuando los científicos comenzaron a explorar cómo las computadoras podrían simular el comportamiento humano y realizar tareas que requieren inteligencia humana, así como sistemas de inteligencia artificial cada vez más sofisticados (autos inteligentes, asistentes virtuales y motores de búsqueda hasta sistemas de recomendación, diagnóstico médico y robots autónomos). Es un campo en constante evolución que sigue creciendo y avanzando gracias a la colaboración de expertos de diferentes disciplinas y sectores.

Debemos subrayar que las ciencias cognitivas se iniciaron redefiniendo un campo de las investigaciones que hasta entonces habían dominado por la interpretación de que lo importante era “el comportamiento observable y medible”. Por ejemplo, en la lingüística, Noam Chomsky (2004) encaró el tema de investigar *la mente* como fundamento de la creatividad lingüística en vez del comportamiento sujeto a estímulo-respuesta. Fue un cambio de perspectiva enorme, dado que el empirismo y el inductivismo habían mostrado en aquellas décadas lo limitado de sus alcances para llegar a formulaciones generales sobre el ser humano y para sustentar realmente la filosofía de la ciencia.

El positivismo lógico había entrado en un periodo de franca descomposición porque los temas principales que había expuesto y defendido desde la década de 1920, llegaron a callejones sin salida a inicios de la década de 1950. Entre sus múltiples problemas irresolubles está el tema de “la base empírica”. Popper había mostrado que el justificacionismo científico —una proposición científica tiene sentido si es verificada— es incorrecto debido a que los enunciados observables (empíricos) no pueden ser probados, sino que simplemente pueden ser aceptados o rechazados por convención atendiendo a las teorías experimentales, instrumentos y criterios racionales comúnmente aceptados en el momento. De acuerdo con una nueva epistemología, el tema de la mente podría explicarse sin caer en el reduccionismo de la “caja negra” y la simple correlación entre estímulo y respuesta. El asunto era la computación y el cerebro, con la cual las ciencias cognitivas avanzaron en una línea antipositivista.

Sin embargo, se debe entender que las ciencias cognitivas tuvieron como base importantísima lo que se conoce como *teoría matemática de la información*. Esta última es considerada por muchos como un precedente importante de las ciencias cognitivas, ya que sentó las bases para el estudio de cómo se procesa, almacena y transmite la información en la mente y los sistemas de comunicación.

Esta teoría fue desarrollada por el matemático e ingeniero de telecomunicaciones Claude Shannon en la década de 1940 (Odifreddi, 2006). Usando y adecuando el álgebra de Boole, Shannon propuso que la información se puede medir en términos de su capacidad para reducir la incertidumbre o la entropía en un sistema. La teoría matemática de la información permitió a los científicos medir la cantidad de información transmitida por un canal de comunicación, como un teléfono o una red de computadoras. Son los célebres “Bits” de información.

Este enfoque matemático para la información fue fundamental para la creación de las ciencias cognitivas, ya que proporcionó una base teórica para comprender cómo los humanos procesan y almacenan la información. Los científicos cognitivos han aplicado esta teoría para medir la capacidad de la memoria humana, la capacidad de procesamiento de la información y la comunicación verbal y no verbal.

Además, la teoría matemática de la información también influyó posteriormente en el desarrollo de la inteligencia artificial y la informática, ya que permitió el desarrollo de algoritmos y modelos matemáticos para el procesamiento de la información en las computadoras.

Los primeros estudios de ciencias cognitivas se iniciaron en varias instituciones académicas de Estados Unidos, incluyendo el MIT, la Universidad de Princeton y la Universidad de Harvard. Los científicos pioneros en este campo incluyen a George Miller, Noam Chomsky, Herbert Simon, Allen Newell, Marvin Minsky y Ulric Neisser, entre otros.

George Miller y su equipo en la Universidad de Harvard fueron pioneros en la aplicación de la teoría de la información en la comprensión de la cognición humana. Miller propuso que la mente humana tiene una capacidad limitada para procesar la información y que esta limitación se puede superar mediante la simplificación y la organización de la información.

Noam Chomsky, en el MIT, desarrolló la teoría de la gramática generativa, que postula que la capacidad humana para producir y comprender el lenguaje se basa en una gramática universal innata, apoyada en una versión renovada del cartesianismo en lingüística.

Herbert Simon y Allen Newell, en la Universidad de Carnegie Mellon, desarrollaron el primer programa de inteligencia artificial, el “General Problem Solver”, que podía resolver problemas matemáticos y de lógica mediante la simulación del pensamiento humano.

Marvin Minsky, en el MIT, fue un pionero en el desarrollo de redes neuronales artificiales y robots autónomos, y contribuyó significativamente a la comprensión de la percepción visual y la inteligencia emocional.

Ulric Neisser, en la Universidad de Cornell, publicó el libro *Cognitive Psychology* (1967), que estableció las bases de la psicología cognitiva y ayudó a establecer la ciencia cognitiva como un campo interdisciplinario.

Estos científicos y otros más fueron los primeros en reconocer la importancia de estudiar los procesos mentales internos y sentaron las bases para la comprensión de la cognición humana y el desarrollo de la inteligencia artificial. Desde luego, la IA es en realidad un horizonte amplísimo que ha revolucionado nuestras concepciones de la mente humana y sus funciones. En conjunto, los conceptos principales de las ciencias cognitivas han permitido a los expertos desarrollar modelos teóricos de la mente y la cognición humana, así como sistemas de inteligencia artificial cada vez más sofisticados. Los conceptos principales de las ciencias cognitivas incluyen:

- *Procesamiento de la información.* Las ciencias cognitivas se centran en cómo se procesa, almacena y recupera la información en la mente humana. Los investigadores utilizan modelos computacionales para simular dicho procesamiento.

- *Representaciones mentales.* Los procesos cognitivos se basan en representaciones mentales de la información, que pueden ser imágenes, símbolos o conceptos. Estas representaciones son construcciones internas que reflejan la realidad externa y permiten a la mente procesar la información.
- *Cognición distribuida.* En lugar de ver la cognición como algo que ocurre sólo en el cerebro, los científicos cognitivos proponen que está distribuida en todo el cuerpo y el entorno. Esta idea reconoce la importancia de los procesos de percepción, interacción y aprendizaje en la comprensión de la cognición.
- *Modularidad.* Los procesos cognitivos se dividen en módulos o sistemas especializados, los cuales se encargan de una tarea específica. Estos módulos se activan cuando se necesita procesar información en una tarea definida.
- Finalmente, la *inteligencia artificial.* La investigación en ciencias cognitivas ha desarrollado sistemas de inteligencia artificial que pueden simular algunos aspectos de la cognición humana, como el procesamiento del lenguaje natural o el reconocimiento de patrones.

Una mente, dos enfoques

Una cuestión importante por sus repercusiones es la relación entre *computación y cerebro*. La caracterización del cerebro como una computadora deriva de dos interpretaciones muy diferentes, que con frecuencia se confunden y generan un sinnúmero de discusiones. Hay una teoría que asume que la función que define al sistema nervioso es *representacional* (Nilsson, 2019). Esto quiere decir que los estados del cerebro representan estados de algún otro sistema –quizá “el mundo exterior” o “el propio cuerpo”– donde las transiciones entre estados pueden explicarse como operaciones computacionales entre representaciones (Crane, 2022). En cambio, la segunda idea deriva del dominio de la teoría matemática que define la computabilidad en un sentido abstracto, como una estructura y de conformidad con el funcionamiento de algoritmos.

La teoría de la representación se enfoca en cómo la mente crea representaciones internas de la realidad externa, a partir de procesos cognitivos como la percepción, la memoria y el pensamiento. Según esta teoría, estas representaciones internas son esenciales para la comprensión y el procesamiento de la información. De ahí que sigan hablando de la conciencia y el pensamiento no como partes sino como propiedades emergentes. Esta posición se suele apoyar en las computadoras comunes,

secuenciales y digitales, en las que las representaciones son símbolos y las computaciones son reglas formales (algoritmos) que operan sobre los símbolos, en lugar de las reglas “si-entonces” utilizados en la lógica simbólica (Crane, 2022).

Una muestra simple de cómo se aplica la teoría representacional remite a cómo los seres humanos percibimos el mundo por medio de los sentidos. Según esta visión, los estímulos sensoriales que recibimos del mundo exterior son procesados por nuestro cerebro y se convierten en representaciones mentales que nos permiten entender y actuar en nuestro entorno. Por ejemplo, cuando vemos una manzana, nuestro cerebro procesa la información visual y crea una representación mental de la manzana en nuestra mente (Nilsson, 2019: 25-26). Esta representación mental nos permite identificar o reconocer la manzana como un objeto familiar y nos posibilita tomar decisiones sobre cómo interactuar con ella. En otras palabras, la teoría representacional de la mente ofrece una manera de concebir la mente humana en términos de representaciones mentales, las cuales nos permiten percibir y comprender el mundo que nos rodea (Crane, 2022: cap. V).

Por otro lado, la teoría matemática de la mente se enfoca en la capacidad de la mente para procesar la información de manera computacional y resolver problemas matemáticos. Esta teoría se basa en la idea de que la mente puede ser vista como una máquina de procesamiento de información, y que puede ser descrita y estudiada utilizando métodos matemáticos y computacionales (Crane, 2022: cap. III). Se argumenta sobre ella de esta manera: puesto que los datos neurobiológicos indican que los cerebros son en realidad máquinas, los cerebros en un sentido formal se pueden caracterizar como máquinas de Turing.¹ Sus bases tienen raíz en la neurociencia, apoyada sobre tres aspectos: cómo las neuronas responden a las señales externas, como la

¹ Una máquina de Turing es un modelo teórico de una máquina que puede realizar cualquier cálculo matemático que se pueda expresar de manera algorítmica. Esta máquina se compone de una cinta infinita dividida en celdas, una cabeza lectora/escritora que puede leer y escribir en las celdas de la cinta, y un conjunto finito de estados y reglas de transición que determinan la operación de la máquina. La cinta se utiliza para almacenar información, mientras que la cabeza lectora/escritora se mueve a lo largo de la cinta, leyendo y escribiendo en las celdas según las reglas de transición definidas. Una máquina de Turing puede realizar cualquier operación matemática que se pueda expresar como un algoritmo, y es considerada un modelo fundamental de la computación y la inteligencia artificial. La máquina de Turing ha sido fundamental en el desarrollo de la teoría de la computación y ha servido como base para el diseño de la mayoría de los sistemas informáticos modernos (Odifreddi, 2006: 179-197).

luz y el sonido; de qué manera integran las señales para extraer información de alto nivel; y cómo las neuronas interactúan para producir decisiones y órdenes motoras.

Según la teoría matemática de la mente, el procesamiento del lenguaje se puede entender como una serie de operaciones lógicas y matemáticas que ocurren en el cerebro humano. Por ejemplo, cuando leemos una oración, nuestro cerebro analiza la estructura gramatical de la oración, identifica las palabras individuales y sus significados y luego sintetiza esta información para crear un significado completo. Este proceso se puede explicar como una serie de operaciones matemáticas, como la identificación de patrones y la resolución de ecuaciones (Carabantes, 2016: 195–198; Obasi, 2022: 25–36). En resumen, la teoría matemática de la mente ofrece una forma de entender la mente humana en términos de procesamiento de información y operaciones matemáticas.

En general, ambos enfoques tienen sus propias fortalezas y debilidades, y son complementarios en la comprensión del funcionamiento de la mente y la IA. La teoría de la representación se enfoca en la comprensión de cómo los humanos crean y procesan información, mientras que la teoría matemática de la mente se enfoca en la comprensión de cómo esta información se procesa computacionalmente.

En última instancia, el enfoque teórico que se elige dependerá de la pregunta de investigación específica que se aborde y de los métodos disponibles para estudiarla. Ambas teorías son consideradas importantes y útiles en el campo de la psicología cognitiva y la inteligencia artificial.

Por otro lado, tanto la teoría de la representación como la teoría matemática de la mente son importantes para la investigación interdisciplinaria en el campo de las ciencias cognitivas y la inteligencia artificial. Cada enfoque ofrece una perspectiva única sobre cómo funciona la mente y cómo se puede imitar su funcionamiento en sistemas artificiales.

La teoría de la representación puede ser especialmente útil para la investigación interdisciplinaria en áreas como la psicología cognitiva, la neurociencia y la lingüística. Esta teoría se enfoca en cómo los humanos crean y procesan representaciones mentales de la realidad externa, lo que es esencial para la comprensión del pensamiento humano y la cognición.

Por su parte, la teoría matemática de la mente es especialmente útil para la investigación interdisciplinaria en áreas como la inteligencia artificial y la informática. Esta teoría se enfoca en cómo la mente puede ser vista como una máquina de procesamiento de información, lo que es esencial para el desarrollo de sistemas artificiales que pueden procesar y analizar grandes cantidades de información de manera rápida y eficiente.

En general, la elección de una teoría específica dependerá del problema de investigación específico y del contexto interdisciplinario en el que se trabaje. Ambas teorías son útiles y pueden complementarse para proporcionar una comprensión más completa del funcionamiento de la mente y la IA. La investigación interdisciplinaria que utiliza múltiples teorías y enfoques es fundamental para avanzar en el conocimiento y la aplicación de la ciencia cognitiva y la inteligencia artificial.

En el Cuadro 3 se presenta un comparativo (basado principalmente en Carabantes, 2016: 145–190) entre la teoría matemática de la mente y la teoría representacional de la mente.

En definitiva, las ciencias cognitivas tienen un impacto significativo en nuestra comprensión tanto de la IA como de la propia inteligencia humana. Son teorías que se enfocan al estudio de la cognición, que es el conjunto de procesos mentales que incluyen la percepción, el pensamiento, la memoria, el lenguaje y la resolución de problemas.

Cuadro 3

	Teoría matemática de la mente	Teoría representacional de la mente
Enfoque	Procesamiento de la información.	Representaciones mentales.
Función	Concebir la mente como una máquina de procesamiento de información.	Interpretar la mente como una fuente de representaciones mentales de la realidad.
Ejemplo	El procesamiento del lenguaje se puede entender como una serie de operaciones lógicas y matemáticas que ocurren en el cerebro humano.	Cuando vemos una manzana, nuestro cerebro procesa la información visual y crea una representación mental de la manzana en nuestra mente.
Fortalezas	Útil en la comprensión de procesos cognitivos complejos y en el desarrollo de sistemas de inteligencia artificial.	Útil en la comprensión de cómo los humanos perciben y entienden el mundo a partir de representaciones mentales.
Debilidades	No aborda la complejidad de la experiencia humana y no considera factores como las emociones y la subjetividad.	No explica completamente los procesos cognitivos subyacentes y no tiene en cuenta la complejidad del procesamiento mental.

Mente y sociedad

Tanto la teoría matemática de la mente como la teoría representacional de la mente pueden tener una gran utilidad para las ciencias sociales y las humanidades. Para algunos especialistas (por ejemplo, Smith Churchland, 1986; Bunge, 2015), una y otra

teoría se pueden utilizar para entender mejor cómo los seres humanos procesamos y comprendemos la información, los procesos mediante los cuales generamos sistemas de creencias y cuáles son los medios a partir de los cuales tomamos decisiones en condiciones diversas. Esto de suyo puede ser especialmente útil en el diseño de políticas públicas y estrategias de comunicación. Por ejemplo, la teoría matemática de la mente puede ayudar a comprender cómo los votantes procesan la información política y cómo los anuncios políticos pueden influir en sus decisiones de voto. Por otro lado, la teoría representacional de la mente puede ser útil para entender cómo las personas construyen y mantienen sus identidades sociales y cómo las relaciones interpersonales se ven afectadas por las representaciones mentales. En las humanidades, estas teorías pueden utilizarse para comprender mejor cómo los sujetos interpretan y crean significado por medio del lenguaje, la literatura y otras formas de expresión cultural. En fin, tanto la teoría matemática de la mente como la teoría representacional de la mente pueden ser herramientas valiosas para comprender mejor la mente humana y sus complejas interacciones con el mundo social y cultural.

Desde su surgimiento como disciplina en la década de 1940, las ciencias cognitivas han revolucionado nuestra comprensión de la mente y del cerebro. Al utilizar métodos empíricos y experimentales, los investigadores en esta área han podido identificar y estudiar los procesos cognitivos subyacentes que nos permiten percibir, pensar, aprender y comunicarnos.

En el campo de la inteligencia artificial, las ciencias cognitivas proporcionan una base teórica sólida para el desarrollo de modelos computacionales de la cognición humana. Dichos modelos permiten a los investigadores crear sistemas informáticos que pueden simular algunos aspectos del comportamiento humano, como el procesamiento del lenguaje natural o la toma de decisiones.

En cuanto a la filosofía, las ciencias cognitivas cambiaron radicalmente la forma en que entendemos la mente. Durante siglos, los filósofos debatieron la naturaleza de la mente y su relación con el cuerpo. Sin embargo, la investigación en ciencias cognitivas ha demostrado que la mente es una entidad que emerge del cerebro y está íntimamente conectada con él (Bunge, 2015). Esta idea cambia fundamentalmente nuestra comprensión de la mente y lleva a nuevas teorías y modelos de la cognición humana y la inteligencia artificial.

Pero también debemos entender que se ha dado la ruta inversa: desde la filosofía de la mente hacia la inteligencia artificial.

Las indagaciones en filosofía de la mente han influido en gran medida en las propias exploraciones de la IA. En primer lugar, ayudan a establecer los fundamentos

teóricos de la inteligencia artificial, proporcionando marcos conceptuales para comprender la naturaleza de la mente humana y los procesos cognitivos que la sustentan (Bunge, 2015; Smith Churchland, 1986). Por ejemplo, la filosofía de la mente ha contribuido indudablemente a la formulación de teorías como la teoría de la computación y las recientes teorías de la mente. Para quienes sólo miran el aspecto técnico y aplicativo de la IA, puede parecerles sorprendente que las indagaciones filosóficas sean fundamentales para el desarrollo de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. Sin embargo, cualquier exploración en el campo revela las interrelaciones entre filosofía e IA desde la década de 1940 (Carabantes, 2016: 209-261).

Además, la filosofía de la mente también es importante en la definición de problemas éticos y morales relacionados con la inteligencia artificial, como son la privacidad, la seguridad y la responsabilidad. La filosofía ofrece marcos conceptuales para que abordemos estas preocupaciones y otras derivaciones relacionadas con la ética de la IA y la teoría de la responsabilidad moral (Bunge, 2015; Morin, 2021).

Por último, la filosofía también ha sido fundamental en la reflexión crítica sobre el papel de la IA en la sociedad y la cultura, y ha contribuido a la formulación de preguntas fundamentales sobre la naturaleza humana y la relación entre la tecnología y la humanidad (Morin, 2021; Chomsky, 2004). En resumen, la filosofía ha tenido una influencia significativa en las investigaciones en IA, tanto en la definición de los fundamentos teóricos de la disciplina como en la reflexión crítica sobre su papel en la sociedad y la cultura. De manera que los imparables desarrollos y aplicaciones de la IA, habrán de recurrir cada vez más a reflexiones informadas y documentadas de parte de la filosofía, las ciencias sociales y las humanidades.

Futuras convergencias

Las ciencias sociales y las humanidades tienen un papel importante que desempeñar en la investigación de la IA, ya que ésta no sólo se trata de tecnología, sino también de las implicaciones sociales, éticas y culturales de su desarrollo y aplicación. Para incorporarse a las investigaciones de IA, las ciencias sociales y las humanidades tendrían que cobrar un verdadero interés en la IA. El primer paso es que reconozcan su importancia, tanto técnica como cultural. Si es un hecho que la IA está cambiando la forma en que interactuamos con la tecnología y con el mundo en general, entonces es importante que estas disciplinas se involucren en el estudio de “las máquinas pensantes”. Esto supone que desde los programas y planes de estudios en los niveles

de educación media superior y superior de educación, deberían incluirse elementos de IA y plantear, al menos, lo fundamental en cuanto a su problemática.

También habría que entender las implicaciones sociales de la IA. Creemos que las ciencias sociales y las humanidades pueden aportar una comprensión crítica de las implicaciones sociales, culturales y éticas de la IA. Estos dominios de conocimiento pueden estudiar cómo la IA afecta a la sociedad, cómo cambia las relaciones humanas y cómo impacta en la privacidad y los derechos humanos.

Igualmente, las ciencias sociales y las humanidades pueden trabajar en colaboración con expertos en tecnología para desarrollar la IA de manera responsable. La colaboración interdisciplinaria es fundamental para abordar los desafíos sociales y éticos que plantea la IA. Esto ya sucede en varios países de América Latina, no se diga en los países más desarrollados económicamente, quienes han entendido desde 1940 la trascendencia de los logros tecnológicos de la inteligencia artificial (Hernández, 2020).

La planeación es para el futuro inmediato. Habrá que formar a los estudiantes en estas inquietudes y desafíos. Las ciencias sociales y las humanidades pueden incluir la IA en sus programas educativos para formar a los estudiantes en las implicaciones sociales y culturales de la tecnología. Esto puede ayudar a formar a los futuros líderes y profesionales en la comprensión de los desafíos de la IA y su impacto en la sociedad.

Otro punto sería investigar las interfaces de la IA con las disciplinas sociales y humanas, explorando cómo la IA puede ayudar a resolver problemas sociales y culturales y cómo las disciplinas sociales y humanas pueden ayudar a dar forma a la IA para que sea más ética y responsable.

En otras palabras, las ciencias sociales y las humanidades tienen un papel clave que desempeñar en la investigación de la IA, ya que pueden ayudar a abordar los desafíos sociales y éticos que plantea la tecnología en general y los usos particulares de la inteligencia artificial. La colaboración interdisciplinaria y la formación de los estudiantes en estas áreas son esenciales para asegurar un desarrollo ético y responsable de la IA. Lo serán más en el futuro.

III. Tipos de investigación de los sistemas de creencias

El cerebro humano es capaz de procesar y conservar información a partir de diferentes tipos de memoria, pero también depende de procesos químicos y neurales para hacer una “limpia” de la memoria. Para garantizar que la información importante se mantenga más allá de la aleatoriedad de la memoria procesada por la mente, es necesario contar con formas externas de registro y conservación del conocimiento. La escritura, los documentos, los libros, las bibliotecas, la nube cibernética y otras formas de registro de información son indispensables para incrementar el conocimiento y construir sobre las creencias racionales previas. Estas formas de registro y conservación del conocimiento permiten a la humanidad compartir información a lo largo del tiempo y el espacio, y posibilitan aprender de las generaciones anteriores para así avanzar en nuestro conocimiento del mundo.

Pero como todo sistema, el registro del saber, por un lado, está sujeto a perturbaciones; y por otro, no puede dejar de ampliarse e intensificarse (Morin, 2001: 45 y ss). Este sistema está sujeto a contradicciones diversas porque el crecimiento del saber es un proceso cuya dinámica puede calcularse hasta cierto punto, pero está sometida a los vaivenes de nuestras complejas sociedades. Hay momentos de libertad, como hay momentos de censura y clausura de instituciones del saber. La incansable y variable mecánica de las universidades del mundo es un buen ejemplo de estos procesos sociales y culturales en torno al saber.

Los sistemas de creencias son falibles porque están compuestos por creencias que pueden estar incompletas, mal fundamentadas, ser falsas o estar sujetas a cambios. Las creencias se forman a partir de la experiencia, la educación, la cultura, la religión, entre otros factores, y a menudo están basadas en información limitada. Además, están influenciadas por los prejuicios, las emociones y otros factores psicológicos que pueden afectar la percepción de la realidad y la toma de decisiones. Los

sistemas de creencias dan unidad y estabilidad al sujeto y a las comunidades que los albergan. Sin embargo, suelen ser un factor que procede –con mayor o menor fuerza– como repelente al cambio. El no poner el propio sistema de creencias en algún cuestionamiento es una manera de asegurar la permanencia del sistema de creencias frente a los cambios, cualquiera que éstos sean. Es, pues, la parte conservadora de los procesos psíquicos y sociales.

Investigación empírica de las creencias

Según Mario Bunge (2020), en el volumen 5 de su *Tratado de filosofía*, las creencias constituyen sistemas, es decir, conjuntos de elementos interconectados. Señalaba:

En concordancia con nuestro enfoque biológico de la mente, entendemos las creencias, las dudas y las incredulidades como procesos cerebrales de la clase mental. Como todo otro proceso cerebral de esta clase, una creencia tiene un origen y puede cambiar, y hasta desaparecer bajo el efecto de otros procesos corporales (en particular, mentales) (Bunge, 2020: 122).

Una novedad interesante es que, si se trata de que el asiento de las creencias se registra en nuestro cerebro, entonces el creer, el dudar y el descreer son susceptibles de ser estudiados de manera empírica. Esta es una tarea de la neuropsicología. Pero como hemos reiterado en varias ocasiones, ese estudio no excluye que las creencias también pueden ser objeto de estudio de los científicos sociales (lo asume Bunge). En cambio, para los investigadores en humanidades y en filosofía hay dos rutas a seguir: estudiar “la lógica de las creencias” como un campo dentro de sistemas lógicos modales; o recurrir a los resultados de la investigación empírica de neuropsicólogos o sociólogos con trabajo empírico. Cabe un cuarto campo: la investigación de las creencias al amparo de la inteligencia artificial (por ejemplo, analizando las “creencias de un robot”, según examina Nilsson (2001), suponiendo un comportamiento cognitivo de los sistemas computarizados, como vemos en el siguiente capítulo).

No hay creencias aisladas, porque un conjunto de creencias se compone de proposiciones –afirmaciones o negaciones sobre el mundo–, que han de estar relacionadas entre sí de forma lógica (Apéndice 3) y que se ajustan a las evidencias empíricas. Existen investigaciones empíricas realizadas para estudiar las creencias. Estas proposiciones pueden ser explícitas o implícitas y pueden variar en su grado de certeza o evidencia. Incluso, se pueden valorar mediante un cálculo de probabilidades

(Apéndice 3). Hay varias investigaciones sobre las creencias desde la neuropsicología.¹ También en psicología hay estudios para investigar cómo se forman las creencias, cómo se mantienen y cómo cambian a lo largo del tiempo.

Mario Bunge especifica un sistema de creencias basado en la ciencia y la racionalidad. En su libro *La exploración del mundo*, Bunge (2020) ha desarrollado sus ideas sobre cómo el conocimiento y la creencia deben basarse en la evidencia empírica y la lógica. En el Cuadro 4 se resume el sistema de creencias de Bunge en ese libro.

Cuadro 4

Tesis de Mario Bunge	Descripción
Realismo científico	Bunge sostiene que la realidad existe independientemente de nuestra percepción y que puede ser investigada y comprendida mediante la ciencia.
Empirismo	Afirma que el conocimiento debe basarse en la evidencia empírica y la observación.
Racionalismo	Presupone que el conocimiento debe ser coherente y lógico, y que la razón y la lógica son herramientas importantes para la investigación científica.
Materialismo	Sostiene que todo lo que existe es material y puede ser estudiado por la ciencia.
Determinismo	Afirma que el mundo está regido por leyes naturales que son deterministas y que pueden ser descubiertas mediante la investigación científica.
Reduccionismo	Supone que los fenómenos complejos pueden ser explicados en términos de sus partes constituyentes, y que la ciencia puede explicar todo lo que existe.
Universalismo ético	Defiende la idea de que existen principios éticos universales que se aplican a todas las culturas y sociedades, y que estos principios deben basarse en la evidencia empírica y la lógica.

Fuente: Bunge (2020: caps. 7 y 8).

Según la epistemología que desplegó Mario Bunge, el conocimiento es racional y se basa en el realismo científico, el empirismo, el racionalismo, el materialismo, el determinismo, el reduccionismo y el universalismo ético. Bunge propuso que se entendiera que el conocimiento y la creencia deben basarse en la evidencia empírica y la lógica, y que la ciencia es la herramienta más importante para investigar y comprender el mundo.

¹ Entre otros los siguientes: Harris *et al.* (2009), Grafman *et al.* (2020), Rosenbaum *et al.* (2015), Inzlicht *et al.* (2009), Daunizeau *et al.* (2019). Hay muchas otras investigaciones recientes que abordan las creencias desde diferentes perspectivas dentro de la neuropsicología.

En cuanto a los sistemas de creencias en general, vistos en la perspectiva de una indagación cuantitativa, Bunge estableció la hipótesis de representar las creencias en diferentes grados, desde la incredulidad máxima (-1) hasta la creencia o aceptación máxima (+1), pasando por diferentes grados de indecisión (0) y escepticismo (Apéndice 3). Es una formalización interesante en términos de probabilidad.

Ahora bien, independientemente de la versión de Bunge, resulta que la neurociencia, utilizando técnicas como la *neuroimagen*, investiga cómo las creencias están representadas en el cerebro y cómo se relacionan con otras funciones cognitivas como la memoria y la toma de decisiones. Sin embargo, la investigación empírica de las creencias es un área compleja y en constante evolución debido a la naturaleza subjetiva y personal de las creencias. Además, muchas veces las creencias no son conscientes y es difícil obtener información precisa sobre ellas.

También se han estudiado las creencias en el contexto de la religión, la política, la moral y otras áreas de la vida. Sin duda, las investigaciones de Max Weber sobre las creencias religiosas y el capitalismo son un ejemplo de indagación empírica, como hay muchos otros. La sociología de las creencias es una rama de la sociología que se centra en el estudio de las creencias y prácticas religiosas, así como en la forma en que las creencias influyen en la sociedad en general y en la vida cotidiana de las personas.

Los sociólogos que estudian las creencias a menudo utilizan encuestas, entrevistas y observaciones participantes para recopilar datos sobre las actitudes y comportamientos de las personas en relación con la religión, la espiritualidad y otras formas de creencias. También pueden analizar las tendencias históricas y culturales en torno a las creencias y estudiar cómo las creencias influyen en los sistemas políticos y económicos.

Recientemente, varios de quienes obtuvieron el Premio Nobel en Economía realizaron trabajos empíricos y cuantitativos sobre las creencias diversas de los sujetos en sociedades de comercio libre. En el ámbito de la economía, el estudio de las creencias se ha convertido en un tema importante en la investigación económica. Algunas investigaciones se centran en cómo las creencias influyen en el comportamiento de los consumidores y de los inversionistas, y cómo esto afecta al mercado.

Por ejemplo, Daniel Kahneman y Amos Tversky, ganadores del Premio Nobel de Economía en 2002, estudiaron cómo las creencias y las emociones afectan a la toma de decisiones económicas. En particular, desarrollaron la teoría de las perspectivas, que muestra cómo las personas toman decisiones en situaciones de incertidumbre, considerando no sólo los resultados esperados, sino también sus emociones y creencias subjetivas. Asimismo, Vernon Smith, Premio Nobel de Economía en 2002,

ha estudiado cómo las creencias de los participantes en los mercados pueden afectar al funcionamiento del mercado y a la formación de precios.

Por otra parte, las creencias son un foco de atención en las disciplinas dedicadas a la computación. En sistemas computarizados, se pueden investigar las creencias a partir de la creación de *agentes inteligentes* que posean un conjunto de creencias predefinido o que puedan adquirir creencias mediante *algoritmos de aprendizaje automático*.² Estos agentes pueden interactuar con otros agentes o con usuarios humanos, y se puede observar cómo cambian sus creencias a lo largo del tiempo en función de las nuevas evidencias o información que reciben. También se pueden utilizar técnicas de *minería de datos* para analizar patrones en los conjuntos de creencias de grandes grupos de usuarios en línea o en redes sociales. Además, se pueden realizar experimentos en línea para medir la influencia de diferentes factores en la formación de creencias en los usuarios, como la presentación de información, la opinión de otros usuarios o la experiencia personal. Buena parte de los trabajos en *Big Data* recurren a cierto tipo de indagación de creencias particulares o comunitarias. Pero siempre hay límites desde el propio instrumento de análisis, como señala, en *Big Data*, Walter Sosa Escudero (2019: 174-175):

En “El jardín de senderos que se bifurcan”, Jorge Luis Borges plantea un laberinto en que convive “una infinita trama de tiempos que se bifurcan, se cotan o que secularmente se ignoran” y que “abarca todas las posibilidades” [...] Pero [...] la realidad es mucho más difícil, ya que sólo una de las circunstancias es observable; es uno o el otro, pero jamás los dos [...] El diseño de experimentos es uno de los grandes logros de la ciencia moderna. Su esencia consiste en aislar el canal a través del cual una cosa afecta a la otra [...] Sin los cuidados necesarios, Big data es una enorme muestra de pedazos del laberinto borgeano [...] No existe forma de que Big data revele los senderos no transitados.

Volviendo al estudio de las creencias, las investigaciones sobre este campo en economía se centran en cómo influyen en la toma de decisiones y en el

² Un algoritmo de aprendizaje es un conjunto de instrucciones que permiten a una computadora aprender a partir de la experiencia; se utiliza en el campo de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para entrenar a los modelos de aprendizaje automático. Estos algoritmos utilizan los datos de entrada para aprender a hacer predicciones o tomar decisiones sin ser explícitamente programados para hacerlo. Los algoritmos de aprendizaje se clasifican generalmente en tres categorías: supervisados, no supervisados y de refuerzo, según el tipo de datos de entrada y los resultados esperados.

comportamiento económico de los individuos y los mercados. Existen diferentes caminos para este “laberinto borgeano”.

Hay investigaciones empíricas sociológicas sobre las creencias. La sociología de las creencias se centra en el estudio de éstas y de las prácticas religiosas, así como en la forma en que las creencias influyen en la sociedad en general y en la vida cotidiana de las personas. Los sociólogos a menudo utilizan encuestas, entrevistas y observaciones participantes para recopilar datos sobre las actitudes y comportamientos de las personas en relación con la religión, la espiritualidad y otras formas de creencias. También pueden analizar las tendencias históricas y culturales y estudiar cómo las creencias influyen en los sistemas políticos y económicos.

En cuanto a las formulaciones de Bunge, para él las creencias no son estáticas, sino que son susceptibles de ser modificadas, eliminadas o sustituidas por otras nuevas a medida que se adquiere nueva información o se revisan las evidencias existentes. Esto implica que los sistemas de creencias son falibles, es decir, que pueden contener errores o afirmaciones falsas. *La falibilidad de los sistemas de creencias es una característica inherente al proceso de conocimiento humano y es una de las razones por las cuales es necesario tener una actitud crítica y de permanente revisión de nuestras creencias y conocimientos.*

Lo anterior implica que mediante la investigación científica se pueden superar las limitaciones de los sistemas de creencias al someterlos a prueba y a la corrección de errores mediante la contrastación empírica y la argumentación racional. De esta manera, el conocimiento avanza y se enriquece a partir de la revisión y la actualización de los sistemas de creencias, lo que permite una mayor precisión y comprensión de la realidad.

A fin de estudiar la relación entre los procesos mentales y los procesos cerebrales, la neurociencia cognitiva se enfoca al examen empírico de las creencias, las dudas y las incredulidades, pero con tal de que se les tome como procesos mentales relacionados con la actividad del cerebro.

En este sentido, las creencias se originan a partir de la integración de la información sensorial y la experiencia previa, y están relacionadas con la activación de ciertas regiones del cerebro. La duda y la incredulidad, por otro lado, pueden surgir cuando la información sensorial y la experiencia previa no se ajustan a las expectativas y creencias previas.

Los procesos mentales, incluyendo las creencias, las dudas y las incredulidades, son susceptibles de cambiar y desaparecer bajo el efecto de otros procesos mentales y corporales. Por ejemplo, nuevas experiencias y la exposición a nueva información pueden llevar a cambios en las creencias y, en algunos casos, a la desaparición de creencias previas.

En resumen, las creencias, las dudas y las incredulidades son procesos mentales relacionados con la actividad del cerebro. Estos procesos mentales pueden cambiar y desaparecer bajo el efecto de otros procesos mentales y corporales, como nuevas experiencias y la exposición a nueva información. La neurociencia cognitiva se enfoca en comprender la relación entre los procesos mentales y los procesos cerebrales para entender mejor cómo funciona la mente.

Interpretación semiótica de creencias: Peirce

En los albores del siglo XX, el filósofo estadounidense Charles Sanders Peirce formuló algunos planteamientos a este respecto. Escribió: “El sentimiento de creer es un indicativo más o menos seguro de que en nuestra naturaleza se ha establecido un cierto hábito que determinará nuestras acciones. La duda nunca tiene tal efecto”. De modo que las creencias tendrían, según enseñó Peirce, un componente intelectual y práctico y, por ende, repercusiones en nuestra vida social. Inquirir sobre ellas viene a ser un propósito primario de la investigación, habida cuenta de que las investigaciones deben redundar en el establecimiento de una opinión, que sería “la fijación de una creencia” (título del artículo de Peirce). Pensaba el filósofo estadounidense que hay varios *métodos* que conjugan funciones cognitivas y contextos sociales:

- el método de la tenacidad,
- el de la autoridad,
- el método del *a priori*,
- el de la opinión pública, y
- el de la indagación (*inquiriy*).

La tenacidad y la sociedad tradicional

El método de la tenacidad implica simplemente la voluntad de creer en algo verdadero sin tomar en cuenta alguna otra creencia o alguna evidencia contraria. Aquí tal vez convendría distinguir tres cosas distintas que Peirce no exploró. En primer lugar, es revelador que Peirce (2012: 157 y ss.) haya supuesto que se trata de fijar una creencia por *voluntad*, lo cual entraña una cierta capacidad de elección; no es algo *evidente*, sino que en cierto modo depende del sujeto. En segundo lugar, la experiencia de la creencia por tenacidad es *aseverar* cierta creencia de *una manera dogmática*

(algo contrario al *escepticismo*, actitud de quien cuestiona, no cree o no le afecta una creencia). En tercer lugar, esa manera de asumir una creencia está más cerca de la fe, si ésta se entiende como *creer contra toda evidencia* sin tener en cuenta la verdad. Para lo cual debe haber aislamiento y separación frente a todo aquello que pudiese poner en cuestión el régimen de ideas.

La verdad y la creencia se separan, o bien se llega al extremo de que *lo que se cree ha de ser verdadero*, sin cuestionamiento posible. De manera que, si tomamos en cuenta que, tarde o temprano, las creencias se comparten, el método de la tenacidad es una forma de salvaguardar las creencias del grupo, aislándolo todo del “contacto” externo. Hoy, ante un fenómeno como *la posverdad*, encontramos que se trata justamente de la credulidad o incredulidad sostenidas porque sí y entre fanáticos de algo (actor político, ideario, posturas ante el calentamiento global, etcétera).

Peirce asegura que, pese a la apariencia, el impulso social es contrario a la inercia del método de la persistencia. Quien lo asume se encuentra, más temprano que tarde, con que otros piensan de modo diferente (algo parecido a “La ley del corazón”, de la cual habla Hegel en la *Fenomenología del espíritu*. Dicha ley es un dictado que nace del sentimiento de que mis creencias son las únicas, que no puede haber otras; el límite es que hay otros que opinan exactamente igual, pero con otras creencias). El cuestionamiento que supone Peirce viene, ya no de la voluntad, sino del entendimiento, cuando el sujeto, confrontando otras ideas, formuladas por otros, advierte que las opiniones de esos otros son tan buenas como las suyas propias y podría quebrantar su confianza en las propias creencias. Seguramente es lo que sucede con las interrelaciones culturales, cuando las estructuras de las sociedades tradicionales se abren a la confrontación con ideas, juicios y logros de otros grupos (Peirce, 2012: 213).

La autoridad o el centro único de creencias

El método de la autoridad busca imponer a las poblaciones creencias expuestas por quienes ejercen algún tipo de poder, sea poder coercitivo (como en las dictaduras), sea el poder persuasivo (como las iglesias y los líderes de los grupos políticos), sea el poder económico (que impone reglas de funcionamiento para la producción y el consumo). La historia nos muestra que éste ha sido el principal medio para fijar las creencias. Pensemos, por ejemplo, cómo el aparato ideológico educativo reproduce de muchas maneras las creencias que defienden cualquiera de esos poderes para la reproducción del *statu quo*. Porque el sistema de creencias remite a aquellas opiniones que resultan beneficiosas de muchas maneras para conservar la autoridad y el poder. *Peirce nos hace*

ver que para la plataforma de los procedimientos de la autoridad se han de emplear las técnicas de aislamiento y separación inherentes al método de la tenacidad. Pero a una voluntad (de la autoridad) se contraponen otra voluntad (del sujeto), el recurso a la tenacidad se suele acompañar de la represión social, incluso a procedimientos crueles.

Peirce identifica que si el método de la autoridad busca imponer el control total sobre la existencia de los miembros de una comunidad o sociedad, resulta prácticamente imposible sostener por mucho tiempo el sistema de creencias y prácticas avaladas por quienes ejercen algún tipo de poder (Peirce, 2012: 225). Tarde o temprano, piensa Peirce, la dinámica de las sociedades se confrontan con otros valores y principios provenientes de otras comunidades o de otras perspectivas filosóficas. El impulso tiende a abrir espacios de discusión de ideas, de donde pueden surgir las revueltas y/o a la posibilidad de abrir espacios de poder a más sujetos. En ambos casos, la autoridad será o bien debilitada, o bien sustituida. Ha pasado en la historia cuando los espacios de poder se resquebrajan ante nuevos actores y sistemas de creencias.

Libertad de creencias y opinión pública

Cuando eso sucede, Peirce encuentra que se establece el *método de la opinión pública*. Pensando en sociedades democráticas, abiertas y dinámicas, las creencias pasan a ser cuestiones sujetas a debate y confrontación, buscando preservar *la libertad de pensamiento y la libertad de opinión y de creencias*.

Un logro del Estado moderno, aunque Peirce no lo exprese así. El empleo de la fuerza y la intimidación, característicos del método de la autoridad, y en cambio se van imponiendo otras técnicas como el convencimiento racional, los acuerdos y la disposición al diálogo. Décadas después de la publicación de los textos de Peirce, Habermas propondría “la razón comunicativa”, un tipo de razón que mantenga una unidad entre sus momentos, en referencia a los intereses, a la vida y al mundo de la vida; una razón argumentativa y del discurso, que es lo que le confiere unidad donde las creencias están sujetas al diálogo argumentativo; una razón emancipatoria consistente en expresarse esencialmente como lenguaje. El lenguaje es un hecho de razón, donde la razón y lenguaje se explican mutuamente. El espacio es la opinión pública, que surge con la libertad de prensa y de publicación.

La razón teórica como cimiento de creencias

Otro método es el que categorizó Peirce como *método a priori* para la fijación de una creencia y lo refiere a aquellas ideas de lo que resulta más conveniente a la razón. Corresponde a las ideas más generales o incluso universales de las creencias fundamentales, independientes de lo que las comunidades establecen, basadas en lo que cualquier miembro de una comunidad aseveraría desde el punto de vista de la razonabilidad. Esto es, Peirce reconoce en este método que las creencias no solamente son derivadas de situaciones sociales y culturales, sino que hay creencias generadas igualmente desde la lógica y la filosofía. Parece responder a la pregunta qué ideas son fundamentales desde el punto de vista de la reflexión analítica y la filosofía. Por ejemplo, si bien las comunidades establecen la creencia en la existencia de Dios, corresponde a orientaciones filosóficas fincar una “prueba racional” de la existencia de Dios, pensando que así se alcanza una proposición universal. Peirce destaca que se trata de un método que ha encarado la cuestión de lo que se considera universal y necesario, pero las diferentes posiciones filosóficas sostienen diferentes maneras, alcances y conceptos de lo que es lo universal. Hay y habrá siempre alternativas.

La noción misma de *evidencia* puede ser entendida de diversas maneras, con argumentaciones congruentes, desde puntos de vista filosóficamente dispares (piénsese en las alternativas empirismo y racionalismo, por ejemplo). Peirce mantuvo que si no existe consenso sobre los universales, no podrá zanjarse el tema de lo universal solamente por el método *a priori*.

Comunidad crítica, autorreflexiva y moderadamente escéptica

En cambio, el método de la indagación o método de investigación debe contener una serie de consecuencias de orden práctico y efectivo (recuérdese que Peirce se ubica filosóficamente en el pragmatismo), de tal manera que le corresponde a una cierta comunidad —la comunidad de investigadores científicos— que hacen acopio de medios, instrumentos y procedimientos racionales para determinar un conjunto de verdades (volviendo a la conjunción de creencia y verdad) que, a diferencia de las creencias metafísicas del método *a priori*, son susceptibles de revisión y corrección. La ciencia, pensaba Peirce, es una empresa humana de autorreflexión y autocorrección. La ciencia puede fijar creencias, pero esas creencias son de naturaleza falible. Una comunidad científica debe gozar de libertad para poder reconocer limitaciones y generar autocríticas sobre los progresos de la actividad científica.

En consecuencia, las comunidades científicas deben tener garantizadas dudas genuinas. Lo cual implica que *deben operar con disposición constante a la crítica* (tendencia opuesta a la tenacidad –mantener la creencia por la creencia misma– y a la autoridad –la imposición de una creencia por acción del poder y nada más). De manera tal que en la operación científica debe haber la posibilidad de ofrecer puntos de vista alternativos.

En consecuencia, se favorece en ese contexto el sano escepticismo (opuesto al método dogmático), de manera que siempre sea posible examinar críticamente y refutar cualquier creencia presentada. Se trata de un ejercicio racional y no de argumentos *ad báculum* (supuestos argumentos basados en la fuerza o amenaza). La comunidad debe poder apelar a que los criterios empleados sean públicos y comunicables, universales –por provisionales que sean–, en cierto modo análogos a lo que sucede por medio del método *a priori*. La comunidad científica apuesta por la verdad, por el saber (en sentido técnico).

Ahora bien, entre el cúmulo de problemas que se presentan para la IA debemos destacar, por fundamentales:

1. El tema del razonamiento, bajo el supuesto de que la inteligencia –cualquiera que ésta sea, humana o artificial– implica la capacidad de resolución de problemas con algún grado de justificación (no sólo dar una respuesta sino apoyarla con “razones”).
2. El tema de las posibles correlaciones entre el lenguaje natural y el lenguaje de la máquina que procesa la información respectiva (un asunto que marca los límites de la “traducción” del pensamiento humano al “pensamiento mecánico de un mecanismo artificial”).

Analicemos cada tema separadamente.

Creemos que, dentro de los distintos desarrollos de la inferencia en lógica, lo más prometedor para la IA son las ideas que aportó C.S. Peirce. ¿Qué importancia tienen los análisis lógicos de Peirce para la IA? El hecho de que Peirce haya sido un innovador en lógica (es fundador de la lógica matemática, a la par que Frege) y creador de la semiología y, sobre todo, un filósofo interesado en cómo el pensamiento es un medio indispensable para la transformación del mundo que habitamos, todo ello hace que sus formulaciones sean bastante interesantes para la actual discusión sobre las características de la mente humana, desde el punto de vista neuropsicológico. Asimismo, Peirce también tuvo contribuciones respecto de uno de los temas cruciales del trabajo científico: la inferencia en el desarrollo de la vida intelectual.

Fue Peirce quien mostró que la inferencia adquiere tres presentaciones, con fines y aportaciones diferentes, si bien complementarias: son deductivas, inductivas y abductivas. Las deductivas siguen el perfil del silogismo (“Todos los hombres son mortales; Sócrates es hombre”; por lo tanto, Sócrates es mortal”), que es un razonamiento de corte *analítico* porque la conclusión (la oración que va después de “por lo tanto”) está analíticamente contenida en las premisas. Su significación es tal que no requiere voltear a la experiencia para comprobarlo o refutarlo. Es un tipo de inferencia que ofrece la *certeza de la conclusión*, siempre que esté en conformidad con el arreglo o disposición de los tres términos que intervienen y con las reglas propias para esos términos (Peirce, 2012: 248).

Pero si cambiamos el orden, otra disposición podría ser esta: “Todos los hombres son mortales; Sócrates es mortal; por lo tanto, Sócrates es hombre”. *No es una conclusión necesaria*. No lo es porque no corresponde a las formas lógicas canónicas admitidas y, además, por una situación crucial: es una falacia formal afirmar –en la segunda premisa– el consecuente de la primera aseveración. Al ser un error lógico-formal, no garantiza la certeza de la conclusión, según la lógica clásica. Sin embargo, esta nueva argumentación podría describir cómo buscamos habitualmente explicaciones de hechos que ocurren en nuestra experiencia (Vilà Vernis, 2017). No obstante, pareciera que una evidencia –la muerte de Sócrates– nos pondría en la pista de que él es un hombre, de modo que a partir de nuestro conocimiento de que los seres vivos mueren, y bajo que esa categoría estaría incluida los “hombres”, la conclusión resultaría por lo menos *admisible*. A esta organización de la argumentación la llamó Peirce *abducción*. También se denominó *retroducción*. Es la forma más débil de los tres tipos de inferencia, pues no ofrece ningún tipo de certeza en cuanto a la veracidad de la conclusión. Pero constituye aquel tipo de inferencia donde la conclusión solamente *es verosímil*. Peirce indicaba el enlace indispensable en el pensamiento entre el primer momento –hipótesis o conjetura–, el segundo con la asunción de sus consecuencias derivadas –por la deducción– y el momento del proceso inductivo en su aspecto de corroboración empírica (Peirce, 2012: apartado 12).

Debemos decir que gracias a los trabajos de filósofos como Karl Popper y bajo la influencia de las teorías de la argumentación que se iniciaron en la década de 1960, la abducción fue despertando cada vez más interés, situándose no tanto en el *contexto de justificación* sino en el *contexto de descubrimiento* de las ideas e hipótesis en ciencia (García Damborenea, 2015).

Volvemos a los tipos de inferencia (Larson, 2023). Existe otra posibilidad de ordenamiento del silogismo que usamos como ilustración, que resultaría así: “Sócrates es hombre; Sócrates es mortal: por lo tanto, todos los hombres son mortales”.

Sería una inferencia de tipo inductivo. La base de la inferencia inductiva es la generalización. Significa examinar cierto número de hechos particulares observados, como fundamento de una información general. Como examinamos, según Peirce al pensar empieza siempre con una abducción, o sea, con la formulación de una mera probabilidad o hipótesis.

En el método de la experiencia, donde cada tipo de argumento efectúa idealmente la función que le corresponde, las *consecuencias de esa posibilidad* son desplegadas por la exposición deductiva. Aunque algo se ha avanzado en el pensamiento hasta ese momento, falta aún la comprobación mediante la inducción. En suma, la formulación peirceana encaja en lo que se denomina “método hipotético–deductivo”.

¿Cuál es el tipo de inferencia que requiere el pensamiento de la IA? En el libro *El mito de la inteligencia artificial*, Erick J. Larson encara el asunto, advirtiendo límites y posibilidades. Reconoce que la deducción —el silogismo— estuvo en el punto de partida de la IA, aunque en los inicios de esta tarea quedó asociada al sistema de Aristóteles: ese ha sido también su límite histórico y epistemológico.

En el pasado, por el peso enorme que tuvo Aristóteles en el pensamiento occidental, se le dio una mayor densidad a la inferencia deductiva. La inferencia deductiva está involucrada en los procesos de justificación racional de las teorías porque supone que de unas premisas o presupuestos se sigue “necesariamente” una conclusión o una consecuencia. Afortunadamente, no contamos con un sistema único de lógica. Hay una larga historia de los sistemas deductivos. Aristóteles elaboró el silogismo categórico y los estoicos desplegaron un sistema que incluye las hipótesis bajo esquemas proposicionales más amplios, empleando conectivos o funtores como en los esquemas proposicionales, “Si p, entonces q”, “o bien p o bien q”, “No p”, “p y a la vez q”, “p si y sólo si q”. Las universidades medievales dieron entrada a las *modalidades*, como “necesariamente p”, “posiblemente p”, “se da p, pero es posible que no p”, etcétera.

En el siglo XIX se logró la matematización de la lógica principalmente mediante el álgebra de Boole, misma que utilizará Shannon para la creación de sistemas binarios (0, 1) en su teoría de la información, mismos que están en la base de nuestras computadoras. La lógica matemática surgió como una lógica axiomatizada y mediante la creación de un sistema formal (con su sintaxis y semánticas particulares). Buena parte del trabajo primario en IA se centró en conceptos derivados de la lógica de Frege y de Russell.

Sin embargo, la deducción no fue suficiente para la IA. Varios obstáculos. “Quizá el más dañino haya sido que la deducción nunca añade conocimiento”. No obstante:

La deducción resulta extraordinariamente útil como defensa contra la posibilidad de que alguien infiera conclusiones delirantes o incorrectas a partir de un conjunto de proposiciones –por ejemplo, que insistan en que, según las premisas de la mortalidad humana y el hecho de que Sócrates fue un ser humano, deberíamos concluir que Alfa Centauri está hecha de queso. La deducción otorga a los agentes racionales una plantilla para que no “se salgan de la senda”, lo cual representa de manera evidente un primer paso para cualquier sistema de IA del que esperamos que acabe realizando inferencias inteligentes. Pero, usando sólo la deducción, no llegaremos demasiado lejos (Larson, 2023: 133).

La deducción tiene límites. Desde Francis Bacon, pasando por Stuart Mill, hasta K. Popper, se advirtieron como sus obstáculos “no nos llevan demasiado lejos”.

Por otra parte, en sus inicios, la lógica matemática adoptó características formales como el principio bivalente, la orientación por lo binario, la defensa de lo categórico y asertivo, y lo funcional-veritativo (como el uso de tablas de verdad binarias para definir los conectivos lógicos). Por supuesto, como lógica deductiva nos resulta precisa porque nos proporciona certezas. Sin duda, pero no proporciona todas las certezas (a menos que se conciba que la única forma de certeza es la deducción). Pero hay otras maneras de construir certezas que no se basan en la lógica clásica.

Este ha sido uno de los motores de la investigación en otros sistemas diferentes, los denominamos “lógicas no clásicas”. Una de ellas, que mencionamos en varios apartados de este libro, es *la lógica difusa*, que es una lógica multivalorada (no es bivalente) y que se aproxima asintóticamente al lenguaje común. Precisamente, este es un campo de estudio importante para la IA porque ésta trata de asemejarse lo más posible al pensamiento común y corriente de los seres humanos. De ahí el interés por los “razonamientos de sentido común”. Se trata de encontrar sistemas de conocimiento que dependen, para razonar y actuar, de proporciones sobre el mundo que se puedan representar en una computadora, un ordenador. En principio, la IA se trabajó sobre *modelos idealizados* de razonamiento, tomados de la lógica clásica. Pero para el funcionamiento de las “máquinas pensantes” requiere de lenguajes más flexibles, suponiendo mayores acercamientos al pensamiento ordinario.

En la IA, el razonamiento lógico y la planificación son dos subcampos importantes de la IA. Steven Pinker (2007: 360 y ss.) recuerda que se empezó a programar ordenadores a efecto de resolver problemas sobre la base de identificar una serie de estados (como las posiciones posibles de algún ajedrecista en el tablero) y una serie de operaciones que transforma un estado en otro (como el caso de mover una pieza del tablero). Ambos, estados y operaciones, se podrían representar como símbolos y pasos computacionales en un ordenador.

La cuestión es que el ordenador —empleando un lenguaje simbólico— no sólo puede diferenciar estados finales (ganar) y estados intermedios, sino que podía “aprender” de un problema y generalizarlo a otro segundo problema, mediante *una estructura lógica similar* de movimientos tras movimientos (siempre y cuando el segundo problema estuviese “programado”). Según Pinker (2007: 360), Herbert Simon (sobre quien ya comentamos al inicio de este libro) llamó “isomorfos de problema” a las diferentes versiones de la resolución de problemas. Se trata de inferencias que combinan diversos sistemas lógicos. Cada sistema lógico servirá, o no, para llevar a cabo determinada programación computacional.

Para la interacción hombre-máquina (HCI, *Human-Computer Interaction*) se introdujo el término “interfase”, que se refiere a los procesos y procedimientos tanto físicos como lógicos que median entre las personas y las máquinas en la redistribución de las tareas cognitivas. La investigación sobre este campo tiene que ver con la “interfaz sintaxis-semántica”. Lo cual nos conduce al segundo problema que exponemos en este apartado: el lenguaje natural y el lenguaje de la máquina.

Como señalamos, la sintaxis se ocupa de las frases bien formadas (que se realizan como secuencias de sonidos, algunos fonemas), mientras que la semántica aborda la interpretación de las estructuras sintácticas. Las interacciones entre una y otra son las cuestiones de mayor relieve en la lingüística en general y de prometedores estudios en el lenguaje español. Ejemplo de ello es el trabajo de Asunción Gómez Pérez (2023), *Inteligencia artificial y lengua española*, publicado por la Real Academia Española (RAE). Ahí se empieza por reconocer que:

[...] los seres humanos tratan de dotar a las máquinas, artefactos y dispositivos de capacidades propias de las personas, como pensar, razonar, hablar, entender, escribir, traducir y dialogar. La inteligencia artificial es la tecnología habilitadora que dota a sistemas y dispositivos digitales de capacidades cognitivas, tales como razonar, emplear el lenguaje, ya sea para traducir entre idiomas, mantener una conversación oral o escrita con una máquina para resolver una tarea, clasificar documentos, crear imágenes a partir de descripciones en lenguaje natural, reconocer objetos en fotografías e, incluso, aprender de nuestra conducta o costumbres, y de esa forma recomendar la compra de un producto o seleccionar la siguiente canción, por mencionar sólo algunas de sus múltiples posibilidades (Gómez, 2023: 17).

La anterior es una descripción clara e inicial de las posibilidades de la IA que vemos reflejada, por ejemplo, en ChatGPT y otras similares. Como se sabe, el reto inaugural de la IA fue tanto la “traducción” del lenguaje natural al “lenguaje de la

máquina”, como la cuestión de la relevancia en las inferencias que se emplean en la dinámica de la interacción hombre-máquina.

Realmente ha sido un prodigio humano y tecnológico emplear el sistema binario como codificador en base dos, para representar información en la computadora. Nuestro sistema decimal está compuesto de 10 dígitos (del 0 al 9). En cambio, los dígitos del sistema binario se pueden combinar para representar los valores numéricos posibles, pero con secuencias de ceros y unos. Por eso ha sido inexorable transformar cualquier texto alfanumérico en secuencias binarias. Sólo así el ordenador puede almacenarlo, procesarlo y extraerlo. ¿Cómo se dota de capacidades cognitivas a las máquinas, dado que éstas son construcciones que usan un lenguaje binario?

Gómez Pérez lo explicaba. “Existen dos enfoques: el primero fundado en el álgebra de Boole y en la lógica; el segundo, en cambio, se basa en la cibernética”.

Aprender y razonar son los dos grandes pilares de la inteligencia artificial. El aprendizaje se realiza principalmente utilizando técnicas estadísticas mientras que el razonamiento se realiza con palabras y leyes de la lógica. Estos dos enfoques, bien diferenciados, han dado lugar a la inteligencia artificial subsimbólica que es la que razona y explica los resultados alcanzados (Gómez, 2023: 32-33).

En varias partes de este libro nos hemos ocupado de la lógica y el álgebra de Boole. Aquí subrayamos que la parte de la IA basada en la lógica se denomina inteligencia artificial simbólica. Es ahí donde intervienen los temas de la interfaz sintaxis-semántica, y en buena medida se correlaciona con los modelos idealizados por los diferentes sistemas de lógica que examinamos.

El otro enfoque viene de las ciencias médicas, de psicología experimental y se apoya en las indagaciones sobre el cerebro humano. Es el enfoque “cibernético” y se deriva de las indagaciones de la ciencia cognitiva de Norman Wiener, quien acuñó el término en su libro *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*, publicado en 1948. Ese texto pionero daría lugar a la posterior investigación sobre “redes neuronales” del ser humano y sus construcciones artificiales en “redes neuronales artificiales”.

Para diferenciarse del otro enfoque, se denomina inteligencia artificial subsimbólica, que se centra en el aprendizaje automático de modelos numéricos a partir de grandes cantidades de datos. Entre otras cosas, permite realizar predicciones y resolver problemas de taxonomía, por ejemplo, en la “traducción” de imágenes a textos y viceversa.

Siguiendo uno u otro enfoque, todos los programas que procesan el lenguaje natural necesitan entender los distintos niveles que lo constituyen, a saber: fonología, morfología, sintaxis, semántica y pragmática de los textos orales y escritos. Un problema específico es la ambigüedad de nuestras expresiones en el lenguaje natural. En las conversaciones suplimos –en principio– los fenómenos de ambigüedad mediante el recurso al contexto. Si escucho la expresión “fulano apeló a la mesa”, no supondré que fulano “llamó o nombró” a un mueble.

De manera parecida, los programas informáticos también recurren al contexto lingüístico en que se localiza la palabra y –he aquí un prodigio– reconocen la polisémica posición de los vocablos, además de tener en cuenta “el contexto extralingüístico: la relación emisor–destinatario, el canal de comunicación, el momento en que la comunicación tiene lugar o el tipo de texto” (Gómez, 2023: 56).

En suma, la inteligencia artificial conjuga conocimientos y saberes derivados de disciplinas en campos de prácticamente todas las ciencias, pero también ha dado lugar a la emergencia de nuevas orientaciones en el terreno de lo que genéricamente llamamos *ciencias cognitivas*. Han llegado éstas para producir nuevos discursos y prácticas. Lo que sorprende es que en muchos centros universitarios se muestren reacios a admitir en su seno las problemáticas que trae consigo todo este nuevo tipo de saberes. Quizá una de las residencias venga de ese antiguo desdén o miedo por todo aquello que implique matemáticas, y en cualquiera de los enfoques de IA (simbólico o subsimbólico) hay matemáticas.

Por eso en este libro hemos examinado que la cuestión de “las dos culturas” representa una auténtica barrera para la valoración de los alcances de la tecnología cibernética y temas tales como la interfaz sintaxis–semántica. Pero la realidad se irá imponiendo poco a poco, como ha ocurrido con otros cambios tecnológicos.

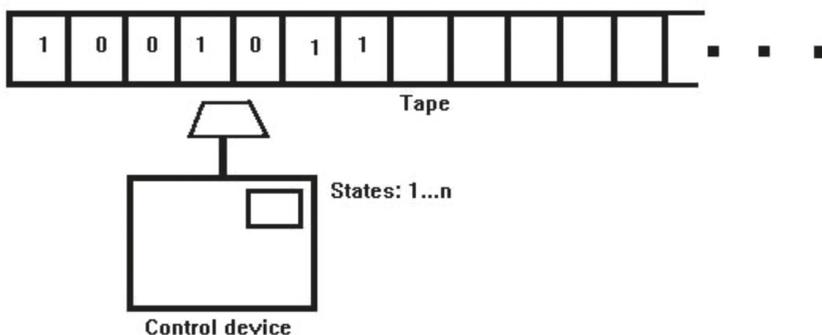
Las creencias son revisables

Se ha desarrollado un espacio de investigación y reflexión para examinar las creencias: se denomina *revisión de creencias*. Como acabamos de registrar, para que esta posición pueda darse ha de existir –como condición necesaria– una comunidad a la que la sociedad le haya concedido la capacidad de hacer confrontación de ideas y también de generar nuevas ideas. Es el lugar de las universidades y los institutos de investigación que, como hemos visto, surgieron bajo circunstancias particulares.

La *revisión de creencias* es el proceso de evaluar y examinar nuestras creencias con el fin de determinar su validez y relevancia. La revisión de creencias es una parte importante del pensamiento crítico y la formación de opiniones bien fundamentadas, ya que nos permite evaluar las ideas que creemos verdaderas y, en su caso, modificarlas o abandonarlas si no son sólidas o no están respaldadas por evidencia adecuada. Lo cual, se debe insistir, requiere de un contexto de libertad de pensamiento y de investigación.

La revisión de creencias puede incluir la consideración de nueva información o evidencia, la evaluación de la lógica y la coherencia de nuestras creencias, y la comparación de nuestras creencias con las creencias y opiniones de otros. También puede incluir la evaluación de cómo nuestras creencias afectan nuestro comportamiento y decisiones.

La revisión de creencias es importante porque nos permite mantener un pensamiento crítico y evitar la rigidez y la obstinación en nuestras opiniones. También puede ayudarnos a tener una comprensión más profunda y completa del mundo y de nosotros mismos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la revisión de creencias no significa abandonar todas nuestras creencias, sino evaluarlas críticamente y estar abiertos a cambiarlas si no están respaldadas por evidencia sólida o si han sido desacreditadas por nueva información.



Fuente: imagen bajo licencia de CC BY-SA.

Sólo en las comunidades de indagación, pensadas por Peirce, se tienen elementos para la *revisión de creencias*. Entre otras posibilidades, se pueden anotar las siguientes ramas de conocimiento que coadyuban a dicho proceso. Hay varios sistemas de

las lógicas que pueden ser adecuados para la revisión de creencias, y también disciplinas científicas que sirven a este propósito. Algunas de las más relevantes serían:

Lógica formal o lógica simbólica. Si asumimos que las lógicas tienen tanto un componente teórico como un componente práctico o aplicado (a veces denominado “arte de la lógica”) entendemos que si la lógica en general se centra en la estructura de los argumentos y en la forma en que se relacionan las premisas con las conclusiones, se comprende que algunos elementos de lógica simbólica pueden ser útiles para evaluar la *coherencia* y la *validez* de las creencias. Por ejemplo, sirven para identificar argumentos falaces o incongruentes.

Lógica inductiva. Forma de razonamiento o de generación de conocimiento mediante la cual se extraen conclusiones generales a partir de un conjunto de observaciones particulares. La lógica inductiva, por ejemplo, por medio de la *probabilidad*, puede ser útil para revisar creencias basadas en la observación o en la experiencia.

Epistemología. Se centra en la naturaleza del conocimiento y en cómo lo adquirimos. La epistemología puede ser útil para revisar creencias basadas en la ciencia y en la evidencia empírica. Aunque no de manera individual, sino como parte de una comunidad de investigación. La epistemología se ocupa de los temas que tienen que ver con el conocimiento y la verdad. Ha proporcionado un marco para entender cómo adquirimos y evaluamos el conocimiento y ha hecho hincapié en la importancia de la revisión constante de nuestras creencias.

Psicología cognitiva. Proporciona una comprensión amplia e incluso experimental de los procesos cognitivos que influyen en nuestras creencias y opiniones, y hace hincapié en la importancia de la revisión constante de nuestras creencias. Este dominio ha sido aplicado en la investigación sobre los sistemas de creencias para entender cómo los sujetos construyen, mantienen y modifican sus creencias a lo largo del tiempo. La psicología cognitiva ha demostrado que las creencias están estrechamente relacionadas con procesos mentales, como la atención, la memoria y la toma de decisiones.

Ahora bien, entre los grandes desarrollos de los sistemas lógicos, más allá de la versión clásica de la lógica, encontramos procesamientos y cálculos que sirven para comprender los alcances y límites de una teoría de la mente y del razonamiento. Uno de esos desarrollos es la lógica no monotónica, un tipo de lógica que se utiliza para representar el razonamiento humano y otros tipos de razonamiento que no

cumplen con la lógica clásica o la lógica proposicional. Se caracteriza por permitir la revisión de creencias tomando en cuenta información nueva y confusa.

Una lógica de las creencias

Como hemos visto, el estudio de las creencias es un tema central en algunas disciplinas —en el terreno de las ciencias sociales y las humanidades— como la psicología, la sociología, la antropología y la filosofía. Cada una con sus peculiares enfoques teóricos y su respectivo campo de indagación. Puesto que las creencias son un aspecto fundamental de la cognición humana, es innegable que desempeñan un papel bastante significativo en la formación de la identidad individual y colectiva; en particular, una pluralidad de creencias está imbricada en relación con la toma de decisiones y también son indesligables de toda conducta social. En específico, para investigar las creencias se han desarrollado diferentes enfoques y teorías, incluyendo diferentes tipos de lógicas que permiten analizar y comprender los sistemas de creencias. En este sentido, resulta importante explorar y comparar estas diferentes lógicas, para comprender mejor las formas en que las creencias se desarrollan, se mantienen y cambian a lo largo del tiempo.

Entre los desarrollos teóricos podemos anotar fundamentalmente dos: la lógica epistémica dinámica y la lógica de revisión de creencias. Aunque tienen múltiples aplicaciones técnicas y tecnológicas (por ejemplo, en el diseño y funcionamiento de los cajeros automáticos que usamos), en el presente texto nos interesa destacar que se trata de dos herramientas teóricas para el estudio de la forma en que las personas procesamos, actualizamos y cambiamos nuestros sistemas de creencias (Nillson, 2019, cap. 1).

Ambas teorías son de gran interés para los investigadores en el campo de la inteligencia artificial, ya que pueden ser utilizadas para desarrollar algoritmos y sistemas de aprendizaje automático capaces de actualizar y modificar sus sistemas de creencias en respuesta a nuevos datos y experiencias.

La lógica epistémica dinámica se enfoca en el estudio de los cambios en las creencias que ocurren como resultado de la comunicación y la interacción social. Surgió en la década de 1980 como una extensión de la lógica epistémica, con el objetivo de modelar el cambio de conocimiento y creencias en situaciones en las que hay múltiples agentes interactivos. Se trata de una teoría aplicada en la programación de sistemas de inteligencia artificial, específicamente en el diseño de agentes inteligentes capaces de razonar (también llamados “agentes epistémicos”) sobre su propio conocimiento y el de otros agentes, lo que les permite interactuar de manera más

efectiva en entornos complejos y cambiantes. Dos publicaciones resultan de interés más allá de los temas propios de ingeniería de sistemas: *Dynamic Epistemic Logic* (DEL) de Hans van Ditmarsch *et al.* (2016), y *Reasoning about Knowledge* de Ronald Fagin *et al.* (2004).³

Algunos de los autores principales en el desarrollo de la lógica epistémica dinámica incluyen a Johan van Benthem, Joseph Halpern, Ron Fagin y Moshe Vardi. Estos investigadores han contribuido significativamente al desarrollo de la teoría de la lógica epistémica dinámica, proporcionando herramientas formales para la modelización de sistemas de creencias y conocimiento en entornos interactivos y dinámicos.

Por lo que se refiere a la lógica de revisión de creencias, ésta se centra en la forma en que las creencias se modifican en respuesta a nuevas pruebas o información. En particular, esta lógica es utilizada en el diseño de sistemas de inteligencia artificial capaces de adaptarse y aprender de manera autónoma, lo que es fundamental en la creación de sistemas de toma de decisiones más precisos y eficientes (Crane, 2022; Obasi, 2022).

El concepto de lógica no monotónica se desarrolló en la década de 1980, principalmente por los filósofos John McCarthy y Raymond Reiter. Fue creado para resolver problemas que la lógica clásica no podía resolver, como el razonamiento con información incompleta o incierta (Antoniou, 1997; Carabantes, 2016).

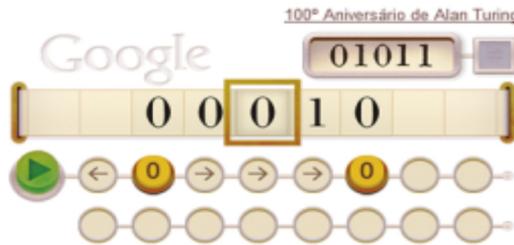
Lógica no monotónica y razonamiento por defecto

La lógica no monotónica se usa en muchos campos, incluyendo la inteligencia artificial, la informática, la filosofía y la psicología. Permite la revisión de creencias y la toma en cuenta de información nueva y confusa, lo que es esencial en muchos contextos en los que se necesitan sistemas de razonamiento autónomos que puedan adaptarse a nuevos datos. La lógica no monotónica se inventó en la década de 1980 para resolver problemas que la lógica clásica no podía resolver, y se utiliza en muchos campos para representar el razonamiento humano y otros tipos de razonamiento que no cumplen con la lógica clásica o la lógica proposicional.

En particular, podemos señalar a la *lógica no monotónica* como un campo vinculado con lo que se denomina *razonamiento por defecto*. Este último es un tipo de

³ Este segundo libro está considerado un clásico pues comprende una introducción completa a la lógica epistémica y su aplicación en el razonamiento sobre el conocimiento y las creencias.

razonamiento que se basa en la ausencia de información o evidencia en contra de una creencia o afirmación. En este tipo de razonamiento se asume que una creencia es verdadera hasta que se demuestre lo contrario.



Fuente: imagen bajo licencia de CC BY-SA.

El razonamiento por defecto se utiliza a menudo en situaciones en las que no hay suficiente información o evidencia para determinar la verdad de una creencia, puede asumirse como una forma provisional de llegar a una conclusión. Sin embargo, también es importante considerar que este tipo de razonamiento puede ser engañoso y que la verdad de una creencia o afirmación no puede ser determinada simplemente por la ausencia de evidencia en contra.

Una teoría o un razonamiento por defecto consiste en un conjunto de hechos que representan alguna información cierta, pero generalmente incompleta, sobre el mundo; igualmente, representa un conjunto de valores predeterminados que sancionan conclusiones *plausibles*, aunque no necesariamente verdaderas. *Eso significa que es posible que algunas conclusiones deban revisarse cuando haya más información disponible.* Un ejemplo simple de un valor determinado mediante los siguientes predicados:

Px : x es pájaro

Vx : x vuela

Se lee como “Si x es un pájaro y si es consistente suponer que x vuela, entonces concluya que x vuela”. O mediante un esquema:

$$\frac{P(x) : V(x)}{V(x)}$$

En ausencia de conocimiento en contrario, es razonable suponer que un pájaro en particular puede volar, más simplemente “por lo general (‘típicamente’) los pájaros vuelan”. Dada la información de que *Piolín* es un pájaro, podemos concluir que vuela. Pero si luego nos enteramos de que no puede volar, por ejemplo, porque es un pingüino, entonces el valor determinado se vuelve inaplicable: ¡ya no podemos asumir que Piolín vuela! Así, nuestro comportamiento lógico es no monotónico (Antoniou, 1997: 19 y ss.).

El ejemplo anterior, que sirve de base pedagógica en estos temas, bien puede ser sustituido por la descripción de la resolución de un juez. En principio, el juzgador tiene en un caso una serie de elementos para llegar a una resolución. Esos elementos son uno de hecho y otros de derecho. Suele ocurrir que durante el juicio se presenten pruebas *supervinientes*, algunas de las cuales obligan al juez a reconsiderar el punto de vista y las conclusiones a las que había llegado anteriormente. Se corrigen los planteamientos y se obtiene otra conclusión o resolución del caso en cuestión.

La lógica no monotónica puede ser útil para la revisión de creencias, puesto que se enfoca en *cómo el conocimiento evoluciona y cambia a medida que se adquiere nueva información*. En lugar de asumir que las premisas o creencias iniciales son verdaderas y permanentes (como se hace, por ejemplo, en la lógica deductiva clásica), la lógica no monotónica permite que se retiren o se modifiquen las creencias a medida que se adquiere nueva información. La lógica no monotónica desempeña un papel importante en la computación y la inteligencia artificial, ya que permite a las máquinas tomar decisiones y llegar a conclusiones en situaciones inciertas o cambiantes. En lugar de seguir reglas fijas y determinísticas, la lógica no monotónica permite a las máquinas considerar múltiples posibilidades y elegir la mejor opción basada en la información disponible en un momento dado.

Por ejemplo, en un sistema de inteligencia artificial basado en lógica no monotónica, la máquina podría tener una creencia inicial sobre un evento, pero podría cambiar su creencia a medida que se recibe más información o evidencia. Esto es diferente de los sistemas basados en lógica clásica, que se sustentan en reglas fijas y no pueden cambiar sus conclusiones a medida que se recibe más información.

La lógica no monotónica también es útil en la resolución de problemas en áreas como la robótica, la inteligencia artificial del lenguaje natural y la toma de decisiones en sistemas complejos, donde la información es incierta o cambiante y es necesario considerar múltiples opciones y posibilidades antes de tomar una decisión.

Esto es importante porque muchas veces nuestras creencias y opiniones pueden ser incorrectas o incompletas, y la lógica no monotónica permite que seamos más flexibles y abiertos a cambiar nuestras opiniones cuando sea necesario. La lógica

no monotónica también es útil para modelar sistemas de creencias en los que éstas pueden cambiar con el tiempo y en función de la nueva información. Por lo tanto, la lógica no monotónica puede ser una herramienta útil para la revisión de creencias porque permite una evaluación más dinámica y flexible de nuestras creencias y opiniones. Esto puede ayudarnos a tener un pensamiento más crítico y a evitar la rigidez y la obstinación en nuestras opiniones.

¿De verdad estamos dispuestos a revisar nuestras creencias?

Ahora bien, todos tenemos creencias, ideas particulares sobre una infinidad de temas y asuntos de todo orden. Hemos sostenido que, debido a que cualquier creencia es falible, entonces ha de ser susceptible de ser revisada: lo cual no ocurre en todos los casos.

Nils J. Nilsson se pregunta en el último capítulo de su libro *Para una comprensión de las creencias*: “¿Por qué no habríamos de considerar también nuestras creencias cotidianas sólo como tentativas?” (Nilsson, 2019: 110).

Cualquiera podría suponer que, si bien no siempre es dable que las personas dejen de creer en una idea, al menos todos deberíamos estar dispuestos a modificar la fuerza o el grado de certidumbre de una creencia, basándonos en alguna nueva información y tras la discusión con otras personas. El instrumento formal de la *lógica no monotónica* nos advierte de cómo y por qué realizar una revisión de las creencias. Sin duda es una idealización porque la mayoría de la gente están (estamos) atrapados por creencias que no resisten la mínima evaluación crítica. En la *era de la posverdad* esta situación se ha acentuado. Incluso, los fanatismos y extremismos se han fortalecido en un mismo tiempo en que avanzan los conocimientos científicos y tecnológicos. (Por cierto, los pensadores *posmodernos* no dejan de repetir que la ciencia es un fiasco y la tecnología una maquinaria de manipulación).

Nilsson indicaba que existen razones psicológicas para estas “trampas de las creencias”. Agregamos que también se trata de visiones del mundo y de la vida que —como examinamos antes acerca de la historia de los conocimientos— abdican de la razón, el saber científico y al sentido crítico y autocrítico. El resultado es a veces el estancamiento en conjuntos de creencias, pero lo más frecuente es el efecto regresivo que, paradójicamente, es resultado del clima de “libertad de creencias” que se vive en las sociedades democráticas contemporáneas.

Entre otros muchos investigadores, Steven Pinker ha recopilado investigaciones de psicología social que nos hacen ver las dificultades para realmente tener creencias acordes con los avances del conocimiento científico y de la racionalidad.

Pinker (2018) argumenta que hay situaciones que pueden impedir la revisión de las creencias, incluso cuando se presenta evidencia que contradicen flagrantemente creencias que parecen muy arraigadas.



Steven Pinker, imagen bajo licencia de CC BY-NC.

Las formas de autoprotección de las creencias

En su libro *En defensa de la Ilustración*, Pinker argumenta que la mente humana está diseñada para proteger las creencias que tenemos y resistir el cambio, incluso cuando se presenta evidencia que contradice esas creencias. Este fenómeno se conoce como *sesgo de confirmación* y se refiere a la tendencia de las personas a buscar información que confirme sus creencias existentes y a ignorar o descartar información que las contradice. Desde “el siglo de las luces”, los pensadores críticos advirtieron claramente que se recurre a un montón de falacias (errores y engaños contrarios a la lógica) con tal de no mover ni un ápice las ideas asimiladas y anquilosadas. Desde Hume a Marx, desde Kant a Habermas, el discurso contrario al pensamiento crítico sólo redunda en el mantenimiento del *statu quo*.

Pinker también señala que hay factores emocionales y sociales que pueden impedir la revisión de las creencias, como el miedo a perder la identidad personal, la lealtad a un grupo social o la preocupación por el estatus. Estos factores pueden hacer que las personas se aferren a creencias erróneas, incluso cuando la evidencia sugiere lo contrario. Pinker sostiene que hay situaciones en las que las personas pueden tener dificultades para revisar sus creencias. Sin embargo, también señala que la revisión de las creencias es un aspecto fundamental del pensamiento crítico y que la superación de estos sesgos cognitivos es esencial para una toma de decisiones efectiva y para la comprensión precisa del mundo que nos rodea.

En las dos últimas décadas encontramos una serie de críticos cuyas obras se divulgan poco o nada en las áreas de las humanidades. Hay varios investigadores y filósofos que han abogado por la importancia del pensamiento crítico y la revisión de creencias. En esta lista se incluyen pensadores críticos como Daniel Kahneman, psicólogo y economista conductual, que ha investigado cómo la mente humana procesa la información y toma decisiones. Su trabajo demostró que las personas a menudo toman decisiones basadas en prejuicios y supuestos no conscientes. Ha abogado por la importancia de la reflexión y la revisión de las creencias para superar estos *sesgos cognitivos*.

Aunque se le menciona mucho en centros de educación superior, se conoce realmente poco sobre los asuntos explorados por Thomas Kuhn, filósofo de la ciencia e historiador estadounidense, quien argumentó que la ciencia progresa a partir de cambios de paradigma en lugar de una acumulación lineal de conocimiento. Según Kuhn, la revisión de las creencias y la adopción de nuevas teorías a menudo requiere una “revolución científica” que cambia fundamentalmente la forma en que se entiende un campo de estudio. Otro pensador y científico importante fue Carl Sagan, astrónomo y divulgador científico que abogó por la importancia del escepticismo y la revisión crítica de las creencias; argumentó que la ciencia y la razón son herramientas cruciales para comprender el mundo y evitar caer en la superstición y la pseudociencia.

Por su parte, Pinker (2018) propone varias estrategias para superar los obstáculos en la revisión de creencias y fomentar un pensamiento crítico más efectivo. Estas estrategias incluyen:

Fomentar la curiosidad. Pinker argumenta que la curiosidad es un motor clave del pensamiento crítico y que las personas deberían cultivar la curiosidad para estar más abiertos a nuevas ideas y perspectivas (coincide con otros como es el caso de Nilsson (2019) que mencionamos al inicio de este apartado).

Buscar evidencia contraria. Pinker sugiere que las personas deben hacer un esfuerzo consciente para buscar activamente la evidencia que contradice sus creencias, en lugar de simplemente buscar la información que las confirma. Nos parece que se refiere a los falsos negativos y los falsos positivos.⁴ Es importante tener en cuenta que los falsos negativos y los falsos positivos pueden tener consecuencias significativas en la toma de decisiones. Por ejemplo, un falso negativo en una prueba de detección de una enfermedad podría retrasar el tratamiento necesario, mientras que un falso positivo podría provocar una intervención innecesaria y costosa. Por esta razón, es importante que los profesionales de la salud, los investigadores y otros expertos entiendan los conceptos de falsos negativos y falsos positivos, y trabajen para minimizar la probabilidad de que ocurran estos errores en las pruebas y evaluaciones.

Practicar el escepticismo. Pinker argumenta que el escepticismo es esencial para un pensamiento crítico efectivo y que las personas deben cuestionar las afirmaciones y las fuentes de información en lugar de aceptarlas de manera acrítica.

Exponerse a diferentes perspectivas. Pinker sostiene que las personas deben exponerse a una variedad de perspectivas y puntos de vista, incluso aquellos con los que no están de acuerdo, para ampliar su comprensión del mundo y fomentar un pensamiento crítico más efectivo (Pinker, 2018, tercera parte).

Entonces, existen caminos para el despliegue del pensamiento crítico. Todos ellos deberían redundar en la revisión de creencias. El problema sigue siendo que cada vez más se refuerzan los factores para impedir el pensamiento crítico, lo que se traduce en opiniones expresadas sin mayor control argumentativo o lógico.

⁴ Los falsos negativos y los falsos positivos son términos utilizados en estadística y en pruebas de diagnóstico para describir errores en la clasificación de resultados. Ambos términos se refieren a situaciones en las que la prueba o la evaluación produce un resultado incorrecto. Un falso negativo se produce cuando una prueba o evaluación indica que algo no está presente o no es verdadero, cuando en realidad lo está. Por ejemplo, un falso negativo en una prueba de embarazo indicaría que una mujer no está embarazada cuando en realidad sí lo está. Por otro lado, un falso positivo se produce cuando una prueba o evaluación indica que algo está presente o es verdadero, cuando en realidad no lo está. Por ejemplo, un falso positivo en una prueba de drogas podría indicar que alguien ha consumido drogas cuando en realidad no las ha consumido.

Los sesgos cognitivos e inferencias no lógicas

Nilsson (2019) distingue cinco errores de razonamiento que pueden afectar la formación y la revisión de las creencias. Estos errores son los siguientes:

- *Error de observación.* Este error se produce cuando las observaciones o la evidencia se interpretan de manera incorrecta o sesgada. Por ejemplo, una persona que cree que todos los perros son peligrosos podría estar sesgada por una experiencia negativa con un perro en el pasado.
- *Error de inferencia.* Este error se produce cuando se llega a una conclusión incorrecta a partir de la evidencia disponible. Por ejemplo, si una persona concluye que un amigo es deshonesto porque no le ha devuelto un libro que le prestó, podría estar cometiendo un error de inferencia.
- *Error de generalización.* Este error se produce cuando se llega a una conclusión demasiado amplia basada en evidencia limitada. Por ejemplo, si una persona concluye que todas las personas de una determinada religión son intolerantes porque conoció a una persona intolerante de esa religión, podría estar cometiendo un error de generalización.
- *Error de correlación falsa.* Este error se produce cuando se asume que dos eventos o factores están relacionados entre sí, aunque en realidad no lo están. Por ejemplo, si una persona cree que su equipo deportivo siempre pierde cuando usa su camiseta de la suerte, podría estar cometiendo un error de correlación falsa.
- *Error de falta de perspectiva.* Este error se produce cuando se toma una decisión basada únicamente en la información disponible en ese momento, sin considerar otros factores relevantes. Por ejemplo, si una persona decide no hacer ejercicio porque está demasiado ocupada, podría estar cometiendo un error de falta de perspectiva si no considera los beneficios a largo plazo para su salud (Nilsson, 2019: 113 y ss).

Señala Nilsson que los investigadores del cerebro han identificado *regiones del cerebro* que parecen estar involucradas en *el razonamiento no lógico*.

Según Nilsson, estos hallazgos sugieren que el razonamiento no lógico puede ser *una función cognitiva adaptativa* que nos permite hacer juicios rápidos y tomar decisiones en situaciones complejas. Puede decirse, entonces, que habría alguna condición previa en nuestro funcionamiento cerebral y neuronal que nos impide cambiar un sistema de creencias, más allá de las situaciones culturales y sociales que, desde

luego, también influyen de manera muy poderosa (Bunge, 2020; Pinker, 2019; Corballis, 2014; Larson, 2023).

Por su parte, Nilsson también argumenta que el razonamiento no lógico puede ser beneficioso en algunos casos, como en situaciones en las que se requiere una toma de decisiones rápida o en la resolución de problemas complejos. Sin embargo, también señala que el razonamiento no lógico puede llevar a errores y sesgos cognitivos si se utiliza de manera inapropiada (Nilsson, 2019: 106-109).

En general, los hallazgos de los investigadores del cerebro sugieren que el razonamiento humano es un proceso complejo y multifacético que involucra múltiples regiones cerebrales. La comprensión de cómo funciona el cerebro en el razonamiento y la toma de decisiones puede ser útil para mejorar la capacidad de las personas para pensar críticamente y tomar decisiones informadas (véase Crane, 2022: cap. III). Pero también nos revela cuáles son los alcances de nuestras creencias y como su dinámica está sujeta a elementos tanto externos como internos. Lo cual hace ver que se trata de sistemas muy complejos y que requieren de estudios multidisciplinarios.

Los sesgos cognitivos y las inferencias no lógicas

Nils Nilsson (2019), en su libro *Para una comprensión de las creencias*, habla de varios errores en el razonamiento y falacias que pueden afectar la formación y la revisión de las creencias. Algunos de estos errores incluyen:

- *Error de abducción.* Se produce cuando se llega a una conclusión basada en una explicación plausible pero que no está respaldada por evidencia sólida. Por ejemplo, si una persona cree que una enfermedad es causada por un virus simplemente porque la mayoría de las personas que la tienen presentan síntomas similares podría estar cometiendo un error de abducción.
- *Falacia del apostador.* Se produce cuando se cree que eventos independientes están relacionados o que los resultados anteriores influyen en los resultados futuros. Por ejemplo, si una persona cree que después de cinco lanzamientos consecutivos de una moneda que resultan en cara, la siguiente tirada será cruz, podría estar cometiendo la falacia del apostador.
- *Falacia de la causa falsa.* Se produce cuando se asume que una causa está relacionada con un efecto sin una evidencia sólida para respaldarlo. Por ejemplo, si una persona cree que un amuleto puede curar una enfermedad simple-

mente porque lleva el amuleto y la enfermedad desaparece, podría estar cometiendo la falacia de la causa falsa.

- *Error de confirmación.* Se produce cuando se buscan selectivamente evidencias que respalden las creencias existentes, ignorando evidencia contraria. Por ejemplo, si una persona cree que los extraterrestres visitan la Tierra, puede ignorar la falta de pruebas sólidas que respalden esa creencia y sólo buscar información que respalde su punto de vista (Nilson, 2019: 115-116).

Igualmente, el tema de la “expansión de las creencias” es un asunto de importancia para las ciencias cognitivas. Esa ampliación de creencias se produce cuando una persona extiende una creencia existente a situaciones nuevas, aunque sin una evidencia sólida para respaldarla. En otras palabras, la persona amplía su creencia a un contexto que *va más allá de la evidencia disponible*.

Y es que todos tendemos a generalizar algo que hemos asimilado hacia otros casos no conocidos. Pero esta práctica, cuando se realiza sin cautela, nos lleva a cometer errores y sofismas. Por ejemplo, si una persona cree que es más seguro viajar en automóvil que en avión porque ha tenido buenas experiencias en sus viajes en automóvil, podría estar expandiendo su creencia a situaciones nuevas sin una evidencia sólida. En este caso, la persona podría ignorar la evidencia que sugiere que el transporte aéreo es en realidad más seguro que el transporte por carretera (sería un tipo de falacias en el razonamiento inductivo).

Si una persona extiende una creencia a un contexto que va más allá de la evidencia disponible, puede tomar decisiones basadas en información incompleta o incorrecta, lo que puede llevar a resultados negativos. Este error puede llevar a una toma de decisiones ineficaz y sesgos cognitivos.

Los sesgos cognitivos son patrones sistemáticos de pensamiento que desvían la toma de decisiones de la lógica y la evidencia objetiva. Son errores de razonamiento que pueden influir en nuestra percepción, memoria y juicio, y que a menudo están basados en suposiciones no conscientes.

Algunos ejemplos comunes de sesgos cognitivos incluyen:

- *Sesgo de confirmación.* Se produce cuando las personas buscan (solamente) información que confirma sus creencias preexistentes, y descartan o ignoran información que las contradice. Y es que hay una marcada tendencia de la mente a buscar información que respalde los puntos de vista que ya se tienen. También lleva a las personas a interpretar evidencia de manera que apoye sus creencias, expectativas o hipótesis previas. Por ejemplo, con-

siste en darle más valor a aquellas cosas hechas por nosotros mismos o que son nuestras únicamente porque nos pertenecen. El ejemplo más común es cuando una persona desea vender algo por un precio superior al adecuado, debido a que lo eleva por su valor personal. O bien, cuando el adolescente pondera –incluso hasta el delirio– los supuestos valores de su novia; sobre esos valores no admite ninguna objeción, matiz o la más leve crítica. Eso también se presenta en cuanto a los idearios políticos.

- *Sesgo de disponibilidad*. Se produce cuando las personas basan sus decisiones en la información más fácilmente disponible o más reciente, en lugar de buscar información más completa o precisa. El sesgo de disponibilidad, o de la información disponible, en la evaluación o interpretación de la probabilidad de ocurrencia de un evento. Por ejemplo, si una persona visita por primera vez un restaurante y recibe un mal servicio, puede pensar que ese establecimiento es malo o muy malo. Muy difícil es romper con ese sesgo que llamamos “la primera impresión”.
- *Sesgo de anclaje*. Este sesgo se produce cuando las personas basan sus decisiones en un punto de referencia inicial, incluso si ese punto de referencia no está relacionado con la decisión que se está tomando. Cuando no tenemos suficiente información solemos buscar un ancla que nos sirve como guía, incluso cuando significa ir en contra de la lógica. Por ejemplo, a la hora de determinar una cantidad sobre la que no estamos seguros, tomamos como punto de referencia la cifra más reciente que hemos escuchado, independientemente si ésta es relevante o no. Al centrarse en una primera información, un primer valor o elemento, es más difícil que la mente procese el impulso de tomar en consideración nuevas informaciones, nuevos valores o considere otras opciones.
- *Sesgo de confirmación retrospectiva*. Se produce cuando las personas ven patrones en los datos después de conocer el resultado, aunque esos patrones no eran evidentes antes de que se conociera el resultado. Es el llamado *hindsight bias*. Consiste en el error del juicio retrospectivo. También llamado prejuicio de retrospectiva o recapitulación. Se trata de un efecto que exalta los recuerdos recientes que se activa convenciéndote de haber previsto un acontecimiento, pero ese acontecimiento ya se conoce o incluso se ha producido. Es cuando alguien dice después, pero no antes: “Te lo dije”. Sucede cuando concluye un encuentro deportivo y alguno señala: “Yo sabía que iba a ganar X”. No sólo es un mero blofear, es una actitud mental.

- *Sesgo de la ilusión de control.* Se produce cuando las personas creen que tienen más control sobre una situación de lo que realmente tienen. Surge en situaciones donde los individuos creen que tienen cierta influencia o poder sobre los resultados, incluso cuando en realidad no tienen control o su capacidad de influencia es limitada. Por ejemplo, una persona en un juego de azar puede creer que tiene más control sobre los resultados de lo que realmente tiene, y puede actuar en consecuencia, tomando decisiones que podrían perjudicar sus posibilidades de ganar. Otro ejemplo podría ser una persona que cree que puede controlar su suerte o destino en situaciones fuera de su control, como en la salud o en las relaciones interpersonales. Es común entre fumadores empedernidos.
- *Sesgo de la aversión a la pérdida.* Se produce cuando las personas valoran más la evitación de pérdidas que la consecución de ganancias, incluso si la ganancia potencial es mayor que la pérdida potencial. Se basa en la idea de que las personas tienen una mayor sensibilidad al dolor de la pérdida que al placer de la ganancia, lo que lleva a tomar decisiones más conservadoras y a evitar riesgos. Hay personas que nunca toman grandes decisiones en su vida pensando que cualquier alternativa que tomen les va a conducir al fracaso y, por tanto, a una pérdida.

Ahora bien, el tema de los sesgos cognitivos presenta una cuestión clave a nivel individual y grupal: ¿son o no evitables tales sesgos? Según examinamos en el capítulo anterior, todos participamos en algún sistema de creencias. ¿Los sistemas de creencias no conducen a mirar el mundo, la sociedad, los valores, las aspiraciones desde cierto ángulo? En este sentido, muchos sesgos cognitivos proceden directamente de nuestros credos, sean religiosos, políticos, filosóficos. Entonces, la cuestión es que, de entrada, el hecho de asumir un sistema de creencias nos coloca en una posición parcial. O como suele decirse, “cada cabeza es un mundo”.

El riesgo de suponer que siempre se piensa y actúa con parcialidad es el relativismo. En esta *era de la posmodernidad* pareciera que se ha fortalecido el “imperio de la subjetividad” y que por consiguiente no habrá manera de entendernos unos con otros. La polarización social, auspiciada por los gobiernos populistas, contribuye a crear la incomunicación radical entre segmentos de la sociedad. Es un tema que se investiga en psicología social.

Pero hay otro aspecto en el análisis de los sesgos cognitivos: suponer que sólo el otro los tiene y yo no. De ahí que el tema no solamente esté sustentado por el funcionamiento cerebral (porque el cerebro tiene mecanismos de autoprotección, como ha subrayado Pinker (2019) en diversas oportunidades y con bases experimentales). También está el natural gregarismo que nos compele a imitar y repetir ideas y opiniones que privan en nuestras comunidades, impulsados por eso que llaman “identidad grupal” y el “anhelo de pertenencia”. Freud expone una serie de hipótesis sobre etiología de esta *alienación* social en sus escritos sobre la cultura y la sociedad. Es otra perspectiva teórica, pero coincide en el *perspectivismo* que se nos impone. La cuestión es si es posible salir de este laberinto, un dédalo que termina en la autocomplacencia y en anquilosamiento de un conjunto de creencias.

Daniel Kahneman, junto con Amos Tversky, desarrolló el concepto de “heurísticas y sesgos”, que se refiere a los patrones sistemáticos de pensamiento que pueden desviar la toma de decisiones de la lógica y la evidencia objetiva.

Kahneman también recibió el Premio Nobel de Economía en 2002 por su trabajo en la toma de decisiones bajo incertidumbre, basado en gran medida en la comprensión de los sesgos cognitivos y las heurísticas. El autor continuó estas investigaciones; en el libro *Ruido, una falla en el juicio humano* (2021), Kahneman y otros lograron establecer más datos empíricos sobre la influencia de los sesgos cognitivos.

Por su parte, Nilsson (2019: 119) incorpora el concepto de “razonamiento motivado” considerándolo un tipo de razonamiento influenciado por las emociones, los prejuicios y las creencias personales. El razonamiento motivado se refiere a la tendencia de las personas a interpretar la información de manera selectiva, buscando y aceptando información que confirma sus creencias existentes, y rechazando o ignorando información que las contradice (2019: 118-120).

En consecuencia, el razonamiento motivado se basa en la idea de que las personas a menudo tienen motivaciones no conscientes o conscientes que influyen en su pensamiento y su razonamiento. Estas motivaciones pueden incluir la necesidad *de mantener una imagen positiva de uno mismo, la lealtad a un grupo social o la adhesión a ciertas creencias o valores* (Nilson, 2019: 120).

El “razonamiento motivado” puede llevar a sesgos cognitivos y a una toma de decisiones ineficaz. Por ejemplo, una persona que cree que una determinada política es la correcta podría ignorar la evidencia que contradice su creencia, incluso si esa evidencia es sólida y relevante. Este sesgo puede llevar a una toma de decisiones que no está basada en la evidencia y que puede ser perjudicial.

Seguramente estas observaciones no son fáciles de asimilar –por ejemplo, si tomamos en cuenta las expresiones políticas y sociales de las polarizaciones que se renovaron en *la era de la posverdad*–, de manera que se trata de observaciones que deben incorporarse a las indagaciones epistemológicas que pretenden dar sustento a las metodologías que circulan en las instituciones universitarias. Todo un reto para las indagaciones multidisciplinares al respecto.

¿Creencias en las máquinas? Y el tema de la recursividad

Hasta aquí –siguiendo las ideas de Peirce (2012: 153) sobre la fijación de una creencia y el caso particular del método investigativo en tanto método falible– solamente consideramos los procedimientos humanos de la información, incluyendo los aspectos de las inferencias no lógicas y los sesgos cognitivos. Pero si examinamos el comportamiento de los dispositivos cibernéticos encontramos que en nuestro entorno –quizá en ese mismo momento cuando dispongamos un teléfono celular o de un ordenador–, usamos algún *objeto tecnológico inteligente* o incluso orientado por inteligencia artificial. Y es aquí donde entra el hecho de que esos dispositivos también tienen creencias. ¿Por qué se puede aseverar algo así?, ¿qué es lo que nos enseñan las máquinas respecto del tema de las creencias? Pionero en la computación, John McCarthy defendió que es correcto atribuir creencias a las máquinas inteligentes. Incluso a un termostato. Son instrucciones, ciertamente, pero sirven como creencias que la máquina en cuestión dirige y corrige, procesa información y toma decisiones.

Nilsson (2019: 102) señala que atribuimos creencias y otras cualidades mentales a los seres humanos porque hacerlo “nos ayuda a explicar y predecir su comportamiento”. Lo mismo aplica para objetos “como los robots y sistemas de cómputo”. En sentido estricto, las máquinas no tienen creencias como las personas las tienen. Las creencias son pensamientos o ideas que una persona considera verdaderas o probables. Las máquinas, por otro lado, no tienen la capacidad de tener creencias o estados mentales similares.

Aunque las máquinas pueden procesar información y tomar decisiones basadas en esa información, estas decisiones no están basadas en creencias. En cambio, *las máquinas utilizan algoritmos y modelos matemáticos para analizar datos y generar resultados*.

Cabe recordar que las máquinas no tienen emociones o intenciones como las tienen las personas, y, además, su comportamiento está limitado por las instrucciones que se les dieron y los datos a los que tienen acceso. En última instancia, las máquinas *no tienen la capacidad de creer o tener opiniones propias*.

No obstante, nadie podría señalar que sobre el tema se ha dicho la última palabra (Nilsson, 2019; Crane, 2022; Carabantes, 2016). Es cierto que hay un debate en la filosofía de la mente sobre si las máquinas pueden tener creencias o estados mentales similares a los de los seres humanos. Este debate se centra en la cuestión de si las máquinas son capaces de tener conciencia y de experimentar sensaciones subjetivas.

Algunos filósofos argumentan que las máquinas podrían tener creencias y otros estados mentales, basándose en la idea de que la mente es simplemente una función de procesamiento de información. Según esta perspectiva, si una máquina es lo suficientemente compleja y está programada de la manera correcta, podría desarrollar estados mentales similares a los de los seres humanos.

Por otro lado, otros filósofos argumentan que las máquinas no pueden tener creencias o estados mentales porque estas experiencias requieren una conciencia subjetiva y un sentido de sí mismo que las máquinas no poseen. Según esta perspectiva, la experiencia subjetiva y la conciencia son características exclusivas de los seres vivos y no pueden ser replicadas por una máquina.

No podemos concluir este punto sin admitir que continúa el debate en la filosofía de la mente sobre si las máquinas pueden tener creencias y estados mentales similares a los de los seres humanos, y no hay una respuesta definitiva a esta pregunta en este momento. Aun cuando los psicólogos y los especialistas en neurociencias aún no saben mucho acerca de qué son exactamente las creencias o cómo están representadas en el cerebro humano, los ingenieros saben exactamente cómo está representado el conocimiento en los robots y en los sistemas de cómputo que construyen (Nilsson, 2019: 103; Crane, 2022: caps. III y IV; Carabantes, 2016). Por ejemplo, la mente y el cerebro operan de manera recursiva.

La mente recursiva permite la articulación del lenguaje

La recursividad es un concepto importante en la comprensión de cómo funciona la mente humana. Se refiere a la capacidad de la mente para referirse a sí misma y a sus propios procesos, y para generar estructuras complejas a partir de elementos más simples. En la mente humana, la recursividad se puede observar en muchos procesos cognitivos diferentes (Corballis, 2014).

Y es que una propiedad del lenguaje es la *autorreferencia*. No sólo pronuncio la palabra “amor” sino que puedo referirme a ella diciendo que “es un sustantivo”. Es la autorreferencia la capacidad que tiene un enunciado, no de designar un objeto del mundo, sino de referirse a sí mismo, correspondiente a la capacidad que tiene

el lenguaje de poder hablar del lenguaje. Se habla de significado autorreferencial cuando el significado de una frase o de una expresión lingüística alude a su enunciación.

Las investigaciones en IA muestran que la autorreferencia del lenguaje permite la generación de *estructuras recursivas*. Pero debemos recordar que la recursividad es un concepto matemático que se refiere a la capacidad de una función o proceso para referirse a sí mismo en su propia definición o ejecución. La hipótesis de estructuras recursivas en la mente humana pretende explicar la autorreferencia del lenguaje.

La recursividad y la autorreferencia son importantes en el lenguaje natural y en la gramática, ya que permiten la construcción de oraciones y discursos complejos a partir de unidades más simples. También son fundamentales en la comprensión y producción de metáforas, ironías y otras figuras retóricas.

Pero también tienen que ver con las paradojas. Por ejemplo, en la frase “Esta oración es falsa”, la oración se refiere a sí misma, lo que crea una estructura recursiva. Si la oración es verdadera, entonces la afirmación es falsa, pero si la oración es falsa, entonces la afirmación es verdadera. Esto crea un bucle recursivo [véase más adelante] que no tiene solución. Es la célebre paradoja de Epiménides o la llamada “paradoja del mentiroso”. Se trata de un tema de lógica y también de ética. Veamos sólo el primero.

Si las paradojas de autorreferencia son declaraciones que se refieren a sí mismas, pueden generar un conflicto lógico o una contradicción en la definición o el significado de la declaración. Estas paradojas a menudo se basan en la recursividad y la autorreferencia del lenguaje y el pensamiento.

Un ejemplo prototípico de autorreferencia en lógica y semántica es la paradoja del barbero, propuesta por Bertrand Russell, que plantea la pregunta: “¿Quién afeita al barbero?”. Si el barbero afeita a todas las personas que no se afeitan a sí mismas, entonces, ¿quién afeita al barbero? Si el barbero se afeita a sí mismo, entonces no es cierto que él afeita a todas las personas que no se afeitan a sí mismas. Esto también crea un bucle recursivo que no tiene solución.

Estas paradojas son importantes en la comprensión de la recursividad y la autorreferencia del lenguaje y el pensamiento humano. Muestran que la capacidad de referirse a sí mismo puede llevar a contradicciones y problemas lógicos, y que la recursividad es un aspecto complejo y a menudo desconcertante del pensamiento humano.

Otro aspecto de la recursividad se manifiesta en la capacidad de combinar oraciones simples para crear oraciones más complejas. Esto permite que el lenguaje sea flexible y adaptable a diferentes contextos y situaciones. Por eso se ha considerado que los procedimientos recursivos están en los orígenes del lenguaje humano, el pensamiento y la civilización. Michael Corvallis (2014), en su libro *La mente*

recursiva, parte del supuesto de que la emergencia del pensamiento humano arcaico se debió más a elementos cerebrales que propiamente físicos (posición erecta, visión estereoscópica, etcétera). Señala Corballis:

Me centro en dos modos del pensamiento recursivo y probablemente característicamente humanos. Uno es el viaje temporal mental, la capacidad de evocar episodios del pasado en la mente y la de imaginar episodios futuros [...] El segundo aspecto del pensamiento es lo que se conoce como teoría de la mente: la capacidad de entender qué pasa con la mente de los demás. También esto es recursivo (2014: 9-10 y 12).

Lo último tiene que ver con que cualquier conversación es posible si se comparten estructuras mentales correlativas.

Por otro lado, la recursividad también es un componente importante del pensamiento abstracto y la creatividad. Los procesos recursivos permiten a la mente explorar diferentes posibilidades y generar nuevas ideas a partir de elementos existentes. La recursividad también es esencial en el aprendizaje y la resolución de problemas. A partir de procesos recursivos, la mente puede construir modelos mentales de la realidad y utilizarlos para generar y evaluar hipótesis sobre el mundo.

En síntesis, la mente humana opera de manera recursiva en muchos procesos cognitivos diferentes, incluyendo el lenguaje, el pensamiento abstracto, la creatividad, el aprendizaje y la resolución de problemas. La recursividad permite que la mente genere estructuras complejas a partir de elementos simples, y es esencial para la flexibilidad y la adaptabilidad del pensamiento humano. En consecuencia, una de las propiedades del funcionamiento de la mente es la recursividad. Por otra parte, las funciones recursivas se utilizan generalmente para realizar cálculos repetitivos y para resolver problemas que se pueden dividir en subproblemas más simples.

También los diferentes sistemas lógicos operan con recursividad (asunto que no se muestra por lo común en las exposiciones didácticas de lógica para humanistas). La recursividad es una propiedad que se refiere a la capacidad de un proceso o función para llamarse a sí mismo repetidamente. En la lógica y la teoría de la computación, la recursividad se utiliza para construir sistemas lógicos más complejos a partir de sistemas más simples. En particular, la recursividad se utiliza en los sistemas lógicos para definir y manipular proposiciones y conjuntos de proposiciones de manera recursiva.

Por ejemplo, en la lógica proposicional se pueden construir proposiciones complejas a partir de otras más simples mediante el uso de operadores lógicos, como la negación, la conjunción y la disyunción. Los operadores lógicos reflejan el uso de

las “expresiones lógicas” en el discurso ordinario; según la lógica clásica: “y”, “o”, “si”, “no”, etcétera.

Cada parte de los sistemas lógicos tiene sus operadores, y justamente es esto lo que hace la diferencia entre las diversas lógicas: clásica, modal, epistémica, deóntica, etcétera. Pues bien, estos operadores lógicos pueden aplicarse recursivamente para construir proposiciones cada vez más complejas, que a su vez pueden utilizarse como componentes para construir proposiciones aún más complejas. “Muero” [M] es una proposición simple, porque ninguna parte suya es otra proposición. “Muero o no muero” $[M \vee \neg M]$ es una proposición compuesta, en la cual intervienen dos operadores lógicos que *unen* el enunciado. “Si muero o no muero, y no muero, entonces muero” $[(M \vee \neg M) \& \neg M] \rightarrow M$ es una proposición compuesta que manifiesta algo del orden de la recursividad en el sistema de lógica proposicional.

Por otro lado, en la lógica de primer orden, la recursividad se utiliza para definir conjuntos de objetos matemáticos, como números o funciones, de manera recursiva. Por ejemplo, el conjunto de los números naturales se puede definir recursivamente como el conjunto que contiene al número 0 y a cualquier número que se pueda obtener sumando 1 a un número natural existente.⁵

Asimismo, en la teoría de la computación, la recursividad se utiliza para definir y manipular funciones de manera recursiva. Por ejemplo, una función factorial se puede definir recursivamente como el producto de un número y la factorial del número anterior, hasta llegar al número 1. Es decir, una función recursiva se llama a sí misma repetidamente, utilizando resultados anteriores para calcular nuevos resultados. Por consiguiente, la recursividad es una técnica importante en la programación, ya que permite escribir programas más concisos y elegantes que utilizan estructuras

⁵ Por ejemplo, la definición recursiva del conjunto de los números naturales, N, en lógica de primer orden es la siguiente: a) la condición base establece que 0 es un número natural: N(0); b) la regla de recursión establece que, si n es un número natural, entonces su sucesor n+1 también es un número natural: para todo n, si N(n), entonces N(n+1). La regla de recursión se puede aplicar repetidamente para construir todos los números naturales a partir de 0. Es decir, si tenemos 0, entonces podemos aplicar la regla de recursión para construir el número 1, luego podemos aplicar la regla de recursión nuevamente para construir el número 2, y así sucesivamente. Este mismo patrón de definición por recursividad se puede utilizar para definir otros conjuntos de objetos en lógica de primer orden, como conjuntos de funciones, relaciones, estructuras matemáticas y otros objetos matemáticos. En cada caso, se establece una condición base que define el objeto más simple del conjunto, y una regla de recursión que establece cómo se construyen los objetos más complejos a partir de objetos más simples.

de control de flujo más simples. En lugar de escribir un código largo y repetitivo para manejar cada subproblema, se puede escribir una única función recursiva que se llama a sí misma para manejar cada subproblema.⁶

El asunto complicado es cómo considerar que la mente humana procede de manera recursiva. Desde luego, se pueden invocar las articulaciones de nuestro lenguaje, para no entrar en consideraciones de orden formal o de programas computacionales.

En su libro *Gödel, Escher, Bach: un eterno y grácil bucle* (publicado originalmente en 1979 y abreviado *GEB*) —ampliado después con el libro *Yo soy un extraño bucle*, donde explica más detalladamente el surgimiento de la conciencia—, Douglas Hofstadter (2007), científico, filósofo y académico estadounidense, ofrece un argumento bastante convincente para sostener que la mente humana procede de manera recursiva. Hofstadter sostiene que la recursividad es una propiedad fundamental de la mente, y que es la clave para entender la capacidad humana para la abstracción, la creatividad, el pensamiento simbólico y otras características cognitivas complejas.

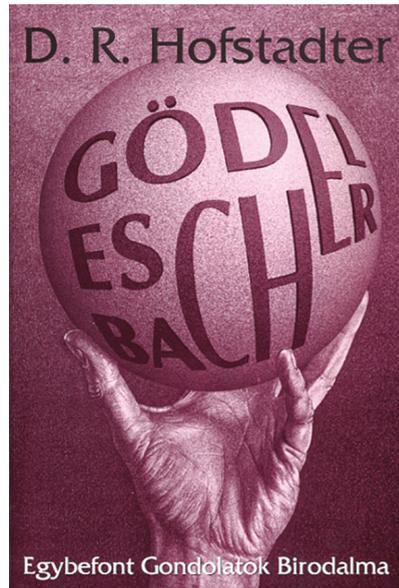
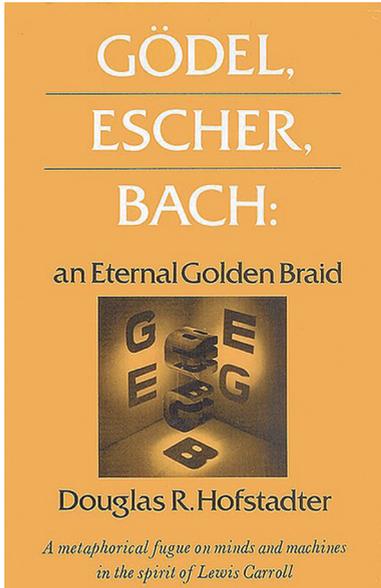
En su celebrado libro *GEB*, Hofstadter argumenta que la mente humana es capaz de hacer *bucles recursivos* que le permiten a ella procesar y comprender información compleja. Por ejemplo, cuando leemos una novela, nuestra mente hace un bucle recursivo que le permite comprender la trama, los personajes, el estilo y otros aspectos de la obra. Este bucle se repite una y otra vez a medida que avanzamos en la lectura, y es la clave para nuestra capacidad de comprensión y apreciación de la literatura.

Hofstadter también sostiene que la recursividad es fundamental para la creatividad y la abstracción. Cuando creamos una obra de arte, por ejemplo, nuestra mente hace un bucle recursivo que nos permite explorar diferentes ideas, formas y colores. Este bucle recursivo posibilita ir más allá de la realidad inmediata y crear algo nuevo y original.

No obstante que *GEB* está escrito en forma lúdica y con ilustraciones a la música y la expresión gráfica, además de las referencias a *Alicia en el país de las maravillas*, no suele figurar entre la bibliografía en los campos humanísticos. Hofstadter ofrece ahí argumentos convincentes para sostener que la mente humana procede de manera recursiva. Sostiene que la recursividad es fundamental para nuestra capacidad de comprensión, creatividad y abstracción, y que es la clave para entender muchas de las características cognitivas complejas que nos hacen humanos, porque es el proceso

⁶ Un ejemplo de una función recursiva es *la función de Fibonacci*, que se utiliza para calcular la secuencia de Fibonacci, la cual comienza con los números 0 y 1, y cada número siguiente es la suma de los dos números anteriores. La función de Fibonacci se define de manera recursiva como $F(n) = F(n-1) + F(n-2)$, donde $F(0) = 0$ y $F(1) = 1$.

mediante el cual han desplegado seres humanos en tiempos y circunstancias diversas, como es el caso del matemático K. Gödel, el músico J.S. Bach y el artista gráfico M.S. Escher, obras creativas y que pueblan la mente de otros seres humanos que admiran y comprenden esas obras realizadas por quienes han marcado de alguna manera los derroteros en ciencia, música y diseño.



Un sistema cerrado y la compulsión a la repetición

La lógica no solamente tiene que ver con la argumentación, puesto que para garantizar que una argumentación sea válida (es decir, aquella en la que si sus premisas son verdaderas su conclusión debe ser verdadera) el sistema lógico debe ser igualmente válido. Entre otras propiedades, un sistema lógico ha de estar “cerrado” y esto en un sentido definido. La clausura es una propiedad fundamental de los sistemas lógicos y establece que cualquier afirmación o proposición dentro del sistema puede ser expresada y evaluada dentro del mismo sistema. Esto significa que todas las afirmaciones dentro del sistema son verdaderas o falsas de acuerdo con las reglas de inferencia y definiciones establecidas en el propio sistema. La propiedad de clausura de

un sistema formal se refiere simplemente a la capacidad de un sistema para expresar y evaluar todas las afirmaciones y proposiciones dentro del mismo sistema.

Los bucles recursivos pueden surgir en sistemas lógicos y formales cuando una afirmación o proposición se refiere a sí misma de manera autorreferencial. Esto puede crear una paradoja o contradicción lógica dentro del sistema.

Por ejemplo, la *paradoja del mentiroso*, que mencionamos antes, es un ejemplo de una afirmación autorreferencial que crea un bucle recursivo y viola la clausura en los sistemas lógicos. La propiedad de clausura de un sistema formal se refiere simplemente a la capacidad de un sistema para expresar y evaluar todas las afirmaciones y proposiciones dentro del mismo sistema.

Los bucles recursivos y las paradojas son importantes para la teoría de los sistemas lógicos, ya que muestran que la clausura no siempre es posible en todos los sistemas lógicos y que algunos sistemas pueden ser incompletos o inconsistentes. Esto ha llevado a la búsqueda de sistemas lógicos más complejos y sofisticados que pueden manejar mejor las paradojas y las contradicciones.

Sin embargo, es importante advertir que no todos los sistemas formales son susceptibles a las paradojas y los bucles recursivos, y que muchos sistemas formales son consistentes y completos. Además, la mayoría de las personas pueden manejar la complejidad de los sistemas formales y las paradojas. Esto corresponde a otro tipo de lógica.

Los sistemas de lógica paraconsistente (Peña, 1991) asumen la existencia de contradicciones locales y buscan resolver los bucles recursivos y las paradojas que pueden surgir en sistemas formales. Estos sistemas lógicos son diseñados para permitir la coexistencia de proposiciones contradictorias o inconsistentes, y para permitir el razonamiento sobre ellas de manera coherente.

En los sistemas de lógica paraconsistente, las contradicciones locales son aceptadas como una realidad y se permite que coexistan proposiciones contradictorias ($p \ \& \ Np$).⁷ En lugar de eliminar todas las contradicciones del sistema, los sistemas paraconsistentes buscan resolver los bucles recursivos y las paradojas a partir de la introducción de nuevos principios o reglas que permitan el razonamiento coherente sobre las proposiciones contradictorias.

⁷ Aquí es importante distinguir dos tipos de negación lógica: la negación fuerte, de la forma “no es en absoluto cierto que”; y la negación débil o natural, de la forma “no ocurre que” o simplemente “no”. En un sistema paraconsistente, las contradicciones absolutas son rechazadas; sólo caben contradicciones respecto a la segunda manera de negar (Peña, 1991). La negación fuerte se representa así: \neg , en tanto que la otra se simboliza N . La fórmula ($p \ \& \ \neg p$) está excluida. La fórmula ($p \ \& \ Np$) forma parte del sistema.

Por ejemplo, en la lógica paraconsistente, se pueden introducir principios de aceptación parcial, que permiten la aceptación de proposiciones contradictorias en diferentes grados de verdad [véase más adelante sobre lógica difusa]. De esta manera, las proposiciones contradictorias pueden coexistir en el sistema y ser analizadas y evaluadas de manera coherente.

Por consiguiente, los sistemas de lógica paraconsistente son diseñados para asumir la existencia de contradicciones locales y para permitir el razonamiento coherente sobre proposiciones contradictorias. Estos sistemas buscan resolver los bucles recursivos y las paradojas que pueden surgir en sistemas formales y son una forma alternativa y útil de abordar la complejidad de la lógica y el razonamiento.



Maurits Cornelis Escher, *Manos dibujando, M.* Litografía, 1948.

Ahora bien, los sistemas de lógicas paraconsistentes, con diseños de lógica difusa, resultan aplicables en la programación informática y en la creación de programas cibernéticos. Las máquinas inteligentes que operan con sistemas paraconsistentes utilizan un enfoque lógico que permite la aceptación de proposiciones contradictorias o inconsistentes. Esto significa que estas máquinas pueden manejar información y datos que pueden contener contradicciones o inconsistencias y aun así realizar un razonamiento coherente.

Una forma en que las máquinas inteligentes operan con sistemas paraconsistentes es a partir del uso de lógicas no clásicas, que son sistemas lógicos que permiten la coexistencia de proposiciones contradictorias. Estos sistemas lógicos permiten a las

máquinas inteligentes trabajar con información que puede contener contradicciones o inconsistencias, sin tener que eliminar todas las contradicciones o tener que elegir una única respuesta como verdadera o falsa.

Además, las máquinas inteligentes que operan con sistemas paraconsistentes también pueden utilizar técnicas de incertidumbre y probabilidad para manejar la complejidad de la información. Estas técnicas permiten a las máquinas asignar diferentes grados de certeza o probabilidad a las proposiciones contradictorias, lo que les permite trabajar con información más compleja y realista.

En resolución, los sistemas lógicos clásicos o paraconsistentes no se han quedado exclusivamente en la teoría formal. Tienen demandas en cuanto a la revolución tecnológica y la producción industrial. Los avances en la tecnología de nuestro mundo actual exigen que las máquinas inteligentes operen con sistemas cada vez más sofisticados y complejos. Los sistemas paraconsistentes utilizan enfoques lógicos y técnicas de incertidumbre para manejar información que puede contener contradicciones o inconsistencias. Estas máquinas pueden trabajar con información más compleja, realista, y realizan razonamientos coherentes, incluso en situaciones donde las proposiciones son contradictorias. Representa un avance de la dialéctica, como soñaron muchos pensadores en la década de 1950. Hoy, sin embargo, la concepción de las contradicciones es bastante diferente a como la enunciaron Marx y Engels.

En este capítulo examinamos el tema de la recursividad y éste nos llevó a los bucles recursivos ante los cuales surge la cuestión de las contradicciones en un mismo sistema. Y es que existe una relación entre la recursividad y las lógicas paraconsistentes. La recursividad es, como subrayamos, un concepto matemático y lógico que se refiere a la capacidad de una función o proceso para referirse a sí mismo en su propia definición o ejecución. La lógica paraconsistente, por otro lado, es una rama de la lógica que permite la aceptación de proposiciones contradictorias o inconsistentes.

La relación entre la recursividad y las lógicas paraconsistentes se basa en el hecho de que la recursividad puede llevar a paradojas y contradicciones en los sistemas lógicos clásicos, que requieren la eliminación de todas las contradicciones. La lógica paraconsistente, por otro lado, permite la aceptación de proposiciones contradictorias, lo que le permite manejar la complejidad y la recursividad de una manera más efectiva.

La relación entre la recursividad y las lógicas paraconsistentes también se ve en la forma en que estas lógicas manejan la autorreferencia y las paradojas. Como señalamos, la autorreferencia es una forma de recursividad que se refiere a la capacidad del lenguaje para referirse a sí mismo, lo que puede llevar a paradojas y contradicciones. Las lógicas paraconsistentes admiten la coexistencia de proposiciones

contradictorias, lo que les permite manejar la autorreferencia y las paradojas de una manera más efectiva.

De esta manera, la recursividad y las lógicas paraconsistentes están relacionadas en el sentido de que la recursividad puede llevar a paradojas y contradicciones en los sistemas lógicos clásicos, mientras que las lógicas paraconsistentes permiten la aceptación de proposiciones contradictorias, lo que les permite manejar la complejidad de una manera más efectiva.

El sistema operativo de una computadora no funciona como la mente

Manuel Carabantes López (2016: 208) señala: “Mente y cerebro operan de manera circular, de lo particular a lo universal y viceversa que no se ajusta al funcionamiento de las computadoras electrónicas. Ciertamente, las computadoras funcionan en bucles, pero estos bucles no son como los del círculo hermenéutico”. Recordemos el segundo de estos conceptos. El círculo hermenéutico es un modelo interpretativo utilizado en las ciencias humanas y sociales para comprender la relación entre el intérprete y el objeto interpretado. Se refiere a la idea de que la comprensión de un texto o una obra de arte se logra a partir de un proceso iterativo en el que el intérprete se mueve constantemente entre el todo y las partes, en un proceso continuo de interpretación y reinterpretación (tal vez pueda verse en la perspectiva de la “mente recursiva”, aunque seguramente quienes se dedican a la hermenéutica no lo quieran ver así). El círculo hermenéutico se puede resumir de la siguiente manera: la comprensión de una parte de un texto o una obra de arte depende de la comprensión del todo, y viceversa. El proceso de interpretación, por lo tanto, implica la constante retroalimentación entre la comprensión de las partes y la comprensión del todo.

A diferencia del bucle de una computadora, el círculo hermenéutico no es un proceso mecánico y determinista. *En lugar de seguir un conjunto fijo de reglas, el proceso de interpretación es altamente subjetivo y depende de la perspectiva y las experiencias del intérprete.* Asimismo, el círculo hermenéutico también implica un grado de creatividad e imaginación, ya que el intérprete puede generar nuevas interpretaciones y perspectivas a medida que avanza en su comprensión del objeto interpretado.

Se distingue del bucle de una computadora en que no es un proceso mecánico y determinista, sino que implica la subjetividad, la creatividad y la constante retroalimentación entre la comprensión de las partes y la comprensión del todo. En contraste, en programación, un bucle es una estructura de control que permite repetir

una o más instrucciones varias veces. Es una forma de automatizar la ejecución de un conjunto de instrucciones y hacer que el programa sea más eficiente.

Existen dos tipos principales de bucles: el bucle “for” y el bucle “while”. El primero se utiliza cuando se sabe de antemano cuántas veces se debe repetir una instrucción. Por ejemplo, si se quiere imprimir los números del 1 al 10, se puede utilizar un bucle “for” para repetir la instrucción de imprimir un número 10 veces. El bucle “while”, por otro lado, se utiliza cuando no se sabe de antemano cuántas veces se debe repetir una instrucción, pero se tiene una condición que debe cumplirse para que se siga repitiendo.

Por ejemplo, si se quiere leer y procesar una lista de elementos, se puede utilizar un bucle “while” para repetir el proceso hasta que se hayan procesado todos los elementos de la lista. Los bucles son una herramienta poderosa en programación que permiten la automatización de tareas repetitivas y aumentan la eficiencia de los programas. Sin embargo, es importante tener cuidado al usar bucles para evitar bucles infinitos, en los que el programa se queda atrapado en una repetición infinita de una instrucción.

En los círculos o ciclos de una computadora “cada ciclo exige precisión absoluta propia de los lenguajes formales”, mientras que en “el círculo hermenéutico, tanto a nivel cerebral como mental, los ciclos van afinando las representaciones de una manera difusa, imprecisa y aproximativa” (Carabantes, 2016: 208). Y esta es una enorme diferencia entre el pensamiento humano, con todo y la recursividad de base, y los ciclos de funcionamiento de una máquina cibernética. La mente, en consecuencia, mantiene como “característica común más destacada [...] la imprecisión, la vaguedad, la tolerancia al fallo” (Carabantes, 2016: 208).

Ahora bien, es cierto que la recursividad es una propiedad importante de la mente humana que le permite procesar y comprender información compleja (como lo reseñó Hofstadter), pero parece más o menos claro que no es la única propiedad ni característica fundamental de la cognición humana. La mente es un fenómeno complejo y multifacético que involucra muchas propiedades y características diferentes.

Aunque sea verdad, hasta cierto punto, que la mente humana procede recursivamente, eso no significa que se reduzca a la recursividad (por ejemplo, Piaget, 1978; Morin, 2021; Chomsky, 2004). Por supuesto, la recursividad no debe echarse a un lado porque es una propiedad importante de la mente que le permite procesar y comprender información compleja. Sin embargo, como reconocen la mayoría de los filósofos de la mente, hay muchas otras propiedades y características que también son fundamentales para nuestra cognición.

Por ejemplo, la mente humana es capaz de la percepción, la memoria, el razonamiento, la emoción, la intuición y muchas otras funciones cognitivas que van más allá de la recursividad. La mente también está influenciada por factores biológicos, culturales, sociales y otros muchos que van más allá de la recursividad.

Además, la recursividad en sí misma es una propiedad compleja que implica muchos procesos cognitivos diferentes. Por ejemplo, la recursividad se utiliza en el lenguaje para construir oraciones complejas a partir de oraciones más simples, pero también se utiliza en la música para construir melodías y ritmos complejos a partir de patrones más simples (Corballis, 2014). La recursividad también se utiliza en la abstracción, la creatividad y otras funciones cognitivas complejas.

Michael Corballis (2014), psicólogo y neurólogo cognitivo, entiende la mente recursiva como una propiedad fundamental de la mente humana que nos permite crear y comprender estructuras complejas, en particular en el lenguaje y el pensamiento simbólico. Argumenta que la capacidad humana para esto último depende de nuestra capacidad para la recursividad. Incluso, expuso con amplitud cómo nuestros pensamientos sobre el tiempo tienen una clave recursiva. Sin embargo, también reconoce que no toda la mente es recursiva y que la recursividad puede tener limitaciones en términos de la complejidad de las estructuras que podemos crear y comprender (Corballis, 2014: 262-268).

Por ejemplo, la recursividad puede ser limitada por la capacidad de nuestra memoria de trabajo, que nos permite mantener y manipular información en la mente a corto plazo. Además, la recursividad puede ser limitada por nuestra capacidad para procesar información compleja y nuestra capacidad para construir modelos mentales precisos de nuestro entorno. Señala: “el lenguaje gramatical evolucionó para permitirnos comunicarnos acerca de acontecimientos que no tienen lugar aquí y ahora” (Corballis, 2014: 155). Es decir, concluye, nuestro lenguaje emplea estructuras recursivas, pero no siempre son determinantes para la narración de acontecimientos pasados o futuros. Existen persistentemente otros factores culturales que van más allá, como hemos visto a propósito de los alcances y límites de los sistemas de creencias.

A diferencia del bucle de una computadora, que es un proceso mecánico y determinista, los procesos mentales, incluyendo la comprensión de las partes y la comprensión del todo, son subjetivos, creativos y están sujetos a constantes retroalimentaciones. Los procesos mentales son altamente interactivos y dinámicos, y están influenciados por una variedad de factores, como la experiencia previa, las emociones, las expectativas y las creencias. Además, los procesos mentales no son lineales,

sino que pueden implicar múltiples niveles de procesamiento y retroalimentación constante entre la comprensión de las partes y la comprensión del todo.

En resumen, a diferencia del bucle de una computadora, que es un proceso mecánico y determinista, los procesos mentales humanos son altamente interactivos, dinámicos y no lineales, y además están influenciados por una variedad de factores, como la experiencia previa, las emociones, las expectativas y las creencias.

IV. Mecanicismo y mente mecánica

Existen dos maneras de comprender el mecanicismo: como visión general, esto es como *Weltanschauung*, y como “matriz epistémica”, como método para encontrar explicaciones sobre los procesos, sean naturales, mentales o sociales.

El mecanicismo, como cosmovisión, fue un movimiento que tuvo repercusiones en casi todas las ciencias y se edificó como una parte fundamental del paradigma que emergió de la revolución científica de los siglos XVI y XVII. Significó un contraste con el organicismo que estuvo siempre asociado con la metafísica, desde Platón hasta la decadencia de la Escolástica. El mecanicismo es una teoría filosófica y científica que sostiene que los objetos y los sistemas en el universo, incluyendo los seres vivos y las sociedades humanas, *pueden ser entendidos y explicados como si fueran máquinas*. Sostiene que los objetos se estudian analíticamente y que los sistemas están compuestos de piezas más pequeñas que *interactúan entre sí de manera determinista*, de modo que el comportamiento total del sistema *se puede predecir* a partir del conocimiento detallado de sus partes individuales y de cómo interactúan entre sí.

El mecanicismo fue desarrollado por filósofos y científicos europeos en el siglo XVII, como René Descartes, y se convirtió en una de las teorías dominantes en la ciencia en la modernidad. Aunque ha sido criticado por algunos filósofos y científicos posteriores, el mecanicismo sigue siendo una influencia importante en muchas áreas de la ciencia y la filosofía, especialmente en la física y la ingeniería. Sin embargo, no todos los pensadores mecanicistas toman esa visión de manera integral. Por ejemplo, Descartes —precursor— consideraba que el mecanicismo y el determinismo asociado sólo conciernen a la Naturaleza, pero no al *cogito*, mente o espíritu. En contraste, David Hume o Thomas Hobbes fueron mecanicista para toda realidad.

El mecanicismo como visión del mundo

Como visión general, el mecanicismo se impuso como el talante fundamental de la ciencia en la modernidad. Es decir, cualquier investigador de los procesos del universo se sentía arropado en la comunidad científica si empleaba el método analítico, establecía las partes constituyentes de un todo e instauraba la ley o los principios (mecánicos) que gobernaban el comportamiento presente de ese todo, prediciendo su posible o necesario comportamiento futuro. Ese talante requerido para la investigación significó el abandono de la metafísica platónica porque se excluyó toda pregunta acerca de la finalidad de la Naturaleza, el Telos (τέλος, “fin”, “objetivo” o “propósito”). En Aristóteles, la teleología es un término que remitió al estudio o doctrina de la finalidad o *intencionalidad* o el estudio de los objetos por sus objetivos, propósitos o intenciones. Para las diferentes Escuelas de la Edad Media esa visión resultaba bastante asimilable para su visión Creacionista y apuntalaba elementos de la teología cristiana, incluso sobre el cuidado del *alma* individual, a la cual se le suponía tendencias hacia las virtudes cristianas. Por eso justamente el cristianismo se opuso al mecanicismo.

El mecanicismo triunfó en la historia de la filosofía y de la ciencia por varias razones. En primer lugar, fue una forma efectiva de explicar los fenómenos naturales de una manera *matemática y predecible*, lo que permitió a los científicos y los ingenieros hacer predicciones precisas y resolver problemas prácticos. Además, el mecanicismo ofrecía una visión del universo como un *sistema ordenado y determinista*, lo que significaba que los eventos podían ser explicados *sin recurrir a la intervención divina*. Esto sólo fue posible por la situación de las oposiciones religiosas entre católicos y protestantes que, queriendo o no, deslizaban dudas acerca de cuál es el Dios verdadero y cuáles sus designios.

Otro factor importante en el éxito del mecanicismo fue que se desarrolló en un momento de intensa exploración y experimentación en la ciencia, lo que permitió a los defensores del mecanicismo presentar una gran cantidad de evidencias a favor de su teoría. Finalmente, el mecanicismo también tenía un fuerte soporte filosófico, ya que se ajustaba a la filosofía de la Ilustración (y viceversa, la Ilustración al mecanicismo), que abogaba por la razón y la ciencia como medios para comprender el mundo.

El mecanicismo es una concepción del mundo y una teoría filosófica y científica que sostiene que los objetos y los sistemas en el universo, incluyendo los seres vivos y las sociedades humanas, pueden ser entendidos y explicados como si fueran máquinas. Sostiene que los objetos y los sistemas están compuestos de piezas más pequeñas que interactúan entre sí de manera determinista, y que el comportamiento

total del sistema se puede predecir a partir del conocimiento detallado de sus partes individuales y de cómo interactúan entre sí, sino que deja fuera de consideración toda otra fuerza ajena al mundo objetivo. Por eso Dios, como afirmó Pierre-Simon Laplace, resultaba una hipótesis prescindible.

Algunas características del mecanicismo incluyen:

- *Determinismo*. El mecanicismo sostiene que los objetos y los sistemas en el universo se rigen por leyes naturales deterministas, y que el comportamiento de cualquier objeto o sistema puede ser predicho con certeza si se conocen sus estados iniciales y las leyes que lo rigen.
- *Reducción*. El mecanicismo defiende que los objetos y los sistemas complejos pueden ser comprendidos y explicados reduciéndolos a sus partes individuales y analizando cómo estas partes interactúan entre sí.
- *Materialismo*. El mecanicismo es una teoría materialista, sostiene que sólo existen materiales físicos en el universo y que todo lo que existe puede ser explicado a partir de la interacción de estos materiales. Una excepción fue el dualismo cartesiano.

Por otro lado, el mecanicismo traduce la opción metodológica que se aboca a ofrecer explicaciones refiriéndose a mecanismos que gobiernan los procesos. Hoy se puede ser mecanicista, por ejemplo, en medicina, sin incluir necesariamente una opción filosófica como los investigadores de la modernidad. En este sentido, el mecanicismo es un método de investigación que busca explicar el funcionamiento de los fenómenos naturales a partir de la identificación de las partes que las componen y las relaciones causales entre ellas.

Mente ¿mecánica?

En particular, en el contexto de la ciencia de la mente, el mecanicismo implica la idea de que la mente humana puede ser comprendida como una máquina compleja, cuyo funcionamiento puede ser explicado en términos de procesos mentales que obedecen a leyes causales. Esta visión de la mente se opone a otras perspectivas más holísticas, que enfatizan la importancia de los aspectos no cognitivos y emocionales de la experiencia humana. “Mente mecánica” es una expresión que se utiliza a menudo para describir a alguien que piensa o actúa de manera repetitiva y automática, sin mucha creatividad o capacidad para adaptarse a situaciones nuevas o imprevistas.

Esta expresión sugiere que la persona en cuestión está “programada”, de alguna manera, como una máquina, y que carece de la capacidad de pensar fuera de su patrón establecido de comportamiento.

También puede referirse a la idea de que la mente humana funciona como una máquina, es decir, que el cerebro procesa información de manera similar a como lo hace una computadora, a partir de algoritmos y procesos lógicos. Esta perspectiva se ha utilizado en diferentes campos, como la psicología y la neurociencia, y ha sido objeto de debate y controversia.

Tim Crane es un filósofo británico que ha escrito extensamente sobre la filosofía de la mente y la conciencia. En su trabajo, *La mente mecánica* (2022), se opone a la idea de que la mente humana es mecánica, es decir, que funciona como una máquina programada para realizar ciertas tareas de manera automática. Según Crane, la idea de la mente mecánica es problemática porque sugiere que los procesos mentales no son más que procesos físicos, y por lo tanto no tienen una dimensión subjetiva o fenomenológica. En su lugar, defiende la idea de que la conciencia y la mente son irreductiblemente subjetivas, y que no pueden ser explicadas completamente en términos físicos; argumenta que la conciencia es un fenómeno único e intrínseco, que no se puede reducir a la actividad cerebral o a cualquier otra cosa. Según él, la conciencia no es un mero reflejo de procesos físicos, sino que tiene una dimensión subjetiva que no puede ser capturada por una descripción puramente física del cerebro.

Según Crane, la idea de que la mente es mecánica se basa en una visión reduccionista de la naturaleza humana, que confina la mente y la conciencia a procesos físicos y materiales. Argumenta que esta perspectiva es problemática porque no toma en cuenta la dimensión subjetiva de la conciencia, es decir, la experiencia de ser consciente de algo. El libro de Crane aborda varios aspectos de la filosofía de la mente, incluyendo la naturaleza de la conciencia, la relación entre mente y cerebro, y la relación entre la mente y el mundo exterior. En su análisis, Crane defiende la idea de que la conciencia es un fenómeno irreductible que no puede ser explicado completamente en términos físicos o mecánicos.

En resumen, la tesis central del libro de Tim Crane (2022: 112-123) es que la conciencia es un fenómeno irreductiblemente subjetivo que no puede ser explicado completamente en términos físicos o mecánicos, y que la visión reduccionista de la mente como una máquina es problemática y limitada. Para darle sustento a su argumentación utiliza el término “carácter fenoménico”, con el cual se refiere a la experiencia subjetiva de la conciencia; es decir, a la sensación o cualidad de una experiencia: cómo se siente o cómo es experimentada por un sujeto consciente. Por

ejemplo, la sensación de dolor tiene un carácter fenoménico específico que se diferencia de otras experiencias, como la sensación de placer o la de hambre. Crane sostiene que el carácter fenoménico de la conciencia es lo que la hace irreductible a la explicación mecánica o física.

Aunque los procesos cerebrales que subyacen a la experiencia consciente pueden ser estudiados y explicados en términos físicos, el carácter fenoménico de la conciencia no puede ser reducido a procesos físicos o mecánicos. Tesis en la que coinciden otros que examinan esta cuestión (Smith Churchland, 1986; Odifreddi, 2004; Mosterín, 2008; Obasi, 2022).

Pero cabe la pregunta: ¿es Crane un dualista filosófico? Hay que responder: no es un dualista filosófico en el sentido tradicional del término (véase Smith Churchland, 1986: cap. 1). Aunque defiende la idea de que la conciencia es irreductible a la explicación física o mecánica, no sostiene que haya dos sustancias separadas (por ejemplo, mente y cuerpo) que interactúen entre sí. Para él, la conciencia es un aspecto fundamental de la realidad, y no puede ser reducida a otros aspectos de ésta.

Crane describe su posición como “naturalismo fenomenológico”, una perspectiva que defiende la idea de que la conciencia es parte de la naturaleza y, por tanto, es un aspecto legítimo del estudio científico. Según Crane, la filosofía de la mente debe tomar en cuenta la experiencia subjetiva de la conciencia y no limitarse a una explicación mecánica o física de la mente.

En suma, aunque Tim Crane defiende la idea de que la conciencia es irreductible a la explicación mecánica o física, no es un dualista filosófico en el sentido tradicional del término. En lugar de eso, defiende una perspectiva que toma en cuenta la experiencia subjetiva de la conciencia como un aspecto legítimo del estudio científico. En este sentido coincide con otros autores expuestos en el presente trabajo: (Nilsson, 2019; Corballis, 2014; Carabantes, 2016), e incluso con modelos lógicos como el de Gensler (2017, véase Apéndice 3).

El mecanicismo como método

El mecanicismo como método de investigación busca reducir los fenómenos naturales a sus componentes más básicos y explicar su funcionamiento a partir de la identificación de relaciones causales entre éstos. En el contexto de la ciencia de la mente, el mecanicismo implica la idea de que la mente humana puede ser entendida como una

máquina compleja cuyo funcionamiento puede ser explicado en términos de procesos mentales que obedecen a leyes causales.

Ahora bien, en cuanto a su relación con las teorías de la mente, el mecanicismo influyó en el desarrollo de teorías materialistas de la mente, como el funcionalismo y la teoría computacional de la mente. Estas teorías sostienen que la mente puede ser comprendida y explicada como un sistema computacional o como un sistema funcional, y que los procesos mentales pueden ser reducidos a los procesos computacionales que ocurren en el cerebro. Sin embargo, estas teorías también fueron criticadas por algunos filósofos y científicos que argumentan que no es posible reducir la mente a procesos físicos y materiales sin perder algo importante sobre la naturaleza subjetiva y consciente de la mente.

También puede referirse a la idea según la cual la mente humana funciona como una máquina, es decir, que el cerebro procesa información de manera similar a como lo hace una computadora, a partir de algoritmos y procesos lógicos. Esta perspectiva se ha utilizado en diferentes campos, como la psicología y la neurociencia, y ha sido objeto de debate y controversia.

El mecanicismo triunfó en la historia de la filosofía y de la ciencia debido a que fue una forma efectiva de explicar los fenómenos naturales de una manera matemática y predecible, ello permitió a los científicos y a los ingenieros hacer predicciones precisas y resolver problemas prácticos. Además, ofrecía una visión del universo como un sistema ordenado y determinista, lo que significaba que los eventos podían ser explicados sin recurrir a la intervención divina. Otro factor importante fue que se desarrolló en un momento de exploración y experimentación en la ciencia, ello permitió a sus defensores presentar evidencias a favor de su teoría. Finalmente, también tenía un fuerte soporte filosófico, ya que se ajustaba a la filosofía de la Ilustración, que abogaba por la razón y la ciencia como medios para comprender el mundo.

El mecanicismo triunfó debido a su capacidad para explicar los fenómenos naturales de una manera matemática y predecible, su compatibilidad con la filosofía de la Ilustración y su apoyo por parte de la comunidad científica y filosófica de la época. Es particularmente adecuado para las ciencias naturales, como la física y la biología, porque estas disciplinas se basan en la observación de fenómenos físicos y biológicos que se rigen por leyes matemáticas y físicas. Además, el mecanicismo es una forma efectiva de explicar y predecir el comportamiento de los sistemas naturales, lo que permite a los científicos hacer predicciones precisas y diseñar tecnologías útiles.

En las ciencias sociales, el método mecanicista se ha utilizado para estudiar el comportamiento humano y social; para analizar los datos y explicar cómo los individuos interactúan y toman decisiones en situaciones sociales y económicas complejas. Se basa en la idea de que las leyes universales pueden ser utilizadas para explicar el comportamiento humano, aunque éste es mucho más complejo que los fenómenos físicos y biológicos.

Por consiguiente, el método mecanicista es efectivo, bien acogido y utilizado en las ciencias naturales y sociales porque se basa en la observación sistemática, la experimentación y la formulación de teorías e hipótesis, lo que proporciona un enfoque riguroso y objetivo para la investigación científica. Además, es una forma efectiva de explicar y predecir el comportamiento de los sistemas naturales, incluso de los sociales (lo cual es particularmente útil en la explicación del comportamiento de los mercados económicos; últimamente, también es significativo para la mercadotecnia).

Desde otro punto de vista, el método mecanicista es precisamente un enfoque científico utilizado con éxito en muchas áreas de la ciencia, incluyendo la inteligencia artificial (IA), en la cual, se aplica para diseñar sistemas inteligentes que pueden tomar decisiones y realizar tareas de manera autónoma; se utiliza para construir sistemas de aprendizaje automático y redes neuronales que pueden aprender de grandes conjuntos de datos. Estos sistemas son entrenados mediante la presentación de un conjunto de datos de entrenamiento y se ajustan automáticamente para producir un resultado preciso en la tarea que se les ha encomendado.

Además, también se utiliza para construir sistemas expertos, programas de computadora que pueden razonar y resolver problemas en un dominio específico. Estos sistemas están diseñados para imitar la capacidad de un experto humano en un área particular y pueden ser utilizados en una amplia variedad de aplicaciones, como en el diagnóstico médico, la planificación de la producción y la toma de decisiones empresariales.

A continuación, se presenta una síntesis comparativa de las principales teorías de inteligencia artificial:

Programación basada en reglas. Esta teoría se enfoca en la creación de reglas explícitas para resolver problemas y tomar decisiones. Los sistemas basados en reglas son eficientes para tareas simples y predecibles, pero limitados en su capacidad para manejar incertidumbre y cambios en el entorno.

Aprendizaje automático. Este enfoque se basa en la idea de que los sistemas de IA pueden aprender de la experiencia y mejorar con el tiempo. Los algoritmos de aprendizaje

automático pueden ser supervisados o no, y se utilizan en una variedad de aplicaciones, como la clasificación de datos, la regresión y la detección de patrones.

Sistemas expertos. Esta teoría se enfoca en la creación de sistemas que puedan simular la experiencia y el conocimiento de un experto en una materia. Los sistemas expertos utilizan una combinación de reglas y base de conocimiento para resolver problemas complejos y tomar decisiones.

Teoría de la inteligencia conectiva. Sostiene que la inteligencia es el resultado de la interacción entre diferentes partes del cerebro y que la resolución de problemas requiere la cooperación de diferentes áreas cerebrales.

Redes neuronales artificiales. Esta teoría se basa en la idea de que la estructura y el comportamiento de la red neuronal humana pueden ser modelados en una red neuronal artificial. Las redes neuronales artificiales se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como la clasificación de imágenes, la generación de texto y el análisis de sentimientos.

Estas teorías no son mutuamente excluyentes y a menudo se combinan en sistemas de IA más complejos. Es importante destacar que la investigación en inteligencia artificial continúa evolucionando y que pueden surgir nuevas teorías y enfoques en el futuro.

Ahora bien, Descartes fue el primer filósofo que dio las bases filosóficas y metodológicas para aplicar el cálculo (mecánico) en la Naturaleza, en tanto que realidad extensa, determinada por los elementos del espacio clásico, de la geometría de Euclides, y por estar igualmente determinada por el movimiento mecánico y determinístico. En su obra *Meditaciones metafísicas*, Descartes propone una distinción entre tres tipos de ideas: adventicias, facticias e innatas.

Las ideas adventicias son aquellas que provienen del mundo externo, a través de los sentidos. Estas ideas se originan en la mente como resultado de la percepción sensorial, como por ejemplo la idea de un objeto que vemos o escuchamos.

Las ideas facticias son aquellas que se originan en la mente del sujeto, pero que se relacionan con las ideas adventicias. Es decir, son ideas que se construyen con base en las experiencias sensoriales del mundo externo, pero que son elaboradas por el sujeto. Por ejemplo, la idea de un unicornio podría ser considerada facticia.

Las ideas innatas son aquellas que están presentes en la mente desde el nacimiento, es decir, que no se originan ni en el mundo externo ni en la mente del

sujeto. Descartes sostenía que estas ideas son innatas a la mente humana, como por ejemplo la idea de Dios o la idea de la perfección.

Esta clasificación es importante en la filosofía de Descartes porque le permitió desarrollar su teoría del conocimiento, que se basa en la idea de que el conocimiento humano es posible gracias a las ideas innatas que están presentes en la mente desde el nacimiento. Son la base de las otras ideas. En breve, las ideas adventicias, facticias e innatas son una clasificación propuesta por Descartes para entender el origen y la naturaleza de las ideas. ¿Cuál es su relevancia para los siglos siguientes?

La tricotomía de las ideas de Descartes entraña una distinción retomada por muchos filósofos de la mente, pero para desarrollar sus propias teorías. La idea de que existen ideas innatas en la mente humana es importante para la teoría del conocimiento, ya que sugiere que hay ciertos conocimientos que no se adquieren a partir de la experiencia sensorial. Sin embargo, muchos de los desarrollos de estos planteamientos, o bien omiten el dualismo o bien generan una visión más amplia de la caracterización de Descartes, según examinamos un poco antes.

Descartes: naturaleza, mente y lenguaje

Desde el paradigma del mecanicismo surgió el dualismo mente/cuerpo. Si bien la cuestión del alma se remonta a formulaciones como la de los pitagóricos y de manera muy enfática a los dogmas cristianos, el tema de la clara distinción sólo surge con Descartes. Surgió en el contexto del luteranismo, porque éste planteaba un camino diferente a la dogmática del Vaticano “para la salvación del alma”. En consecuencia, lo que el movimiento de Lutero presentó abría un espacio de duda e incertidumbre (¿cuál será propiamente la verdad y el camino recto en estos puntos para la salud anímica y la Salvación eterna?).

En particular, desde el siglo XIV en tierras europeas, el escepticismo sumó una oleada significativa (acompañada por guerras religiosas) sobre temas de lo “espiritual” e incluso sobre la existencia de Dios. Individuos, comunidades y naciones se habían escindido en posiciones religiosas que parecían dividir corazones y pensamientos.

Descartes efectuó una operación lógica por medio de la *reducción al absurdo* de la duda escéptica radical (hiperbólica, se ha llamado): dudar de todo implica dudar de la propia duda, lo cual es contradictorio. En cambio, postuló la “duda metódica” cuyo propósito es llegar a determinar alguna verdad indubitable, una suerte de roca firme para evitar un pensamiento dominado por las incertidumbres. La duda es metódica porque sigue un procedimiento que ha de permitir, frente a un problema

cognitivo, separar las ideas claras y distintas (o sea, verdaderas) de algo complejo, llegando a los elementos básicos y volver a componer el todo de una manera deductiva. Tenemos una idea clara cuando *la mente reconoce todos los elementos que componen a la idea*; y contamos con una idea distinta cuando *la mente no confunde una idea con otra* (anotamos mente en estos enunciados, porque suponemos que a eso se hubiera referido Descartes).

Si la duda es un proceder que deja en suspenso el juicio sobre cualquier cosa, la duda adquiere un contenido positivo, afirmativo cuando conduce a lo contrario: la certeza. Se trata de una certeza intelectualmente construida (y con el procedimiento de reducción al absurdo). No sólo es el celeberrimo *Pienso, luego existo*, sino que Descartes dio un paso más atribuyendo al pensamiento la categoría de “sustancia”, la *res cogitans*, identificándola como un “alma” separada radicalmente del cuerpo.

Cuando se menciona el término “sustancia” se supone un ente o una “realidad” que cuenta con autonomía operativa, que se trata de una estructura que nos otorga una diferencia total como “seres pensantes”, aunque no tenga autosuficiencia. El reconocimiento de “ser una cosa que piensa” viene a ser una *forma* que requiere de *contenidos*. La forma o modo de ser del pensamiento ha de componerse de *representaciones*. ¿De qué son las representaciones que tenemos en la mente?

Para dar respuesta a este asunto —tan significativo para todos los temas acerca de la mente y el pensamiento—, Descartes supone que hay dos sustancias más: la sustancia divina (Dios) y la sustancia extensa (la realidad considerada con significantes geométricos, largo, ancho y profundidad, amén de movimiento temporal). Estas sustancias se han de articular de manera que se muestren como están interrelacionadas en el plan divino. No lo duda: Dios es el garante de la Verdad. De esta manera, puedo aceptar un repertorio de verdades, como son las verdades matemáticas ($2+2 = 4$) porque la Bondad divina no podría moverme a engaños. Es Él la garantía que dota de contenidos mi pensamiento con ideas veraces, ciertas. En ese conjunto de verdades estaría depositada la confianza en el conocimiento de los objetos y procesos del mundo externo.

Por eso clasifica las ideas en función del supuesto origen de éstas: hay pensamientos cuya raíz parece deberse al mundo externo (son las ideas adventicias); otros pensamientos tienen por origen a mí mismo, pero se elaboran en conjunción con los pensamientos relativos a lo externo (son ideas facticias); además, existirían pensamientos que no proceden por fuera del sujeto ni tampoco debidas al sujeto mismo (ideas innatas).

No obstante esas interrelaciones, Descartes se vio obligado conceptualmente a diferenciar el mundo externo para distinguirlo de la mente. Para él, el mundo tiene un funcionamiento determinable por medio de conceptos mecánicos; los animales eran simples máquinas, carentes de cualquier rasgo inteligente; incluso, muchas de las actividades del cuerpo humano, como la digestión, eran explicables por medio de principios meramente mecánicos. Por eso llega a la oposición Naturaleza/Mente, como dos realidades (“sustancias”) irreductibles. Por ejemplo, los cuerpos de la Naturaleza son pesados, la mente sería considerada ingrávica. La mente no se guía por principios mecánicos, sino que sigue una conducta racional, no mecanizable de ninguna manera. El divorcio entre mecanicismo y pensamiento se hizo abismal.

Se abrió el dilema: O bien los humanos somos un objeto material, un objeto de la Naturaleza, pero que piensa y tiene emociones; o bien tenemos algo distintivo que es inmaterial (cogito, mente, alma) que tiene pensamientos y sentimientos sin causalidad física. La oposición se mantuvo en la filosofía y en buena medida apoyada por las iglesias. Hasta que dieron a conocer las teorías de Charles Darwin, porque reintrodujo las categorías de la Naturaleza en lo Humano. En la actualidad, la mayoría de los que estudian el pensamiento “en tercera persona” concuerdan en que lo mental tiene su condición de posibilidad en el cerebro. Aunque, conviene subrayarlo, los procesos mentales (ideas, creencias, razonamientos, teorizaciones, visiones del mundo) constituyen “propiedades emergentes”, que de ninguna manera se aíslan completamente del cerebro. En esta perspectiva, la conducta racional se explica por los componentes del cerebro en conexión con el resto del sistema nervioso del organismo.

Según esta visión científica evolucionista, podemos reconocer conductas inteligentes en los animales y en particular en los mamíferos superiores. El asentamiento del cerebro en la Naturaleza, desde Darwin, supone el reconocimiento de que se trata de un órgano complejo que es producto de la evolución natural. En consecuencia, no hay razón por la cual habría que concebir a la mente como una sustancia inmaterial que controla la conducta animal, ni de recurrir a otras instancias extraobjetivas para dar cuenta de las acciones humanas.

Y surge la pregunta: ¿qué seríamos sin el lenguaje? Descartes tuvo razón al afirmar que una característica distintiva de los seres humanos es el uso del lenguaje. Pero esa “facultad” la atribuyó a la mente inmaterial o *cogito*. En la actualidad parece haber consenso entre los especialistas de que no nacemos conociendo el lenguaje, pero sí con precondiciones biológicas, anatómicas y funcionales para aprender la lengua materna, la transmisión que recibimos en nuestro grupo primario. El lenguaje no surgió de repente.

La gramática del pensamiento

La gramática lógica de Port Royal fue un proyecto filosófico y lingüístico que se desarrolló en el siglo XVII en Francia. Fue influenciado expresamente por el trabajo filosófico de Descartes. Amplió su filosofía en varios aspectos importantes.

Para empezar, la gramática de la modernidad examinará de una forma muy diferente la estructura de la oración simple. Los racionalistas de Port Royal consideraron el Predicado de una forma diferente a como hasta entonces había sido establecida por la lógica aristotélica-medieval. Desde el punto de vista meramente lógico-formal este cambio de consideración no supuso cambios en la formalidad lógica; pero significó una forma diferente de concebir el conocimiento del ser y de la verdad respecto a Aristóteles y la tradición. Si para el enfoque tradicional el SER era el centro de estudio, para el enfoque moderno es la CONCIENCIA. La versión de Port Royal sigue este segundo enfoque, de manera tal que se trata de encontrar el orden del pensamiento y ese orden no es sobre “las cosas” sino sobre las ideas respecto de la verdad.

Racionalismo y gramática

El análisis de la gramática según “el arte de pensar” implicó la concordancia con el método cartesiano. La gramática lógica de Port Royal se basó en el método de análisis y síntesis: descomponer un problema en sus partes componentes para luego volver a ensamblarlas. La gramática lógica utilizó este método para analizar el lenguaje y las estructuras lógicas subyacentes en el razonamiento humano. Un ejemplo típico del análisis gramatical de Port Royal (que luego influyó en las ideas de Noam Chomsky sobre la distinción entre estructuras superficiales y profundas) fue el análisis de la oración:

“Pierre aime Marie” (“Pierre ama a Marie”).

En el análisis de Port Royal, se descompone la oración en tres partes: el sujeto “Pierre”, el verbo “aime” y el objeto “Marie”. Con anterioridad a este análisis se usaba con abundancia el esquema S-P aristotélico-medieval, tanto para la lógica como para la gramática. Esta visión asumía que el Sujeto es “la entidad de la que se dice algo”; y se postulaba que el Predicado “era lo que se dice del sujeto”. ¿Cuál sería el sujeto en la oración que señalamos?, ¿será “Marie”, puesto que recibe la acción de

ser amada por “Pierre”? El estudio de Port Royal se abre a otra perspectiva, no de dos sino de tres términos.

Según esta teoría, la oración “Pierre aime Marie” se compone de tres términos lógicos:

El término sujeto “Pierre”,
El término predicado “aime”, y
El término objeto “Marie”.

De acuerdo con ello, el sujeto, el predicado y el objeto son los elementos básicos de una oración y su correcta identificación es fundamental para la comprensión del significado de la oración. El sujeto es el elemento que realiza la acción o sobre el que se dice algo en la oración, el predicado es el verbo y los elementos que describen la acción realizada por el sujeto, mientras que el objeto es el elemento que recibe la acción del sujeto.

El *objeto* es el elemento de la oración que recibe la acción del verbo y puede ser un sustantivo, pronombre o una cláusula subordinada. El objeto puede ser directo o indirecto, según la forma en que recibe la acción del verbo. En estas condiciones, el estudio realizado por los autores de *La lógica o el arte de pensar* permitiría, con el transcurso del tiempo, encontrar los ámbitos de análisis contemporáneo y referidos a la sintaxis y la semántica.

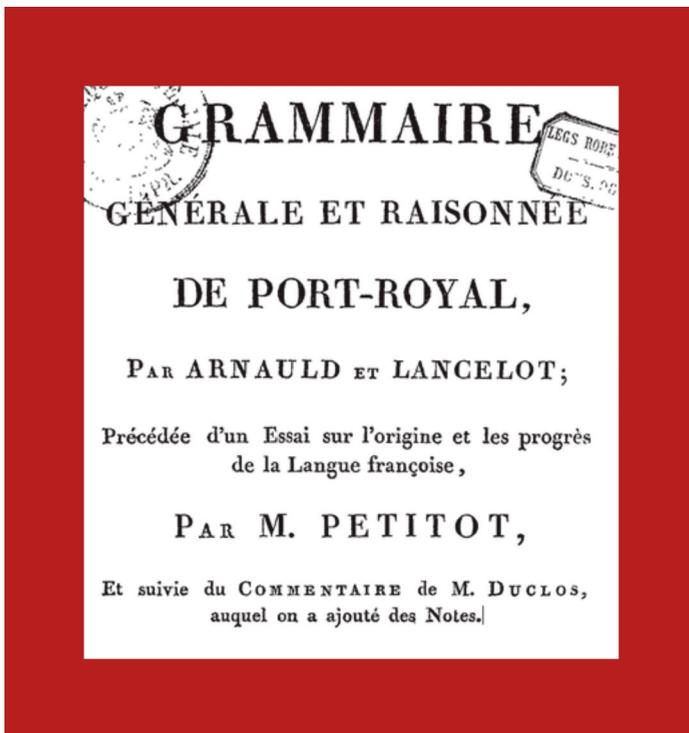
En el análisis sintáctico, la identificación del objeto permite entender la estructura de la oración y la relación entre sus elementos. Por ejemplo, en la oración “Juan come una manzana”, el objeto es “una manzana”, y se puede identificar su función sintáctica en la oración. El objeto se relaciona directamente con el verbo “come”, y se puede analizar la estructura de la oración para identificar su papel en la oración. De manera que, en una oración simple, el objeto cumple la función de complemento directo o indirecto del verbo, y su papel sintáctico es recibir la acción expresada por el verbo.

En el análisis semántico, el objeto permite comprender el significado de la oración en su contexto. Por ejemplo, en la oración “Juan come una manzana”, el objeto “una manzana” se relaciona con la acción de “comer” y su significado en la oración es fundamental para entender el significado de la oración en su contexto. Además, en el análisis semántico, el objeto también puede ser útil para identificar la relación entre la oración y el mundo real. Por ejemplo, en la oración “Juan compró una casa”, el objeto “una casa” se relaciona con la acción de “comprar” y su significado es fundamental para entender la relación de la oración con el mundo real. El

objeto en una oración simple tiene un papel semántico importante ya que representa el argumento o elemento temático que recibe la acción del verbo. En otras palabras, el objeto es el elemento de la oración directamente afectado por la acción del verbo y que da información sobre lo que sucede en la oración.

En una gramática computacional, la identificación del sujeto, predicado y objeto es importante porque permite la creación de reglas y patrones lingüísticos para el análisis automático del lenguaje natural.

Por otra parte, la gramática lógica de Port Royal profundizó en la noción cartesiana de la claridad y la distinción. Descartes sostenía que el conocimiento claro y distinto era la clave para alcanzar la verdad. La gramática lógica aplicó esta idea a la gramática y la sintaxis del lenguaje, desarrollando una teoría rigurosa de las reglas gramaticales y lógicas que gobiernan el lenguaje.



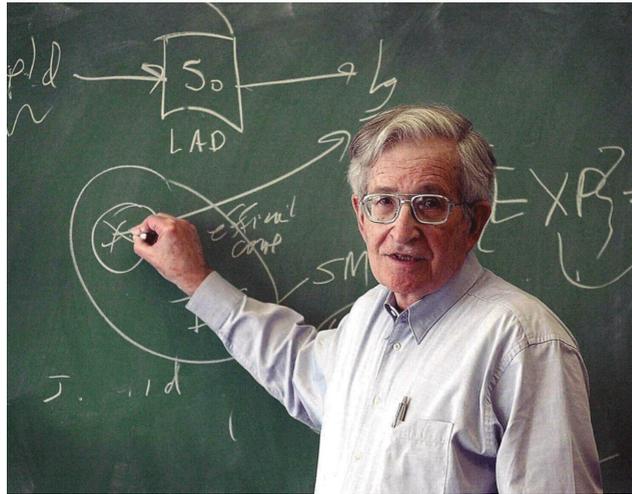
Por último, la gramática lógica de Port Royal se interesó en la relación entre el lenguaje y el pensamiento. Descartes sostenía que el lenguaje era un medio para la comunicación, pero que el pensamiento era independiente del lenguaje. La gramática lógica, por su parte, desarrolló una teoría más matizada de esta relación, mostrando cómo el lenguaje y el pensamiento interactúan de manera compleja.

En resumen, la gramática lógica de Port Royal amplió la filosofía de Descartes al aplicar el método cartesiano al estudio del lenguaje, profundizar en la noción cartesiana de claridad y distinción, y desarrollar una teoría más matizada de la relación entre el lenguaje y el pensamiento.

La gramática tuvo el momento de su surgimiento cuando las lenguas se estabilizan y es posible entonces identificar aquellos nudos que entrelazan las categorías del lenguaje respectivo. Por su parte, la escritura tiene un funcionamiento distinto porque se hacen intervenir los signos (debemos subrayar, ¡signos!), convenciones de la cultura que, no por su naturaleza convencional, dejan de operar con reglas más o menos precisas. Lenguajes y reglas gramaticales y retóricas permiten organizar los discursos más allá de la mera oralidad. Desde el punto de vista genético, en el grupo primario a cada ser humano le es transmitido el lenguaje. Los infantes se apropian del lenguaje y sus reglas, pero de manera oral. Un niño llega a la escuela para tener una segunda etapa de transmisión del lenguaje, precisamente, con la escritura y sus reglas. Y estas reglas no son las normas que se usan en el lenguaje oral. Este es un asunto importante: la ortografía solamente tendrá sentido cuando se escribe porque entonces las reglas de acentuación tendrán un sustento material en la escritura. Desde el punto de vista de las teorías sobre el lenguaje, un notable progreso —ampliamente explorado por la gramática generativo-transformacional— fue “descentrarse” del propio lenguaje del investigador y crear una teoría con base matemática. Señaló N. Chomsky (2004: 74-75):

Uno de los descubrimientos más importantes de la matemática moderna es lo que no es. Existe un sentido perfectamente coherente en la noción del empleo infinito por medios finitos. Eso es lo que dio a la postre por resultado la teoría de la computabilidad, la teoría de la función recursiva y tantas otras cosas. Es un gran hallazgo de la matemática moderna que ha aclarado las ideas tradicionales [...] El estudio del lenguaje es una disciplina clásica, que se remonta a la antigüedad india y griega. Sin embargo, temas como los que ahora se investigan *no podían ni siquiera concebirse hasta hace muy poco tiempo*. Y el sistema es de una complejidad tal que uno no cuenta con llegar a principios inamovibles ni perpetuos en ninguna de las áreas de la investigación empírica (cursivas nuestras, WBT).

¿Cómo llegó Chomsky a determinar que el lenguaje podía examinarse desde una perspectiva matemática, asumiendo que previamente en los estudios lingüísticos no había condiciones para emprender esa mirada desde categorías estructurales matemáticas?



Noam Chomsky,
Fotografía de Chris Felver (1989).

Lenguaje natural, lenguaje artificial y cálculo

La cuestión es más general. No sólo en la lingüística, sino que el tono predominante en las ciencias sociales y las humanidades es decantarse por la vertiente de “las ciencias del espíritu” y, aunque no tengan nada que ver éstas con el antiformalismo, se suele mantener una distancia respecto de las matemáticas y sobre la pluralidad de teorías de lógica matemática. De manera equivalente: los campos de las disciplinas sociales y humanas permanecen, en el mejor de los casos, en el nivel de lo particular e incluso rechazando lo universal. Entiéndase bien: las estructuras matemáticas no se reducen ni a lo singular ni a lo particular. Se puede decir que es así porque su contextuara es abstracta. Es cierto, pero para poder delimitar algo, algún conocimiento que vaya más allá de experiencias concretas, el empleo de estructuras matemáticas ha mostrado su rendimiento, por ejemplo, en la antropología de Lévi-Strauss, la lingüística de Chomsky, la psicología genética de Piaget o el psicoanálisis de Lacan.

En cambio, desde el punto de vista de la teoría evolutiva del cerebro humano, de la psicología cognitiva y del campo enorme de la IA, el acercamiento a las

cuestiones de nuestro lenguaje cotidiano cobra mayor relevancia en la medida en que se busca la *representación en lenguaje natural* (LN), convertido en un tema de importancia no solamente técnico-informática sino también filosófica (Crane, 2022; Gallagher y Zahavi, 2012; Obasi, 2022). Se trata de investigar el lenguaje natural desde perspectivas de lenguajes artificiales y encontrar puntos de convergencia. Por ejemplo, cuando un equipo de médicos realiza una intervención utilizando tecnología computarizada, el equipo debe comunicarse con la mayor precisión posible con “aquella máquina”, y esta comunicación real ocurre cuando se cuenta con sistemas de signos comunes. Obviamente, será la máquina la que se adapte al LN del equipo de médicos. Es una suerte de maridaje entre sistemas de signos que se comunican.

Un LN es cualquiera de los lenguajes que utilizamos los humanos como recurso fundamental de comunicación que no es artificial. El lenguaje de programación es un tipo de lenguaje artificial, en cambio el español que hablamos en los países de habla hispana es LN. Ahora bien, como veremos un poco más adelante, un lenguaje artificial tiende a ser lo más preciso posible y evitar al máximo las ambigüedades (al menos desde el punto de vista de los sistemas clásicos en lógica y matemáticas). Por el contrario, un LN constituye un sistema para describir y fijar percepciones que son intrínsecamente imprecisas. La imprecisión y la vaguedad son virtud y defecto. Son virtud por su capacidad expresiva –reconocida por semiólogos y poetas–, pero es defecto en la medida en que refleja la limitada capacidad de nuestros órganos sensoriales y, en última instancia, del cerebro. Es decir, el LN resulta bastante restringido para resolver detalles y almacenar información (como señalamos respecto de la necesidad del paso del lenguaje oral al lenguaje escrito). Asimismo, el LN presenta una gran complejidad, lo que ha llevado a recurrir a diversas técnicas de *soft-computing* para su análisis (Obasi, 2022) (Soft computing es una rama de la IA que engloba diversas técnicas empleadas para solucionar problemas que manejan información incompleta, con incertidumbre y/o inexacta).

Desde hace algunas décadas se reconoce que múltiples asuntos del LN son susceptibles de ser descritos y “modelados” por las matemáticas difusas, mediante conjuntos difusos, relaciones y lógica difusas. Como expresaba Trillas (1980: 11):

Desde Aristóteles a Boole, los lógicos se han preocupado, con una técnica de trabajo u otra y con base en un proceso experimental de simple introspección, del estudio de las leyes que rigen el pensamiento; tal creencia en que todo está “reglamentado”, que se ha dado por descontado que el propio razonamiento humano (sea éste lo que fuere) sigue unas leyes que pueden ser descritas por los propios hombres. Naturalmente que el *estudio* de dichas leyes está siguiendo una evolución paralela a la de otras parcelas del

conocimiento, siendo en el siglo pasado cuando las matemáticas empezaron a tener presencia en él. Posiblemente es uno de los más prometedores campos de investigación de los próximos años y que, en nuestra opinión, no ha hecho más que empezar.

En lo expresado por Trillas está de trasfondo la exigencia que significa “descentrar” el hablante de lo hablado, lo dicho del decir, que fue la intención primordial de los lingüistas desde el siglo XX y la labor poderosa de la lógica matemática, convertida hoy en un instrumento indispensable para la computación y los logros de la inteligencia artificial.

- Los orígenes en filosofía del lenguaje

La gestación del lenguaje fue larguísima, y “su nacimiento se pierde en la noche de los tiempos”; para ser un poco más precisos, se remonta a un centenar de miles de años. Pero la historia que nos interesa es mucho más reciente, “se remonta tan sólo a unos miles de años”, cuando el *homo sapiens* empleó un lenguaje como un instrumento sofisticado de comunicación “basado en una participación de las palabras en tres categorías fundamentales: los sustantivos, los adjetivos y los verbos” (Odifreddi, 2006: 11-12). Esto equivale a tener en el lenguaje medios para representar objetos, propiedades y acciones (o estados), como en la frase “el *homo sapiens habla*”. Y como dice Odifreddi (2006: 12): “Cada categoría corresponde a un modo particular de mirar y ver el mundo, y dio origen a géneros literarios complementarios: la épica, la lírica y el drama”. En efecto, cada una enfoca personajes, sentimientos y hechos. El mundo, pues, se vuelve significativo por el lenguaje, o no lo es.

Desde el punto de vista histórico y filosófico, la preocupación por el lenguaje está siempre presente en la filosofía. Los grandes filósofos dedicaron páginas a la exploración de partes del lenguaje. Sin lugar a duda, quien más indagó sobre ello fue Aristóteles. El filósofo griego encaró el asunto del lenguaje en un contexto social particular. La *polis* griega es el lugar donde el lenguaje adquirió visos significativos porque es en la *polis* donde floreció la democracia y las instituciones que dieron vida a la actividad de los ciudadanos (que, por supuesto, en aquella época no eran todos los seres humanos).

En Aristóteles hay múltiples lugares donde se ocupa del lenguaje. Pero de manera más sistemática lo encontramos en su libro *Las categorías*. Ahí se refiere a los tipos de palabras. No creemos exagerar si consideramos que ahí están los elementos básicos de la gramática descriptiva tradicional. Sin embargo, el interés en esa obra

es identificar los términos que podrán servir para estructurar un lenguaje adecuado para la filosofía y la ciencia. Así, por ejemplo, Aristóteles habrá de diferenciar entre palabras con un sentido unívoco, equívoco y analógico.

Como se recordará, las palabras unívocas son aquellas que tienen un significado único y preciso, sin posibilidad de confusión o ambigüedad. Por ejemplo, la palabra “triángulo” tiene un significado claro y específico: una figura geométrica de tres lados. Es un tema de definición y precisión del significado de un concepto propio de las ciencias. Por su parte, las palabras ambiguas son aquellas que pueden tener varios significados o interpretaciones diferentes. Por ejemplo, la palabra “banco” puede referirse a una institución financiera, pero también a un asiento o un lugar para sentarse. Por último, las palabras analógicas son aquellas que tienen un significado relacionado, pero no idéntico en diferentes contextos. Por ejemplo, la palabra “saludable” puede referirse tanto a una persona sana como a una dieta o estilo de vida.

El otro espacio donde Aristóteles se ocupa del lenguaje es en el libro *La Retórica*. Ahí no sólo señala cuáles son los elementos que deben considerarse como esenciales para la comunicación en sociedad (*ethos*, *logos* y *pathos*) sino también los tipos de discurso que se hacen. Pero en todo caso se ocupa de entender qué elementos entran en juego respecto del impacto que pueden tener las palabras en un auditorio.

El *ethos* se refiere a la credibilidad y autoridad del orador en la mente de la audiencia. Esto incluye la reputación, el carácter y la experiencia del orador. Un orador que tiene un *ethos* sólido es más persuasivo, ya que la audiencia confía en sus palabras y cree que sus argumentos son válidos. Por otro lado, el *logos* se refiere al contenido y la lógica de los argumentos exhibidos por el orador. Esto incluye la presentación clara de hechos y razones, la coherencia y la validez de los argumentos. Un orador que tiene un *logos* sólido presenta argumentos claros y bien fundamentados, lo que hace que sus argumentos sean más persuasivos. Por su parte, el *pathos* se refiere a las emociones y sentimientos de la audiencia que pueden ser influenciados por el orador. Esto incluye el uso de ejemplos emocionales, historias o imágenes para generar una respuesta emocional en la audiencia. Un orador que tiene un *pathos* sólido puede llegar a la audiencia de manera más efectiva y generar una respuesta emocional que lo haga más persuasivo.

¿De dónde extrajo Aristóteles todas esas categorías del lenguaje? Sin duda, estuvo influenciado por la cultura griega que, como se ha dicho, estuvo particularmente interesada en las diversas posibilidades del *logos* tanto como expresión artística (mitología y poesía) como medio para el despliegue del conocimiento científico de entonces. Se sabe que la tradición india fue bastante sofisticada, de tal manera que el sánscrito sintetizaba en el mismo enunciado elementos religiosos y científicos,

antiguos y de actualidad en el momento de su enunciación (Filliozat, 2018). Sin embargo, los fundadores de la tradición occidental fueron los griegos. Aristóteles al dividir la oración en Sujeto y Predicado dio un gran paso. Esa determinación sigue en muchos aspectos vigente. Lo cierto es que Aristóteles no fue más allá de lo que recordamos párrafos arriba.

La obra griega culminó con los escritos de Apolonio Díscolo (110-175 d.C.) y Dionisio Tracio (siglos II y I a.C.). Fue este último quien creó la primera gramática completa del griego, de la cual sólo se conservan fragmentos. El punto es que el gran despliegue de esa y otras gramáticas posteriores partieron del uso común y de la “introspección” del investigador. La gramática de Tracio llegó a ser la base de toda descripción gramatical en Europa hasta bien entrado el siglo XX, aunque se le introdujeron modificaciones.

En algún sentido se siguió pensando en que la gramática y la lógica respondían a los mismos principios del pensamiento. La gramática de Port Royal llevó esta indagación a sus bases racionales, que se consideraban completamente apegadas a la lógica elaborada por Aristóteles y enriquecida con la obra de los estoicos. De ahí que, por ejemplo, la epistemología de Kant no expresara mayor preocupación por el lenguaje y la gramática y se contentara únicamente con la indagación del pensamiento y la razón del sujeto que conoce.

Todas aquellas construcciones teóricas de Aristóteles continuaron perfeccionándose, de tal manera que la Universidad Medieval se ocupó de tener un plan curricular donde floreciera el uso de los lenguajes (gramática, lógica y retórica, como examinamos anteriormente). Sin embargo, también es cierto que la lingüística y la lógica medievales desentrañaron una serie de peculiaridades que también ampliaron los horizontes de la lógica y condujeron a una visión mucho más amplia que la avanzada por la cultura griega (Redmond, 1999).

Un primer gran salto del proceso de “descentración” subjetiva y etnocéntrica se da con la obra de G. Boole. El desiderátum se abría hacia el lenguaje matemático y con éste hacia la comunicación entre y con las máquinas. Con base en los planteamientos de Boole, en 1938, el ingeniero Claude Shannon inventó la teoría de la información. Para ello tradujo todo en términos de circuitos eléctricos o electrones y el álgebra booleana le permitió utilizar los valores ‘0’ y ‘1’ como señales del paso o no de la corriente eléctrica por un cable (Odifreddi, 2006).

Poco tiempo después, en 1943, el neurofisiólogo Warren McCulloch y el matemático Walter Pitts descubrieron una nueva interpretación en el mapeo de los circuitos neuronales.

Interpretando 1 y 0 como el paso o no de un impulso por una fibra nerviosa, y los conectivos como apropiadas conexiones sinápticas, demostraron que el álgebra de Boole proporcionaba también un modelo aproximado del sistema nervioso (Odifreddi, 2006: 118).

La algebrización de la lógica y su lenguaje

Pero en el siglo XX las cosas empezaban a tener un giro radical con la obra de la lógica. Dos antecedentes fundamentales. La traducción de la silogística aristotélica en términos del álgebra. Una fue la obra de G. Boole. La otra gran obra fue la teoría de conjuntos de G. Cantor.

A continuación, apuntamos algunas de las características del álgebra de Boole. Su uso ha sido fundamental en el desarrollo de la lógica matemática y en la investigación de la inteligencia artificial

El álgebra de Boole es un sistema matemático que se utiliza para representar y analizar operaciones lógicas y procesos de toma de decisiones. Fue desarrollado por el matemático aficionado y filósofo británico George Boole en el siglo XIX. Algunas de sus características son:

1. Es un sistema que se maneja (opera) sobre valores binarios, es decir, sólo existen dos valores posibles: verdadero (1) o falso (0). El binarismo fue bastante útil para programar computadoras, entre otros motivos porque las primeras de éstas operaban con “bulbos” que sólo tenían dos estados: encendido y apagado. Por ello constituye un pilar primario de la neurofisiología.
2. Maneja operadores lógicos. El álgebra de Boole define operadores lógicos como la negación (NOT), la conjunción (AND) y la disyunción (OR), que se utilizan para describir y manipular proposiciones lógicas. Una “tabla de verdad” en la lógica de proposiciones sirve de instrumento para el álgebra de Boole.
3. Identidad y dominio. El álgebra de Boole establece una identidad y un dominio para cada uno de los operadores lógicos. Esto permite definir las propiedades y las leyes que rigen el comportamiento de los operadores.
4. Se trata de un álgebra no-comutativa, lo que significa que los resultados de las operaciones pueden variar según el orden de los operandos.

5. Aplicaciones en electrónica y en sistemas de control. El álgebra de Boole es ampliamente utilizada en electrónica y en sistemas de control para describir sistemas lógicos y procesos de toma de decisiones.

Esta álgebra es la base de la computabilidad de una máquina, si recordamos que, desde el punto de vista lógico matemático, una máquina es un concepto abstracto que representa un sistema computacional o algorítmico capaz de realizar una tarea específica. En general, una máquina es un modelo matemático que toma una entrada y produce una salida. Lo cierto es que la teoría de las máquinas se desarrolló en el contexto de la lógica matemática y se originó en la década de 1930 con los trabajos de Alan Turing y Emil Post. Estos matemáticos establecieron una idea básica de lo que es una máquina y cómo puede ser utilizada para modelar la computación. La teoría de las máquinas es utilizada ampliamente en la investigación en inteligencia artificial, teoría de la computación y teoría de la programación.

Por otro lado, Gottlob Frege es considerado uno de los fundadores de la lógica matemática moderna. Entre sus ideas principales, hay varias que contribuyeron a establecer los fundamentos de la lógica matemática, proporcionaron las bases teóricas y metodológicas para el desarrollo de la lógica matemática como una disciplina formal y rigurosa, y sentaron las bases para el desarrollo de la matemática moderna.

Cuadro 5

Idea	Descripción
Distinción entre concepto y objeto	Diferencia entre el concepto de un objeto y el objeto mismo.
Lógica como ciencia formal	La lógica debe ser tratada como una ciencia formal independiente de la psicología y la metafísica.
Sistema de signos simbólicos	Propuso un sistema de signos simbólicos para representar las relaciones entre conceptos y objetos de manera precisa y rigurosa.
Axiomatización de la lógica	Propuso la representación de los principios lógicos como un conjunto de axiomas a partir de los cuales se pueden deducir teoremas.
Funciones y predicados	Desarrolló el concepto de funciones y predicados, que permitió la representación de las relaciones entre objetos y conceptos de manera más flexible.

Con esos elementos iniciales, G. Frege construyó una teoría de la lógica que, si bien tenía la preocupación por la orientación logicista, es decir la reducción de la matemática a fundamentos lógicos, también abrió todo un campo de investigaciones sobre el lenguaje.

Gottlob Frege argumentó la diferencia entre concepto y objeto a partir de su obra *Begriffsschrift (Conceptografía)*, publicada en 1879. La idea fundamental detrás de esta distinción es que los conceptos tienen una existencia independiente de los objetos que representan. Frege sostuvo que los conceptos son entidades abstractas que representan una clase de objetos con características comunes, mientras que los objetos son entidades concretas que existen en el mundo real. Los conceptos, según Frege, son algo que se puede pensar o discutir, mientras que los objetos son algo que se puede percibir o experimentar. Para ilustrar esta diferencia, Frege utilizó el ejemplo del número “2”. Según él, el número “2” es un concepto abstracto que representa la idea de una cantidad que se puede dividir en dos partes iguales. Por otro lado, los objetos que pueden ser contados como dos son concretos y pueden ser objetos físicos, como dos manzanas o dos sillas.

Frege también argumentó que los conceptos son distintos de los objetos en términos de sus propiedades. Mientras que los objetos tienen propiedades específicas que los hacen únicos, los conceptos tienen propiedades universales que se aplican a todos los objetos que pertenecen a ese concepto. El número “2” no se remite a las dos manzanas que cuento, a los dos árboles que veo o los plumones de dos colores que tengo delante de mí; se remite a una clase. Con hallazgos como éste, la lógica matemática sentó las bases para que la teoría de los números –para empezar los números naturales– dejaran de considerarse entidades misteriosas, cuando no místicas.

Para Frege, una *función* es una relación entre dos conceptos que se expresa mediante una expresión simbólica. Por ejemplo, la expresión “ $x+2$ ” representa una función que relaciona el concepto de “ x ” con el concepto de “ $x+2$ ”. La función asigna a cada valor de “ x ” un valor correspondiente de “ $x+2$ ”.

Frege también desarrolló el concepto de predicado, similar a una función, pero se refiere a la relación entre un objeto y un concepto. Un predicado es una expresión que denota una propiedad o característica de un objeto. Por ejemplo, la expresión “es rojo” es un predicado que se aplica a un objeto concreto, como una manzana. El predicado “es rojo” indica que la manzana tiene la propiedad de ser de color rojo. Suele representarse como “ x es rojo”, donde x es una variable, un signo que se puede sustituir por “un objeto”; en el ejemplo, “manzana” reemplaza a la variable.

El concepto de función y de predicado es fundamental en la lógica y en la filosofía del lenguaje porque permite la representación de las relaciones entre conceptos y objetos de manera más flexible. Además, estos conceptos tienen un gran impacto en la matemática y en la inteligencia artificial, ya que permiten la modelización de relaciones matemáticas y la representación del conocimiento de una manera más eficiente y efectiva.

La oposición “Sentido y Referencia” fue un hito fundamental para establecer que la gramática descriptiva dejaba los temas de la lógica (un paréntesis: de alguna manera la silogística tradicional estuvo siempre apegada a la gramática de la forma Sujeto-Predicado).

Entonces se abrió un nuevo campo de investigación sobre los límites del lenguaje. Primero fue Bertrand Russell quien se ocupó, desde sus ensayos sobre los fundamentos de la matemática, de que la gramática S-P tiene un alcance muy limitado respecto de la matemática, porque en ésta lo que priva son las relaciones ($>$, $<$, \leq , $=$, \neq , etcétera), en tanto que la lógica de Aristóteles solamente se ocupa de clases lógicas.

La lógica abriendo las estructuras profundas de lenguaje

La gramática y la lógica convergen y mantienen cada una el ámbito de su independencia: cada una tiene sus propios conceptos, aunque desde los análisis de G. Frege empezó un acercamiento cada vez más importante. El efecto del acercamiento de la gramática a la lógica simbólica trajo consigo que ambas se encontrasen en un nuevo continente, el continente que sigue generando resultados en términos de la IA y de las investigaciones psicolingüísticas y de la gramática generativa. Este es un cambio histórico importante, aunque las escuelas elementales no hayan asimilado ambas conquistas en aras de tener un mayor acercamiento de las ciencias.

En la antigüedad también se dio un punto de encuentro, si bien con bases diferentes a las que se hallan desde el siglo XX y se prolongan en el XXI. En particular, como hemos subrayado antes, la lógica de Aristóteles y la gramática tradicional quedaron bajo el imperio de la primera. El genio de Aristóteles le llevó a hacer una serie de distinciones sobre las palabras y sus características diferenciales, aunque el estudio ordenado de las palabras lo había iniciado Platón, quien había dividido en dos clases las palabras: nombres y verbos (o predicados). Aristóteles retoma la división y amplía la consideración sobre otras clases de palabras. En el libro *Peri Hermeneias*, así como en el capítulo 20 de la *Poética* y el capítulo 5 del libro III de la *Retórica*,

Aristóteles desplegó una trascendente ordenación del universo de las palabras. Con ello inauguraba una gramática técnica.

Llamó Aristóteles “elocución” a la expresión lingüística del pensamiento. Y ensayó una serie de particularidades sobre los componentes de la elocución. Para el fonema advirtió que se trata de la unidad distintiva del lenguaje articulado (sólo hasta el siglo XIX se logró un estudio propiamente científico del fonema, y fue gracias al trabajo de los filólogos rusos, como Roman Jakobson). Se trata de unidades básicas de sonidos que hacen posible la formación de preferencias que tienen significación (es decir, no son sonidos que salen de nuestra boca y al azar generan palabras). Siguió Aristóteles la división platónica de los fonemas en vocales y consonantes, añadiendo semivocales (entre los que se comprende “r” y “s”).

De conformidad con ello, clasificó las sílabas y el resto de las partes de la elocución. Estas partes tienen unidades mínimas del lenguaje articulado que son los nombres y los verbos. La diferencia que Aristóteles estableció es que el verbo tiene una referencia temporal, que no tiene el nombre. Y con las palabras se forman oraciones, que se ligan (cfr. Mosterín, 2016, cap. 5; Odifreddi, 2006).

Había en Platón y en Aristóteles una preocupación para que las palabras y las oraciones tuviesen algún contacto o vínculo con la realidad a las que pretenden aludir. Por ello se empeñó en establecer que el verbo “ser” requiere de una especial atención. Por una parte, tiene un uso existencial (“Eso es el mar”) y un uso atributivo (“Juan es estudiante”). El verbo ser en su uso atributivo o copulativo, que remite al predicado de la oración, expresa las categorías (la palabra griega categoría significa exactamente “predicado”).

De manera que atribuir o no un predicado al sujeto es lo que constituye un enunciado simple. Y así quedó enaltecida la definición de que “el predicado indica lo que se atribuye a un sujeto”; donde el verbo “ser” cumple el oficio de atribución. Según esto, todo enunciado simple (afirmativo) puede reducirse al esquema “S es (o está) P”. El esquema quedó consagrado: S va a representar el sujeto; es (o está) la cópula; P es el predicado. Y de aquí viene el error de concepción de Aristóteles al aseverar con contundencia que todos los enunciados simples se reducen a dicho esquema (S es P). Por supuesto, no todos los enunciados simples se reducen a ese esquema, puesto que hay otros de otras formas diferentes. Pero será hacia finales del siglo XIX cuando no sólo se descubrirá la insuficiencia de este análisis, sino que se habrá de desarrollar una teoría alternativa con la conceptualización que avanzó Frege.

Fue entonces cuando quedaron evidenciadas las limitaciones de la visión lógica aristotélica y el error de querer poner a todas las oraciones simples la forma S-P. Significó ir más allá de la gramática.

- Lógica simbólica y derivaciones en la gramática

¿Por qué diferenciar los elementos gramaticales de los constituyentes de la lógica? Esta pregunta debería suponer otra: ¿qué aporta la lógica simbólica respecto de explicaciones de la lógica tradicional, apegada a la gramática normativa? Entre sus varias aportaciones, el análisis lógico de las descripciones definidas permite resaltar que lo que suele tomarse como simple, que en realidad es complejo, y como tal tendríamos que asumirlo. Insistimos: lo que muchas veces revelan las estructuras profundas del lenguaje es lo que queda oculto detrás de las estructuras superficiales de nuestro lenguaje. Revelar la naturaleza lógica de las estructuras profundas hace posible una formalización mucho más precisa de los enunciados que se comunican. Así se obtienen recursos valiosísimos para desarrollar mejores argumentaciones.

En efecto, para la lógica tradicional los términos simples del lenguaje ordinario son los que debemos distinguir y tomar en cuenta para realizar argumentaciones adecuadas. Se entiende que los más básicos para distinguir “el mobiliario del mundo” son los individuos, los cuales suelen destacarse con nombres propios, tomando en cuenta ciertas salvedades: por ejemplo, puesto que puede haber homónimos, no debemos incurrir en la falacia de atribuir una característica de un individuo a otro (como se hace en algunos chistes). “Juan Pérez” es un nombre común, del cual son portadores muchos individuos. La cuestión se muestra igualmente con los nombres de entidades colectivas cuyas siglas podrían ser idénticas de dos o más distintas (esto es importante, por ejemplo, para el registro y patente de marcas comerciales o civiles).

El asunto técnico es también cómo simbolizar dichas entidades. El recurso más usado es establecer que las letras minúsculas del alfabeto representen a los individuos. “Pedro corre” es una oración cuyo sujeto gramatical es “Pedro”, que en el lenguaje simbólico se reemplazaría con una letra “a₁” (colocamos un subíndice de diferenciación, que puede o no utilizarse dependiendo del número de “constantes de individuo” que tengamos en nuestro universo de referencia o universo del discurso). El verbo “corre” lo podemos simbolizar con una letra “C” mayúscula para diferenciar propiedades o atributos de individuos o entidades. De manera que la oración queda fácilmente escrita: Ca₁. Hasta ahí no habría mayor problema, una vez que uno tiene el hábito de escribir en este otro lenguaje.

El tema no se reduce simplemente al empleo de la *escritura simbólica*, que se debe aprender tal como se aprende una nueva lengua: uno encuentra equivalencias o similitudes, y después ve las diferencias. En el caso del lenguaje de la lógica debemos tomar en cuenta que no se trata únicamente de presentar en ese lenguaje oraciones del lenguaje ordinario, sino de entender que la simbolización permite una mayor profundización en nuestras ideas y sobre todo en nuestros razonamientos.

Las inferencias que realizamos día con día nos pueden parecer bien fundadas, aunque nos resultaría más complicado señalar la razón o el por qué las tomamos como válidas.

Nuestras inferencias casi siempre se apoyan en una o más oraciones completas, usamos algún nexo para unir las y conformar otras oraciones completas. En contraste, cuando se leen los libros sobre lógica formal, la esquematización que nos presentan suele ser bastante diferente, en el ánimo de diferenciar las premisas de la conclusión. Una esquematización usual es la que coloca una raya entre las primeras y la última. Por ejemplo:

Ayer fui al cine con Ana María

Ayer fui al cine con alguien

Como puede advertirse, ni la premisa ni la conclusión contienen en sí mismas una parte que sea una oración completa, como si se hubiesen simplemente segmentado, y en esas condiciones uno debería suponer que hay algo que funciona como “el fundamento” de la inferencia. No se trata sin más de colocar una oración tras otra. Sin embargo, en los textos educativos se anotan así esas inferencias y a continuación se inscribe alguna regla que se asume para derivar una proposición de la otra. Pero no queda establecido el por qué, la razón que conduce de una a la otra. No se explica que la inferencia es válida por aquello que se constituye en las oraciones mismas. Para que esto último no quede como una cuestión enigmática, se necesita dar una explicación de cuáles son los obstáculos que, por lo general, se soslayan a la hora de exponer en ese tipo de esquemas los razonamientos deductivos válidos.

El problema suele ser que se le supone al lector un conocimiento de la gramática normativa y con ella se quiere indicar cuáles son los elementos de inferencia. Según la gramática tradicional las oraciones completas –que tienen un significado completo– se reducen y acomodan al esquema de las oraciones compuestas por un Sujeto y un Predicado. Según esta interpretación, cualquier oración completa simple tendría esos dos componentes. Veamos cuatro casos.

1. Penélope teje el sudario.
2. Edipo caminó.
3. Alguien llama a la puerta.
4. Nadie acudió a las urnas.

Querer analizar estas oraciones conforme al esquema tradicional, nos lleva a considerar que la primera palabra que figura en cada una de ellas no es otra que el Sujeto gramatical, pues nos dice de qué hablamos en cada caso; las otras palabras son el Predicado correspondiente, dado que nos dice algo sobre éste. Hasta ahí la gramática, pero la lógica se cuestiona en qué condiciones una oración es verdadera. Según esto, la primera es verdadera de conformidad con la leyenda: el Sujeto realiza una acción. La segunda es verdadera porque el objeto al que se refiere la oración eventualmente realizó lo que indica el verbo; es decir, si “Edipo” tiene la propiedad señalada por el Predicado: caminó.

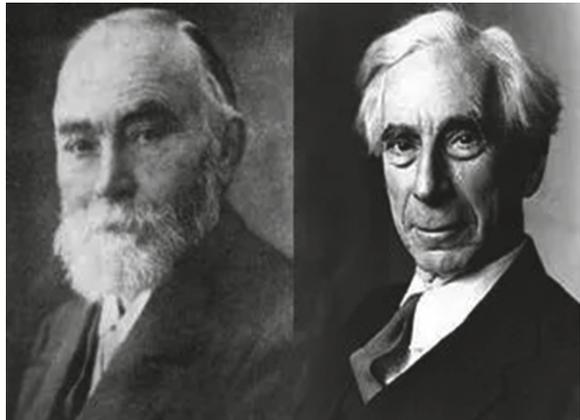
Hasta este nivel de análisis, no se presenta mayor problema. Las dificultades surgen en la oración 3. ¿A quién se refiere el objeto de la oración?, ¿es “alguien” un Sujeto determinado? Incluso cabe la posibilidad de que nadie haya llamado a la puerta. ¿Puede tomarse como una oración verdadera, dado que no hay garantía de una instancia de ese “Alguien”? Pero la oración 4 es aún más complicada de analizar respecto del esquema tradicional. ¿Quién es “nadie”? Uno puede decir que “Alejandra no acudió a las urnas”; donde “Alejandra” ocupa el lugar gramatical de Sujeto. Pero ¿a quién remite “Nadie” en la oración “Nadie acudió a las urnas”?

Una de las grandes diferencias entre la lógica de la tradición y la lógica moderna tiene que ver con los *cuantificadores*, herramientas fundamentales de la lógica formal que permiten expresar la extensión o cantidad de elementos que satisfacen una determinada expresión o predicado. En la lógica de primer orden, los cuantificadores más comunes son el cuantificador universal (\forall) y el cuantificador existencial (\exists).

En el lenguaje natural, los cuantificadores también se utilizan para expresar la cantidad o extensión de un objeto o concepto. Por ejemplo, las expresiones “todos los perros” o “algunos gatos” son ejemplos de expresiones que contienen cuantificadores. Sin embargo, a diferencia de la lógica formal, el lenguaje natural es más ambiguo y variable en la forma en que se utilizan los cuantificadores (véase más adelante la concepción difusa). Por ejemplo, la expresión “todos los perros son animales” puede ser interpretada de diferentes maneras dependiendo del contexto en que se utilice. Además, en el lenguaje natural también se utilizan expresiones cuantificadas que no tienen una expresión lógica equivalente, como por ejemplo “mu-cha gente” o “poca comida”.

Por lo tanto, aunque los cuantificadores tienen una relación con el lenguaje natural, su uso en el lenguaje natural es más variable y menos preciso que en la lógica formal. En la gramática computacional, los cuantificadores se utilizan para desarrollar reglas precisas y formales para la generación y análisis del lenguaje natural, lo que permite una mayor precisión y capacidad de procesamiento.

La cuestión se complica porque los nombres propios no son la única manera que tenemos en nuestro lenguaje para distinguir individuos o entidades singulares. Además de los pronombres (que según el contexto indican a quien nombramos), son harto frecuentes las descripciones definidas, tan usadas en la redacción de los medios de comunicación, e incluso en nuestras comunicaciones cotidianas cuando optamos por dar una descripción y no repetir algún nombre; también están en las conjeturas acerca de la identidad no precisada de alguien. “El primer ministro de Inglaterra”, “Mi vecino de enfrente”, “El profesor de la primera clase del día”, “Aquella persona de quien te platicué la semana pasada”, “El autor del asalto a la sucursal bancaria esta mañana”, etcétera.



Izquierda, Gottlob Frege;
derecha, Bertrand Russell.

- Las descripciones, los nombres y los sujetos

Para muchos que encaran el tema, con las descripciones se trata únicamente de nombres más largos, pero su funcionamiento sería idéntico a los términos singulares de un nombre propio. Si nos quedamos en la estructura superficial, estamos bien aparentemente al tomarlos con términos singulares sencillos. Bertrand Russell mostró

que las descripciones definidas no son nombres. Con su análisis descubrió el camino analítico para hacer cierto tipo de filosofía e hizo una aportación fundamental para formalizar descripciones definidas en una argumentación. Veamos un ejemplo:

Hay exactamente un barbero rico en el pueblo.
 Armando es el barbero que es el rico del pueblo.
 Toda persona que es rica es mezquina.
 Por lo tanto, Armando es mezquino.

De esta argumentación se podría decir que es lógicamente válida porque si sus premisas fueran verdaderas, la conclusión tendría que ser verdad, puesto que el nombre “Armando” sería equivalente a la descripción “Hay exactamente un barbero rico en el pueblo”. Y desde el punto de vista de su simbolización, el término individual del nombre “Armando” podría transcribirse con una constante individual —“ a_2 ”, por ejemplo. En cambio, la expresión “Hay exactamente un barbero rico en el pueblo”, no parece ser adecuado simbolizarla de la misma manera, ya que se trata de una expresión compleja. Mientras que el nombre “Armando” es una designación del sujeto en cuestión, la segunda expresión depende de una caracterización que, en el caso, corresponde a alguien de manera única (y unívoca, según el contexto de “en el pueblo”).

Para llegar a una comprensión del significado de la expresión compleja del argumento anterior, debemos considerar varias cuestiones.

La lógica tradicional tiene un problema para asimilar las proposiciones singulares porque sólo tiene en cuenta cuatro tipos de ellas, bajo el doble criterio de cantidad (extensión) y calidad (afirmativas, negativas), cuando en realidad se admite que serían seis tipos, si se adicionan las proposiciones singulares, una afirmativa y otra negativa. Por ejemplo, “Sócrates es calvo” y “Sócrates no es fanático”. Pero como sólo mantiene cuatro, por dificultades teóricas, termina por encerrar las proposiciones singulares ya sea como particulares o ya sea como universales, lo cual es un forzamiento que dificulta la operación de estos términos, aunque se explica por los presupuestos en los que se cimienta la lógica tradicional.

La lógica simbólica dio un giro completo cuando consideró la “función proposicional” para lo que la lógica tradicional llamó “predicación”. Para Frege, se denomina “función proposicional” —concepto técnico— a una fórmula con una o más variables libres, tales como “ x es alto”, “ x ama a y ”. De modo que, retomando un ejemplo anterior, será que el verbo se expresa como una función del tipo: x Camina = “__ Camina”, donde “__” es un lugar vacío donde colocamos una “variable

individual” (x, y, z, w). De esta suerte, una “función proposicional” se transforma en una proposición de dos maneras (lo cual en cierto modo corresponde a nuestros usos lingüísticos comunes). O bien la función proposicional es “cuantificada”, es decir, cuando la función va precedida por uno o más cuantificadores (“Hay alguien alto”; “Todo el mundo ama a alguien”); o bien, cuando se reemplaza la variable individual de la función proposicional “ x corre”, por un nombre: “Pedro”, dando como resultado “Pedro corre”.

Así las cosas, en la lógica simbólica la cuestión de la predicación obtiene un cambio de perspectiva, un nuevo marco epistémico, donde la base no son “objetos” sino relaciones, pues una función es siempre una relación. Además de ir más allá de los estrechos límites de las cuatro proposiciones categóricas, se avanza en la consideración de los vínculos que ligan a proposiciones relacionales, del tipo “Juan escribió una carta a María”, que prácticamente resultan irrepresentables en la lógica tradicional.

El otro aspecto para considerar es lo que algunos llaman cuantificadores numéricos. Con el concepto de identidad —o la operación de identificación que con su aplicación es posible efectuar— no sólo se amplía el campo expresivo de la lógica simbólica (dando al verbo “es” un sentido de identidad: “Cervantes es el Manco de Lepanto”), sino que con la identidad, junto con un cuantificador particular, se da contenido significativo a expresiones como hay al menos un individuo tal que... o hay al menos dos individuos tales que... o al menos tres, o en general n individuos que hacen verdadero a una fórmula abierta, es decir, a una “función proposicional”. Asimismo, se puede dar contenido significativo a expresiones como a lo sumo uno, a lo sumo dos... a lo sumo n individuos, de los que es verdadero un determinado predicado, sea monádico, diádico o poliádico. E igualmente, cabe formular el enunciado de que hay exactamente n individuos de los que puede decirse que cumplen tal o cual contenido. Todos ellos reciben el nombre de cuantificadores numéricos que, gracias al concepto de “=” suelen encontrar una expresión simbólica conveniente.

- Desde el infaltable barbero

Podemos volver ahora al argumento de que “Hay exactamente un barbero rico en el pueblo” (una paradoja debida a la autorreferencia, como examinamos páginas antes). Como puede advertirse, se trata de una designación de un individuo concreto y que supone que no haya ninguna otra entidad a la que concierna adecuadamente dicho enunciado.

La tarea de traducir enunciados de alguna lengua –por ejemplo, en el español–, a la notación lógica comporta el cuidado de parafrasear los enunciados dentro de un fragmento bastante limitado del español, aunque ampliado con variables (que normalmente no usamos en nuestros intercambios comunicativos diarios). Así, las cuatro formas de las proposiciones categóricas de la lógica tradicional, que están encerradas bajo la forma Sujeto–Predicado, siendo clasificadas como afirmativas o negativas, y como universales y particulares, se presentan bajo la nomenclatura tradicional: A, E, I, O.

Ahora bien, lo primero que se debe advertir es que, tanto en español como en la notación de la lógica, se pueden expresar esas cuatro formas de diversas maneras que son equivalentes. Ejemplo, leyendo “S” como “árboles”, y leyendo “P” como “frondosos”, la forma A tradicional se puede expresar en al menos las seis formas siguientes:

Todos los árboles son frondosos.
 Todo árbol es frondoso.
 Cada árbol es frondoso.
 Cualquier árbol es frondoso.
 Los árboles son todos frondosos.
 Los árboles son frondosos.

En cuanto a la traducción de proposiciones del tipo A en la notación de la lógica, tenemos que abandonar la idea tradicional de que las oraciones a simbolizar tienen la forma S-P, y dejar de entender que el universo del discurso consta de cosas-árboles descritas –en el ejemplo– como el Sujeto. En vez de ello, habrá que considerar la proposición como una aserción acerca de

Cualquier cosa
 Sean tanto árboles como no-árboles.

El cambio tendrá que llevarnos a una fórmula que, en principio, parece alejada de la evidencia lingüística que nos acompaña a la hora de usar el lenguaje para comunicarnos con los demás. La fórmula es esta:

Lo siguiente es verdad de cualquier cosa: si *esto* es un árbol, entonces *esto* es frondoso. ¿Cuál es el motivo del cambio de formulación y el abandono de la forma S-P? No hay una respuesta sencilla.

Es un tema que nos lleva hasta los presupuestos con los que fue construida la lógica tradicional. Para quienes formularon, mantuvieron y defendieron (y aún

defienden) la idea de que “Todo árbol es frondoso”, lleva la suposición de que al referirnos a “Los árboles” nos referimos a cosas sobre las cuales habría alguna certeza de que están en la realidad, tanto como está delante de mí mi computadora. Obviamente “no vemos” los árboles; se dice que es una abstracción, un concepto, y que el concepto –aunque sea tomado como un signo– corresponde a algo de la realidad, porque “hay árboles” en el mundo. Ese es el equívoco: se hace conjeturar que detrás del significante “todo” debe haber un “hay”, alguna cosa existente.

- El sujeto lógico no siempre es el sujeto gramatical

Las ideas de Frege han influido significativamente en el desarrollo de la gramática computacional, una rama de la lingüística y la informática que se ocupa de diseñar y desarrollar algoritmos y sistemas informáticos capaces de analizar, generar y traducir lenguaje natural. En particular, la distinción entre sentido y referencia de Frege ha sido importante en el desarrollo de los sistemas de procesamiento del lenguaje natural (PLN), que utilizan algoritmos de análisis semántico para extraer el significado de las expresiones lingüísticas y representarlas en una forma que pueda ser utilizada por las aplicaciones informáticas.

Además, la lógica simbólica desarrollada por Frege ha sido fundamental en la construcción de las gramáticas formales utilizadas en la gramática computacional, que se basan en la definición de reglas precisas y formales para la generación y análisis del lenguaje natural.

Pero fue Bertrand Russell, filósofo y lógico, quien sentó las bases para revolucionar el estudio de la gramática tradicional con su investigación sobre la distinción entre el sujeto lógico y el sujeto gramatical. Con ello puso las bases de filosofía analítica, lo que también significó preservar –enriqueciéndolo– el legado de G. Frege.

Russell argumentó que el sujeto gramatical, tal como se enseña en la gramática tradicional, no es necesariamente el sujeto lógico de una oración. Es decir, la forma en que se construye una oración gramatical no siempre coincide con la forma en que se expresa el contenido lógico de esa oración.

En otras palabras, el sujeto gramatical puede ser diferente del sujeto lógico, que es la entidad o cosa que realiza la acción en la oración. Por ejemplo, en la oración “El sol es una estrella”, el sujeto gramatical es “el sol”, pero el sujeto lógico es “una estrella”. Esta distinción permite una mayor precisión en el análisis y la comprensión del lenguaje natural, lo que tiene implicaciones importantes en áreas como la traducción automática y la inteligencia artificial.

Otro ejemplo: en la oración “Los estudiantes aprobaron el examen”, el sujeto gramatical es “los estudiantes” y el *objeto directo* es “el examen”.

Sin embargo, el sujeto lógico de la oración es “la acción de aprobar el examen”, ya que ésta es la entidad que realiza la acción en la oración. En otras palabras, aunque la oración es gramaticalmente correcta, si queremos entender el significado completo de la oración desde un punto de vista lógico, necesitamos identificar el sujeto lógico.

Esta distinción entre el sujeto lógico y el sujeto gramatical es importante para la *gramática computacional*, ya que permite una mayor precisión en el análisis y la comprensión del lenguaje natural. Al comprender la diferencia entre el sujeto gramatical y el sujeto lógico, es posible desarrollar sistemas computacionales que puedan analizar y comprender mejor el lenguaje natural, lo que tiene aplicaciones en áreas como la traducción automática y el procesamiento del lenguaje natural en la inteligencia artificial (Crane, 2022, cap. IV).

Asimismo, la distinción entre el sujeto gramatical y el sujeto lógico que Bertrand Russell estableció en su investigación fue parte de su argumentación para sus tesis sobre las descripciones definidas. Russell argumentó que las *descripciones definidas* (como “el rey de Francia es calvo”) son frases que parecen referirse a entidades específicas, pero en realidad no se refieren a nada. Según Russell, las descripciones definidas no son nombres propios, sino que tienen una estructura lógica más compleja que involucra cuantificadores existenciales.

Por lo tanto, la distinción entre el sujeto gramatical y el sujeto lógico es importante en el análisis de las descripciones definidas. Russell argumentó que las descripciones definidas tienen un sujeto gramatical específico, pero que éste no es el sujeto lógico que se refiere a una entidad específica.

Por ejemplo, en la frase “El rey de Francia es calvo”, el sujeto gramatical es “el rey de Francia”, pero según Russell, esta descripción no se refiere a una entidad específica, ya que no hay un rey de Francia actualmente. En cambio, el sujeto lógico es una expresión cuantificada existencialmente, que se refiere a cualquier entidad que satisfaga las condiciones especificadas en la descripción definida.¹

¹ En lógica matemática, una descripción definida se puede expresar mediante una expresión cuantificada existencialmente. Esta expresión puede ser escrita de la siguiente manera: $\exists x(P(x) \wedge \forall y(P(y) \rightarrow y = x))$. Donde “P(x)” es una propiedad que define a la entidad que se describe. La fórmula establece que hay al menos un objeto x que satisface la propiedad P, y que cualquier objeto y que satisface la propiedad P es igual a x. Por ejemplo, la expresión “el rey de Francia” puede ser traducida en lógica matemática como: $\exists x (\text{Rey}(x) \wedge \forall y (\text{Rey}(y) \rightarrow y = x) \wedge \text{Francia}(x))$. Donde “Rey(x)” significa que “x es un rey”, y “Francia(x)” significa

En resumen, la distinción entre el sujeto gramatical y el sujeto lógico que Russell estableció en su investigación fue importante para su argumentación sobre las descripciones definidas, ya que permitió un análisis más preciso de estas frases. Esto tuvo implicaciones importantes en la filosofía del lenguaje y la lógica, y sigue siendo relevante en la gramática computacional y la inteligencia artificial.

- De la gramática filosófica a la nueva gramática

Debemos señalar, porque no siempre se conoce o reconoce: los análisis y herramientas de la lógica matemática y la gramática computacional han sido de gran utilidad en la elaboración de la *Nueva gramática del español*, obra publicada por la Real Academia Española en 2009.

La *Nueva gramática del español* es una obra que se enfoca en el estudio y análisis de la gramática y la sintaxis del español, y que utiliza herramientas y conceptos de la lógica matemática y la gramática computacional para analizar y describir las estructuras lingüísticas del idioma.

La *Nueva gramática del español* distingue entre el sujeto gramatical y el sujeto lógico en el análisis de las estructuras sintácticas del español. El sujeto gramatical es la palabra o grupo de palabras que realiza la acción del verbo en una oración y concuerda en género y número con el verbo. Por ejemplo, en la oración “María come una manzana”, el sujeto gramatical es “María”, ya que es ella quien realiza la acción de comer.

Pero –bajo la influencia de los estudios y análisis que antes mencionamos– en la nueva gramática el sujeto lógico se refiere al agente o entidad que realiza la acción del verbo en una oración desde un punto de vista semántico. En muchas oraciones, el sujeto gramatical coincide con el sujeto lógico, pero en otras ocasiones puede haber diferencias. Por ejemplo, en la oración “Me gusta el chocolate”, el sujeto gramatical es “el chocolate”, pero el sujeto lógico es “yo”, ya que soy yo quien experimenta el gusto por el chocolate. La distinción entre el sujeto gramatical y el sujeto lógico es importante para un análisis más preciso y detallado de las estructuras sintácticas del español, y es una de las muchas contribuciones que la *Nueva gramática del español* hace al estudio y la comprensión de la gramática del idioma. En general,

que “x está relacionado con Francia” (en este caso, que es el rey de Francia). La fórmula establece que hay al menos un objeto que es un rey y está relacionado con Francia, y que cualquier objeto que sea un rey y esté relacionado con Francia es igual al objeto x.

esta obra es importante en el estudio y la comprensión de la gramática del español, y utiliza herramientas y conceptos de la lógica matemática y la gramática computacional para hacer análisis más precisos y detallados de las estructuras lingüísticas del idioma. Esta labor continúa. Representa un ejemplo de los intercambios posibles entre áreas de conocimiento que se enriquecen recíprocamente.

V. La lógica difusa, gradualidad y nueva apertura lenguaje-información

En un principio la lógica matemática se mantuvo con las características que le imprimió Aristóteles. Entre éstas, preservando la nota de enfocar solamente lo asertórico, o sea, considerando únicamente las partes del discurso que tienen valores de “verdadero” y “falso”, y se entendieron las constantes lógicas (conectivos) como funciones de verdad. Según esto, las oraciones del lenguaje natural constituyen proposiciones o enunciados (“El presidente Benito Juárez fue designado ‘Benemérito de las Américas’”) que pueden y tienen otras propiedades (lingüísticas, estéticas, estilísticas, etcétera), pero para la lógica clásica sólo se destacaba su sentido de ser portadoras de verdad o falsedad. Se les denominó proposiciones elementales o atómicas. Con los conectivos lógicos forman fórmulas compuestas, proposiciones o enunciados compuestos, ya que en cada oración así habrá otra oración. Por ejemplo: “No es cierto que Cristóbal Colón fuese devoto de la Virgen de Guadalupe”, donde la negación *cambia el valor de la proposición de partida*. El signo de negación invierte el valor de la proposición original y esto permite hacer inferencias: si la oración “P” es verdad, “no P” será falsa; e inversamente. Esto quiere decir que se trata de “funciones de verdad”.

A principios del siglo XX, el filósofo y matemático británico Bertrand Russell divulgó la idea de que la lógica produce contradicciones (paradojas, como hemos visto). Realizó un estudio sobre las vaguedades del lenguaje, concluyendo con precisión que *la vaguedad es un grado*. También en este tiempo Ludwig Wittgenstein estudió las diferentes acepciones que tiene una misma palabra. Llegó a la conclusión de que en el lenguaje una misma palabra expresa modos y maneras diferentes.

En 1920 Jan Łukasiewicz (1878-1956) desarrolló la primera lógica de vaguedades. Para él los conjuntos tienen un posible grado de pertenencia con valores que oscilan entre 0 y 1, y en este intervalo existen un número infinito de valores. Un cálculo multivalente.

El padre del término “borroso” fue Lofti Asier Zadeh, quien en 1965 publicó “Fuzzy Sets” (“Conjuntos difusos”). Las tesis que propone surgen del estudio de pensadores de distintas disciplinas que, como él, tenían una visión de los problemas diferente de la lógica tradicional. La paradoja de conjuntos de Bertrand Russell, el principio de incertidumbre de la física cuántica de Werner Heisenberg, la teoría de los conjuntos vagos de Max Black y la aportación de Jan Łukasiewicz, influyeron para que Zadeh publicase el ensayo “Fuzzy Sets” en la revista *Information and Control*, y tres años después en 1968, “Fuzzy Algorithm”.

Cuando se habla de lógica clásica se entiende que es un sistema lógico en el cual se preserva lo veritativo-funcional de las proposiciones. En correlación con ello, la lógica clásica es bivalente y asertórica. Admite dos únicos valores de verdad (verdadero y falso) y que trata a cada signo de su cálculo sentencial o proposicional (‘y’ y ‘no’ pueden ser los únicos signos que aparezcan como primitivos en tal cálculo) de modo estrictamente verifuncional. Pero no es el único sistema de lógica que se ha creado.

No hay una sino varias lógicas que entran en el terreno de lo no clásico, a veces también llamadas heterodoxas. Para que un sistema lógico sea definido como no clásico se cumplen al menos tres cuestiones fundamentales:

- a) Sistemas lógicos en los que las proposiciones, además de admitir los valores de verdad clásicos, es decir, verdadero y falso, incluyen tres, cuatro o más valores, como se presentan en las lógicas trivalentes (por ejemplo, los valores: verdadero = 1; falso = 0; indeterminado = $\frac{1}{2}$), o tetravalentes o pentavalentes (totalmente verdadero = 4; lo verdadero y falso, pero más verdadero que falso = 3; lo igualmente falso y verdadero = 2; lo verdadero y falso, pero más falso que verdadero = 1, y lo totalmente falso = 0).
- b) Sistemas lógicos en los que, a diferencia de la lógica clásica, que sólo admite proposiciones apodícticas, se estudian tipos específicos de proposiciones como las modales (“necesario”, “posible”, “imposible”, “contingente”), las normativas (“obligatorio”, “prohibido”, “permitido”, “lícito”), las epistémicas (que emplea los operadores básicos: “fulano sabe que”, “fulano cree que” –algunos sistemas epistémicos se desarrollan sin usar ninguna variable para el sujeto que sabe o cree) y variantes como “es creíble para fulano que” o “es plausible para fulano que”), las proposiciones temporales (“siempre es el caso que”, “a veces es el caso que”, “nunca es el caso que”, según el sistema más sencillo).
- c) Sistemas lógicos que admiten la inconsistencia. Se trata de sistemas lógicos que se denominan paraconsistentes y que tienen una utilidad fundamental cuando se trata de la “comunicación entre dos máquinas”, como puntualizamos.

Entre esos sistemas lógicos no clásicos se encuentra la *lógica difusa* o *Fuzzy Logic*. Se trata de una propuesta teórica lanzada por el ingeniero Lotfi Zadeh y que ha permitido diseñar máquinas inteligentes donde se han logrado modelar dispositivos y máquinas en las que opera el “control difuso”. Pensemos, por ejemplo, en el tren bala del Japón; cualquier parada que haga, sea o no de emergencia, tiene que hacerse de forma gradual, y de eso se trata, de pensar y operar con la gradualidad de los eventos y las propiedades de las cosas.

De manera que entre 0 y 1 hay un conjunto de números que permiten identificar grados, sean grados de realidad o de pertenencia a un conjunto. Los más usuales ejemplos de los “grados de pertenencia” se refieren a nuestras aproximaciones propuestas: “Alto”, “Joven”, “Generoso”. Es evidente que la altura de una persona (o de una casa) está relacionada con grados de pertenencia: fulano es más alto que perengano, sí, pero además la altura de uno y otro remite a una gradualidad. Lo mismo ocurre con “Joven”, pues también es cuestión de grados qué tan joven o no tan joven sea una persona, y nuestras categorías del lenguaje usual incorporan el hecho de que una persona es relativamente más o menos joven. Igualmente, se puede señalar de la generosidad, pues nadie es absolutamente generoso, y la generosidad abarca una gama de posibilidades (véase la ejemplificación en el Apéndice 4).

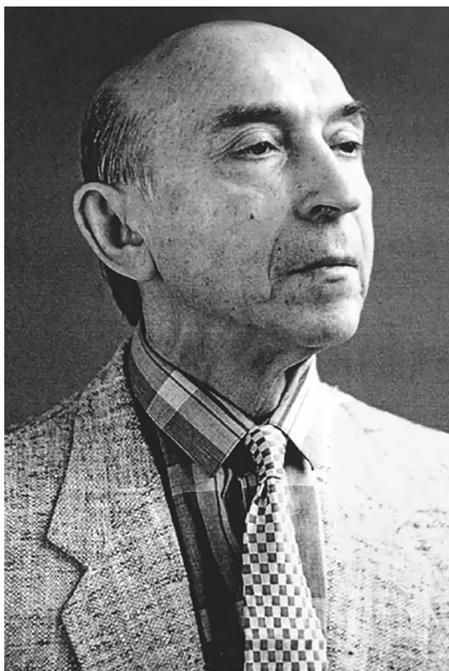
Diferencias entre lógica difusa y lógica clásica

La lógica difusa y la lógica clásica son dos enfoques diferentes que tienen distintas formas de representar y manipular la información. A continuación, se describen las principales diferencias entre la lógica difusa y la lógica clásica:

1. *Tratamiento de la incertidumbre.* La lógica clásica asume que todas las proposiciones son verdaderas o falsas, y que no hay grados intermedios de verdad. En cambio, la lógica difusa permite representar la incertidumbre y la imprecisión mediante conjuntos borrosos y grados de pertenencia.
2. *Interpretación de la verdad.* En la lógica clásica, una proposición es verdadera o falsa, ‘1’ o ‘0’, en función de su valor de verdad. En la lógica difusa, la verdad se interpreta como un grado de pertenencia a un conjunto borroso.
3. *Tratamiento de la negación.* En la lógica clásica, la negación de una proposición es su opuesto lógico (verdad-falso, falso-verdad). En la lógica difusa, la negación se representa mediante el complemento de un conjunto borroso. No es lo mismo la negación que el complemento. Por ejemplo, “fuma-

dor”, en la función proposicional: “ x fuma”. Su negación es “ x no fuma”, “no es el caso que x fume”. En cambio, el complemento de dicha función depende del U , del Universo del discurso, o sea, “toda cosa que no fume” (puede incluir animales, plantas, mesas, computadoras, etcétera).

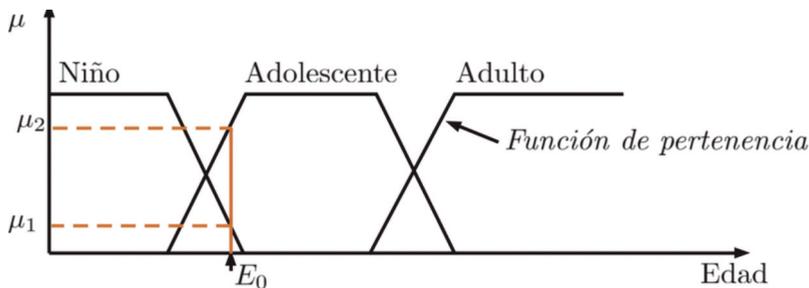
4. A diferencia de la lógica de predicados de Primer Orden (que sólo admite dos cuantificadores, el universal, “para todo x ” y el existencial “Hay al menos un x tal que”), la lógica difusa admite una variedad *cuantificadores borrosos*, como “muchos”, “pocos”, “varios”, “la mayoría de”, etcétera. Estos cuantificadores se pueden interpretar como números difusos que dan una caracterización imprecisa del cardinal de un conjunto borroso o clásico.
5. *Operaciones lógicas*. Las operaciones lógicas en la lógica clásica son la conjunción, disyunción, negación e implicación. En la lógica difusa, además de estas operaciones, también se utiliza la operación de composición para combinar múltiples reglas de inferencia (véase Apéndice 5).
6. *Cálculo de consecuencias*. En la lógica clásica, el cálculo de consecuencias se basa en las leyes de la lógica y en las reglas de inferencia. En la lógica difusa, el cálculo de consecuencias se basa en el uso de reglas difusas y la combinación de múltiples reglas mediante la operación de composición.



L. Zadeh, creador de la teoría de conjuntos difusos.
Fotografía cortesía de Norman Zadeh y Bart Kosko.

En suma, la lógica difusa y la lógica clásica son enfoques diferentes de la lógica que tienen diferentes formas de representar y tratar la información. La lógica difusa permite representar la incertidumbre y la imprecisión mediante conjuntos borrosos y grados de pertenencia, mientras que la lógica clásica asume que todas las proposiciones son verdaderas o falsas. La lógica difusa también utiliza operaciones lógicas adicionales y un cálculo de consecuencias diferente basado en reglas difusas.

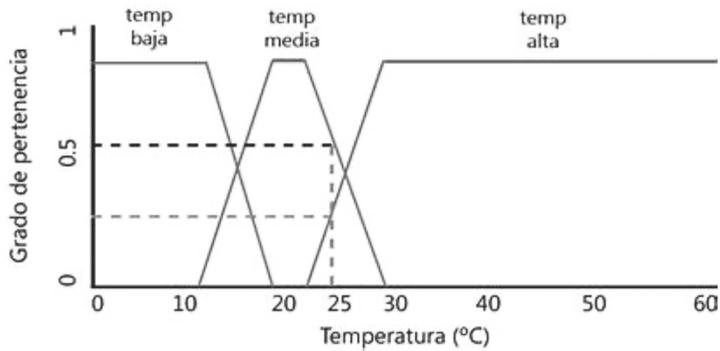
La clave de esta adaptación al lenguaje se basa en comprender los cuantificadores de nuestro lenguaje, en los ejemplos previos “mucho”, “muy” y “un poco”. En la teoría de conjuntos difusos se definen también las operaciones de unión, intersección, diferencia, negación o complemento, y otras operaciones sobre conjuntos en los que se basa esta lógica. Para cada conjunto difuso, existe asociada una función de pertenencia para sus elementos, que indican en qué medida el elemento forma parte de ese conjunto difuso. Las formas de las funciones de pertenencia más típicas son trapezoidal, lineal y curva.



Funciones de pertenencia (véase Apéndice 4).

La lógica difusa es una forma de lógica de computación donde si algo está o no incluido en un conjunto se soporta en una escala graduada en la cual múltiples factores son considerados y valorados por el computador. La idea esencial del control difuso es crear una clase de inteligencia artificial que tenga en cuenta numerosas variables, formula una teoría de cómo mejorar el sistema, ajusta el proceso y aprende de los resultados.

Atendiendo a las posibilidades que brinda el control difuso, se desarrolló, por ejemplo, un sistema de control de temperatura en el rango de 30 hasta 100 grados centígrados, que utiliza algoritmos de lógica difusa.



Fuente: <<https://www.cs.us.es/~fsancho/?e=97>>.

Introducción a la Lógica Difusa

El concepto de la lógica difusa



La forma en que la gente piensa es, inherentemente, difusa. La forma en que percibimos el mundo está cambiando continuamente y no siempre se puede definir en términos de sentencias verdaderas o falsas.

Consideremos como ejemplo el conjunto de vasos del mundo, que pueden estar vacíos o llenos de agua. Ahora tomemos un vaso vacío y comencemos a echar agua poco a poco, ¿en qué momento decidimos que el vaso pasa de estar vacío a estar lleno? Evidentemente, hay dos situaciones extremas que reconocemos sin ninguna duda, la primera cuando el vaso está completamente vacío, sin una sola gota de agua en su interior, y la segunda cuando está completamente lleno, cuando no cabe ni una sola gota más en él, pero una gota antes de estar completamente lleno, ¿diríamos que es falso que el vaso está lleno?, observa que para afirmar su condición, en la frase anterior no solo he usado el término **lleno**, sino que he añadido un modificador diciendo **completamente lleno**. Si a un vaso lleno de agua le quito una gota de agua... ¿dejo de considerarlo lleno y automáticamente pertenece para mí a otra clasificación?

Las definiciones de **vaso completamente vacío** y **vaso completamente lleno** son demasiado estrictas como para que resulten interesantes en un razonamiento en el que se consideran operaciones de llenado y vaciado de vasos, y entre los términos de **lleno** y **vacío** hay un área que no está claramente definida de pertenencia a ninguno de esos extremos. En el lenguaje natural que usamos en el mundo real hemos

Un ejemplo de la vida diaria.

Texto e ilustración, Fernando Sancho Caparrini

<<https://www.cs.us.es/~fsancho/?e=97>>.

Desde el punto de vista de la lógica difusa, como sugiere Zadeh –citado por Obassi (2022: 28 y ss)– la estructura conceptual del Lenguaje Natural Preciso (PNL) resulta ser un lenguaje adecuado para la computación de palabras (a veces referida como computación con palabras y percepciones) porque depura el LN sin excluirlo sino poniendo el énfasis en dos componentes relevantes para la visión difusa: (a) parcialidad y (b) la gradualidad. La primera está relacionada con el hecho de que la mayoría de los conceptos humanos no siempre son bivalentes: un concepto A entraña el complemento de A, cuya notación es \bar{A} . En la lógica clásica, toda cosa tiene una propiedad o tiene su propiedad contraria, pero no las tiene ambas a la vez. Por ejemplo, desde esa lógica la alternativa es: el vaso está vacío o no está vacío. Si le ponemos porcentaje, significaría 100% lleno o 100% vacío. Caemos en una paradoja bivalente. El vaso medio lleno, medio vacío lo demuestra. El agua está en un 50 por 100 en el vaso. No quiere decir que se trata de *probabilidad o de estadística*, cosa que se puede decir, pero no es esta nuestra cuestión. Lo que queremos decir es que el vaso está por la mitad. Expresaba Bart Kosko (1995: 39):

Si por alguna razón cultural nos limitamos a decir que una de dos opciones bivalentes, todo o nada, verdadero o falso, sí o no, tendremos que pagar el precio y pechar con una verdadera contradicción, con un caso de A y no A [...] La cuerda que tiran la bivalencia y la multivalencia esconden una ecuación. La bivalencia dice que la ecuación no existe o no tiene sentido lógico. La multivalencia dice que existe en cierto grado. En los extremos, existe del todo o no existe en absoluto.

Así, por ejemplo, supongamos que vamos al mercado e identificamos que algunas manzanas no son del todo rojas, que tienen vetas de otros colores, incluso verdes. Si queremos colocarlas en dos montones, las que son rojas y las que no lo son, puede que haya un tercer montón, del cual no podemos decir que sean rojas o no rojas: lo serían en cierto grado. Esto rompe la lógica clásica porque los contrarios coinciden. Donde una propiedad no es binaria o absoluta, sino que existe en diferentes grados o intensidades, se presenta una dificultad para la lógica clásica, que se basa en la ley del tercero excluido, la cual establece que una proposición es verdadera o falsa, sin posibilidad de un tercer valor intermedio.

En el ejemplo de las manzanas, si definimos la propiedad “rojo” como una propiedad binaria, es decir, una manzana es roja o no lo es, entonces nos encontramos con un problema al intentar clasificar las manzanas que tienen un grado intermedio de rojez. En este caso, no podemos clasificarlas de manera clara en un montón o en el otro.

Para abordar este tipo de situaciones se desarrollaron lógicas no clásicas, como la lógica borrosa o difusa, que permiten manejar proposiciones o propiedades que tienen grados de verdad o falsedad, en lugar de sólo valores binarios. En la lógica borrosa se utiliza el concepto de grado de pertenencia, que permite asignar a una proposición un valor numérico que representa el grado en que la proposición es verdadera.

En el ejemplo de las manzanas, la lógica difusa nos permitiría asignar a cada manzana un grado de pertenencia al conjunto de manzanas rojas, que podría variar entre 0 y 1, dependiendo de su grado de rojez. De esta manera, podríamos clasificar las manzanas en montones según su grado de pertenencia al conjunto de manzanas rojas, lo que nos permitiría manejar de manera más precisa y adecuada la situación en la que nos encontramos. En ese ejemplo, supongamos que unos y ceros representan la rojez o no rojez total de la manzana. La ristra binaria (101) significa que la primera y la tercera manzana son 100% y la segunda es 0% rojas, y la ristra (000) que ninguna es roja, el conjunto vacío de manzanas rojas. ¿Cuál sería el cálculo y la representación en una lógica difusa?

En una lógica difusa, en lugar de utilizar valores binarios para representar la pertenencia de una manzana al conjunto de manzanas rojas, se utilizan valores continuos en un intervalo de $[0,1]$, que representan el grado de pertenencia de cada manzana al conjunto.

En este caso, si tenemos una ristra de tres manzanas, podríamos representar el grado de rojez de cada una de ellas con un valor numérico en el intervalo $[0,1]$. Por ejemplo, si representamos el valor 0 como “no rojo” y el valor 1 como “totalmente rojo”, podríamos tener las siguientes representaciones difusas para las tres manzanas:

- Manzana 1: 1.0 (totalmente roja).
- Manzana 2: 0.0 (no roja).
- Manzana 3: 0.8 (muy roja, pero con algunas zonas que no lo son).

De esta manera, podemos representar la información de manera más precisa y detallada que con valores binarios. En lugar de tener una sola clasificación para cada manzana (roja o no roja), podemos tener una medida más precisa de su grado de rojez, que nos permita hacer comparaciones y cálculos más precisos. Podría puntualizarse que en el último caso su rojez es sólo 75 por 100. Así, el conjunto coincide con su propio contrario —el conjunto de las manzanas no rojas— sino que muestra que la propiedad no puede ser máximamente roja en estos casos, ni mínimamente no roja.

Podemos precisar aún más con un par de ejemplos.

Para representar la interpretación “Ana es joven es casi cierto” mediante conjuntos difusos, podríamos asignar valores en el intervalo $[0,1]$ que representen el grado de verdad de la sentencia. En este caso, podríamos utilizar el siguiente conjunto difuso:

“Casi cierto”: un valor numérico en el intervalo $[0.7, 1.0]$

De esta manera, podemos representar que la sentencia “Ana es joven” es muy probablemente verdadera, pero no podemos estar completamente seguros.

En otro ejemplo, la interpretación de “Ana es joven es casi falso” mediante conjuntos difusos, podríamos asignar valores en el intervalo $[0,1]$ que representen el grado de verdad de la sentencia. En este caso, podríamos utilizar el siguiente conjunto difuso:

“Casi falso”: un valor numérico en el intervalo $[0.0, 0.3]$

De esta manera, podemos representar que la sentencia “Ana es joven” es muy probablemente falsa, pero no podemos estar completamente seguros.

Por lo tanto, el conjunto difuso para la interpretación “Ana es joven es casi falso” podría ser:

Ana es joven: $[0.0, 0.3]$

Este conjunto difuso representa que la sentencia “Ana es joven” tiene un bajo grado de verdad, pero no es completamente falsa.

La segunda propiedad del lenguaje natural preciso (LNP) es, justamente, la gradualidad, que se refiere a la agrupación de valores de atributos, formando *gránulos con palabras* con etiquetas, como, por ejemplo, joven, mediana edad, “adulto joven”, adulto mayor... Nos referimos a situaciones en las que resulta difícil determinar la pertenencia o no pertenencia de los elementos a un conjunto. Por ejemplo (Aranda, 2001), consideremos los siguientes enunciados:

Números naturales mucho mayores que 100

Ríos largos

Personas pobres

Personas ricas

Personas adultas

Mujeres altas

Si se quisiera formalizar las relaciones de los seres humanos con nuestro entorno, sobre todo referido al lenguaje que empleamos cotidianamente, nos encontraremos casi siempre con conceptos imprecisos. Solemos referirnos a un día particular como “es un día soleado”, una expresión menos exacta que si dijéramos “hay tanto por cierto de nubosidad”, o “hace una temperatura de 28 °C”, pero aquella resulta más clara para la comunicación. No se diga de otras expresiones como calificar “eso que dijiste es una tontería”. Por ejemplo, “mayor de edad” es un predicado preciso; en cambio, “maduro” es un predicado vago.

Sin embargo, debemos ver el alcance de los términos que utilizamos. El significado de la expresión “día soleado”, cuando se refiere al porcentaje de nubes del cielo, no puede ser totalmente arbitrario (Aranda, 2001). No lo es puesto que resultaría inadecuado usarlo para indicar 0% de nubes, ni tampoco para 100% de nubosidad (referido a “un día nublado”). Aunque en la vida cotidiana no lo hacemos, bien podríamos indicar ciertos valores intermedios, digamos como 15 o 25%. El problema es dónde se pone la frontera: ¿18% no sería “soleado”? Si nos manejamos con conceptos tajantes, radicales, no habría respuesta, mientras que, si admitimos en nuestro sistema de creencias cierta vaguedad permitiendo una transición suave entre porcentajes (Kosko, 1995; Aranda, 2001; Obasi, 2022), por ejemplo, de nubosidad, entonces cabe darle un sentido difuso, pero más adecuado y considerar un día como más o menos, o hasta cierto punto, soleado.

Problemática epistemológica y las dos culturas

En cualquier proceso se puede advertir que se trata de acontecimientos que surgen de una transición suave entre un estado de cosas y otro nuevo. La Modernidad se apuntaló en la utilización de la matemática como medio para conocer e interpretar la Naturaleza, con lo cual conformó progresivamente una nueva visión del mundo (*Weltanschauung*) diferente a la aristotélico-tomista, basándose en el empleo de instrumentos de medición. Se conformó así una “matriz epistemológica” que buscaba la exactitud y la certeza en lugar de la autoridad y las consignas del dogma.

David Wootton (2017: 228) mantiene que la “matematización del mundo a lo largo del siglo XVII” se preparaba desde bastante tiempo antes. “La pintura en perspectiva, la balística y la fortificación, la cartografía y la navegación prepararon el camino para Galileo, Descartes y Newton”. Pero no se trataba de precedentes de tipo meramente instrumental porque la metafísica del siglo XVII reasumió el carácter abstracto del espacio, que había formulado en su parte lógica los *Elementos* de

Euclides. Si el espacio se tematiza como algo “abstracto e infinito, y la localización y el movimiento como algo relativo” (2017: 228) se remonta a la contabilidad de doble entrada y con los intentos de automatizar el cálculo matemático. Uno de los elementos primordiales fue la confección de calendarios. “De su confección se encargaban monjes y sacerdotes que recibían el nombre de *calculadores*”. Y sobre ello concluye Corabantes (2016: 48):

Por lo tanto, las primeras calculadoras de todos los tiempos no fueron las electrónicas del siglo XX ni las mecánicas del siglo XVII, sino hombres encerrados en cubículos que se pasaban la vida efectuando operaciones matemáticas a la luz de un candil.

La presencia de la matemática en la cultura occidental tuvo que encarar múltiples obstáculos. Existió una enorme resistencia a adoptar la numeración arábiga, que no alcanzó el nivel académico hasta que el matemático italiano Leonado Fibonacci introdujo en 1228 dicha numeración. Un problema epistemológico permaneció porque la numeración arábiga emplea el número cero (al igual que la numeración que inventaron los mayas) y eso era contraria a la creencia de que “no existe el vacío”, de modo que no podría haber un signo referido al conjunto que no tiene elementos.

Wootton (2017: 228) señala que la Revolución Científica fue, ante todo, “una revuelta de los matemáticos contra la autoridad de los filósofos”, porque como hemos examinado páginas atrás, los filósofos, es decir, los clérigos, controlaban el plan de estudios de la universidad. Pero, por razones de vida práctica, “los matemáticos tenían el padrinazgo de príncipes y mercaderes, de soldados y marinos” (2017: 228). Como ofrecieron la invención de muchos instrumentos para las mediciones cartográficas, por ejemplo, los matemáticos obtuvieron una visión del cosmos que se aproximó paulatinamente a mediciones más exactas (algo con lo que soñaron los primeros *calculadores* para diseñar los calendarios). “Exactitud y certeza: estas eran las consignas de la nueva ciencia”, puntualizó Wootton.

Pero no se llegó a esa tesis de manera fácil. David Wootton afirma que la resistencia contra las matemáticas fue una de las principales barreras para el desarrollo de la ciencia en la Europa medieval y renacentista. En la antigüedad, el conocimiento se basaba en gran medida en la observación y la experiencia (que no la experimentación), y la matemática no parecía tener un papel relevante en este enfoque. Además, las matemáticas se asociaban con el pensamiento aristotélico, que enfatizaba, pese a Aristóteles, solamente la lógica deductiva y la razón, en contraposición con la experiencia empírica y el conocimiento de los hechos y su interpretación.

Pero aún las necesidades sociales asociadas con el cálculo en muchos sentidos de la vida, habría de dejar fuera el predominio de los clérigos. Wootton argumenta que la resistencia a las matemáticas comenzó a disminuir a medida que se comenzó a ver su utilidad en la resolución de problemas prácticos, como la navegación, la cartografía y la astronomía. Además, la creciente influencia de la cultura matemática árabe y la recuperación de los textos griegos, incluyendo obras matemáticas, también contribuyó a la aceptación de las matemáticas en la ciencia.

Según vimos antes, con el triunfo de la Revolución Científica se afianzó la confianza en las mediciones y los cálculos. En este punto discutían metodológicamente racionalistas y empiristas, y el punto de discrepancia era si había certeza en el “conocimiento empírico”. La filosofía de la ciencia posterior habría de tratar de responder a eso que Popper llamó “el problema de la base empírica”, que aún sigue dando mucho de qué hablar.

Las investigaciones del lenguaje natural preciso (PNL) han probado que no es verdad que el lenguaje natural carezca de precisión, de modo que no resultaría útil para las pesquisas matemáticas y las operaciones en computación electrónica. En el PNL se parte de que el conocimiento del mundo se apoya en la percepción, pero que ésta es imprecisa de manera intrínseca. De modo que la información basada en el lenguaje natural tiene que ser difusa, gradual, aproximativa. En la lógica difusa se utiliza en el procesamiento del lenguaje natural para capturar la incertidumbre y la ambigüedad del lenguaje humano mediante el uso de conjuntos y operaciones difusos (véase Apéndice 4). Esto permite la realización de tareas como la identificación de temas, la extracción de información, la clasificación de textos y la traducción automática de manera más precisa y eficiente.

Una consecuencia de las innovaciones de Lotfi Zadeh es que debemos reconstruir los conceptos y las técnicas para la representación del conocimiento, así como la definición de los conceptos (en términos fronterizos y no bivalentes), lo mismo que la deducción y la respuesta a las preguntas (Obasi, 2022). De modo que: “Una proposición sólo es precisable si es representable en una forma abierta a la computación y la deducción” (Obasi, 2022: 29).

Con base en ello, la lógica difusa ha hecho aportaciones significativas a la IA. Como señalamos, la lógica difusa es una rama de la lógica que se enfoca en el tratamiento de la incertidumbre y la imprecisión, lo que la hace especialmente adecuada para el análisis y la toma de decisiones en situaciones complejas y ambiguas (Kosko, 1995).

Uno de los principales aportes de la lógica difusa a la IA es su capacidad para modelar y representar la incertidumbre y la imprecisión. Esto es especialmente útil

en campos como la robótica, la toma de decisiones en tiempo real, el procesamiento del lenguaje natural, la visión por computadora, entre otros.

Además, la lógica difusa ha permitido el desarrollo de sistemas inteligentes que pueden aprender de forma autónoma y adaptarse a cambios en su entorno. Por ejemplo, los sistemas de control difuso se utilizan comúnmente en la industria para controlar sistemas complejos, como procesos químicos o de fabricación. Otro ejemplo de cómo la lógica difusa ha aportado a la IA es en la mejora de la eficiencia energética de edificios y hogares (“edificaciones inteligentes” se les llama). Por su parte, los sistemas de control difuso se utilizan para optimizar el consumo de energía al adaptarse a las condiciones cambiantes del ambiente, como la temperatura y la humedad (de ahí que sea un asunto que didácticamente se repite mucho).

Para quienes trabajan en las áreas de humanidades, les vendría bien una mirada por los logros de la lógica difusa. Los mencionamos porque esta lógica se utiliza en el procesamiento del lenguaje natural para capturar la incertidumbre y la ambigüedad inherente al lenguaje humano. Como se sabe, desde Aristóteles la ambigüedad puede surgir en el lenguaje natural debido a la polisemia (palabras que tienen múltiples significados), la anáfora (uso de pronombres sin un referente claro), la ironía y el sarcasmo, entre otros factores y modalidades retóricas.

En el procesamiento del lenguaje natural, la lógica difusa se utiliza para la identificación de temas, la extracción de información, la clasificación de textos, la traducción automática, entre otras tareas. Por ejemplo, los sistemas de clasificación de textos basados en lógica difusa utilizan conjuntos difusos para representar las características de los textos y las operaciones difusas para calcular la similitud entre diferentes textos. Muchos de estos procedimientos acompañan a la IA y cada vez más estarán a disposición de los usuarios interesados. Una de sus bases de apoyo es la lógica difusa.

Podría ser evidente que dentro de la formación de los humanistas y los científicos sociales se deberían incorporar estos y otros desarrollos de las lógicas en los planes de estudios. Sin embargo, la matemática y la lógica simbólica no son unos dominios centrales en sus estudios y no se utilizan de manera tan frecuente como en otras áreas de la ciencia. Aunque muy probablemente los avances de la IA despierten un importante interés en los programas de estudios de aquéllos.

En la tradición humanista, la investigación se enfoca en el estudio de las humanidades, es decir, en el análisis y comprensión de la cultura, la historia, la literatura, el arte, la filosofía y otras disciplinas relacionadas con lo que André Malraux llamó alguna vez “la condición humana”. En esa contraposición, la matemática no se utiliza de manera tan explícita, continua y entusiasmada en estas áreas de estudio. Pero existen

algunos casos y espacios donde la matemática es aplicada en el análisis de ciertos aspectos de la cultura y la sociedad. Sin embargo, siguen siendo una extravagancia.

De hecho, conforme a lo que hemos mostrado, creemos que hay muchos posibles incentivos para la incorporación de lógicas no clásicas en la formación de humanidades y ciencias sociales. La lógica difusa podría ayudar a las humanidades de varias maneras, ya que su capacidad para manejar la ambigüedad y la incertidumbre podría ser de gran utilidad en algunas áreas de estudio.

Una de las áreas donde la lógica difusa podría ser útil es en la lingüística, donde podría ayudar a modelar la imprecisión y la ambigüedad inherentes al lenguaje humano o LN. La lógica difusa podría ser utilizada para analizar la polisemia (palabras con múltiples significados), la vaguedad y la ambigüedad en la construcción de frases y oraciones, y para proporcionar un marco más preciso para el análisis de conceptos lingüísticos como la ironía, el sarcasmo y la connotación.

Otra área donde la lógica difusa podría ser útil es en la literatura y la crítica literaria, podría ser utilizada para analizar y clasificar textos de manera más precisa y eficiente. Además, podría ayudar a clasificar los textos según su estilo, género, tono y otros aspectos importantes, y proporcionar una forma de comparar textos de manera más objetiva.

También podría ser utilizada en historia, sociología y otras disciplinas de las humanidades para modelar la complejidad y la incertidumbre de los datos históricos y sociales. La lógica difusa podría proporcionar un marco más preciso para la modelización de patrones y tendencias en la historia y la sociedad, y podría ayudar a identificar relaciones y conexiones que de otra manera podrían pasar desapercibidas.

Epígrafe

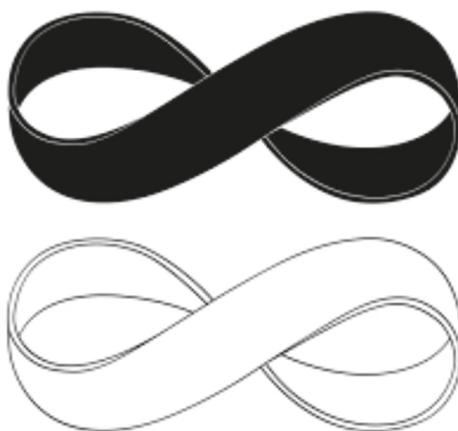
Ciencia y humanidades: confluencia de un objeto matemático

La figura de la Banda de Möbius es tal vez una inmejorable presentación de la convergencia entre los dominios de las ciencias y las humanidades cuyo gozne de interrelación es la mente humana. Esta afirmación se sustenta en el hecho de que la Banda de Möbius es un objeto matemático interesante que puede ilustrar la relación entre las ciencias y las humanidades de varias maneras.

En primer lugar, la Banda de Möbius es un ejemplo de un objeto topológico, lo que significa que pertenece a la rama de las matemáticas que estudia las propiedades de los objetos que se conservan a pesar de que se deformen, estiren o compriman. La

topología es una disciplina que se encuentra en la intersección de las matemáticas y la física, y también puede ser relevante para la ingeniería y la arquitectura. Por lo tanto, la Banda de Möbius muestra cómo las matemáticas pueden ser relevantes en campos que tradicionalmente se han considerado más enfocados en las ciencias aplicadas.

Por otro lado, también tiene implicaciones en la filosofía y la literatura. Por ejemplo, la Banda de Möbius se puede considerar una metáfora para la noción de la *dualidad* en la filosofía, donde dos conceptos opuestos aparentes son en realidad *dos caras de la misma moneda*.



Banda de Möbius, autor desconocido.

También se utiliza como un símbolo literario en la poesía y la prosa, como un ejemplo de algo que es aparentemente simple pero que tiene una complejidad oculta. Estas interpretaciones muestran cómo la Banda de Möbius¹ puede ser relevante para la reflexión sobre el mundo humano, las emociones y la cultura.

¹ La Banda de Möbius fue descubierta por el matemático alemán August Ferdinand Möbius en 1858. Möbius estaba interesado en la geometría y en particular en los objetos tridimensionales que tenían propiedades interesantes. Descubrió la Banda de Möbius mientras investigaba las superficies de doble curvatura, y notó que esta cinta retorcida tenía la propiedad única de tener una sola cara y un solo borde.

El ejemplo es el cuento *El jardín de senderos que se bifurcan*, de Jorge Luis Borges, donde se constata que la literatura puede estar estrechamente relacionada con las matemáticas y la filosofía.²

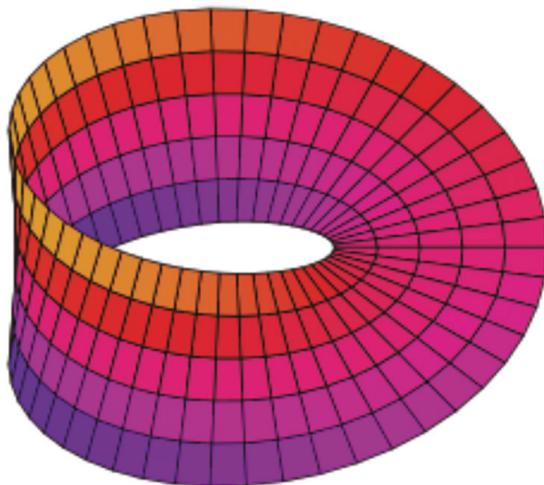


Figura de autor desconocido bajo licencia de Creative Commons CC BY-SA-NC.

Y es que la idea de senderos que se bifurcan está estrechamente relacionada con la teoría de la bifurcación en las matemáticas, la cual se refiere a cómo los sistemas dinámicos cambian de comportamiento cuando se cambian los parámetros. Es decir, cuando un sistema se encuentra en una bifurcación, puede tomar uno de varios caminos posibles. Borges, al igual que los matemáticos, está interesado en las posibilidades y las diferentes direcciones que puede tomar un sistema, y cómo esos caminos bifurcados pueden afectar el resultado final.

La Banda de Möbius es una construcción matemática que parece tener “caras” pero que en resolución es sólo una. O que siendo una tiene dos caras. Es decir, la superficie de la Banda de Möbius como una cinta retorcida con un solo borde y una sola cara. Entonces, en ella se puede seguir la línea a lo largo de la superficie sin cruzar nunca el borde, lo que ilustra la propiedad interesante de la Banda de Möbius:

² En el cuento, el personaje principal es un chino que ha creado un laberinto de senderos que se bifurcan, cada uno de los cuales lleva a diferentes resultados y posibilidades.

una sola superficie en dos manifestaciones. Su propiedad de tener una sola cara y un solo borde la convierte en un objeto interesante para explorar las nociones de *dualidad* y *unicidad* en la cultura y la sociedad.

En suma, se trata de una imagen interesante para representar topológicamente la idea de que “lo más externo es lo más interno y viceversa”. La Banda de Möbius es un objeto matemático que puede tener implicaciones tanto en las ciencias como en las humanidades. Su capacidad para desafiar nuestra comprensión intuitiva del espacio y la geometría puede ser relevante para la ciencia, mientras que su potencial como símbolo literario o filosófico puede ser relevante para la reflexión sobre la humanidad y la cultura.

Conclusiones

La temática de la mente y el lenguaje se exploran de diversas maneras y con distintos métodos de análisis desde el siglo XVI. Aquí hemos propuesto un desarrollo que dividimos por niveles de estudio y comprensión.

El texto busca exponer la complejidad de las relaciones entre diferentes niveles de análisis bajo una concepción de la información como algo que recibimos como especie, además de la información cultural que procesamos, la cual constituye nuestro repertorio de creencias y que se determina definiendo marcos epistémicos que cambian en la historia (indicándonos qué se puede conocer y qué no). Buscamos exponer cómo todo esto se relaciona con las sociedades conectadas por medio de y dependientes de la tecnología digital.

En primer lugar, se menciona la importancia de las investigaciones en neurociencias para entender nuestras posibilidades y limitaciones, considerando nuestra contextura genómica. Esto nos lleva al segundo nivel de análisis, que se refiere a las teorías de la mente y cómo se relacionan con el cerebro humano, lo que a su vez está vinculado con la información que recibimos como especie y la información cultural que procesamos.

Las neurociencias son ciencias experimentales que tratan de explicar cómo funciona el cerebro y se valen del método de observación, experimentación e hipótesis, características de las ciencias empíricas. Las técnicas de neuroimagen, sea la resonancia magnética estructural como la funcional, son las que permiten descubrir la localización de distintas actividades y funciones del cerebro. Sin embargo, las teorías en las llamadas “ciencias cognitivas” y las técnicas mencionadas, no agotan la temática de la mente. Porque el cerebro tiene una historia evolutiva, pero ha experimentado y sigue experimentando cambios según las condiciones ambientales. Este último es el

terreno de lo que hemos mencionado como la información cultural, misma que nos es heredada en un proceso de transferencia desde el núcleo primario de socialización.

Por ello, el tercer nivel de análisis que proponemos se refiere a las estructuras del lenguaje natural y los lenguajes artificiales, que tienen que ver con fundamentos de teorías de lógica y semántica. Este nivel está relacionado con nuestras creencias y marcos epistémicos, lo que permite hablar del pluralismo lógico y la formulación de máquinas que trabajan con principios de cálculos precisos e imprecisos o difusos, desde la exactitud que se les atribuyó en un principio, hasta máquinas que funcionan con lógicas difusas en conjunción con redes neuronales.

Hemos hecho particular énfasis en *la diversidad de estudios sobre los sistemas de creencias*, tanto empíricos como analíticos, e incluso examinamos las ideas de Peirce sobre la fijación de las creencias. Pensamos que las razones son las siguientes. Por una parte, los sistemas de creencias desempeñan un papel trascendente en nuestras vidas y actividades (familiares, comunitarias, escolares, políticas, económicas), ya que influyen en la toma de decisiones, respecto de las actitudes y los comportamientos que adoptamos, y son relevantes en relación con la forma en que interpretamos y entendemos el mundo que nos rodea. Por lo tanto, parece que es significativo tener una comprensión clara de cómo se forman y mantienen estos sistemas de creencias.

Consideramos que la diversidad de estudios sobre los sistemas de creencias refleja la complejidad y la variedad de los factores que influyen en su formación y mantenimiento, desde los procesos psicológicos individuales hasta los factores culturales y sociales más amplios. Incluso subrayamos el papel que desempeñan a este respecto las *Weltanschauungen*. En fin, la exploración de estas diferentes perspectivas puede proporcionar una comprensión más amplia y completa de los sistemas de creencias. El que se conjeture acerca de su posible indagación empírica, cognitiva, es algo que debe despertar el interés de quienes trabajan en áreas sociales la cuestión de las creencias.

En otra parte del texto examinamos los sesgos cognitivos. Como indicamos, se trata de patrones sistemáticos de desviación de la razón y la objetividad que pueden afectar nuestra toma de decisiones y nuestra capacidad para procesar y comprender información de manera precisa (al ser conscientes de estos sesgos, podemos identificarlos y corregirlos, lo que nos permitirá tomar decisiones más informadas y precisas).

Expusimos las ideas de Peirce sobre la fijación de las creencias, porque nos ayudan a comprender, desde una perspectiva semiótica, cómo se forjan las creencias y cómo los seres humanos solemos ser propensos a mantener creencias erróneas o falsas, y cómo estas creencias pueden ser perpetuadas por factores como la confirmación sesgada y la falta de evidencia empírica. La respuesta de Peirce es que la ciencia

es la mejor forma de establecer creencias susceptibles de evaluación y corrección. Aun en ese campo del saber siempre hay una comunidad que discute, argumenta, defiende y trata de convencer a sus colegas. La ciencia es un conjunto racional y fiable de creencias –como lo mostró Peirce (2012: 334).

En conjunto, la exploración de la diversidad de estudios sobre los sistemas de creencias (incluidos los sesgos cognitivos), así como las formulaciones de Peirce sobre la fijación de las creencias, pueden proporcionar una comprensión más profunda y completa de cómo se forman y mantienen las creencias humanas, y cómo éstas pueden ser desafiadas y cambiadas a partir del pensamiento crítico y la evidencia empírica. Esta comprensión puede ser valiosa en una variedad de contextos, desde la educación hasta la toma de decisiones individuales y colectivas.

Examinamos los puntos centrales de la discusión sobre si las máquinas pensantes tienen o no creencias. Sin duda se trata de un tema complejo y que involucra actualmente varios campos de estudio, como la filosofía de la mente, la psicología cognitiva, la inteligencia artificial y la neurociencia.

Algunos argumentan que las máquinas pensantes pueden desarrollar creencias a partir de sus experiencias y su capacidad para procesar y almacenar información. En este sentido, algunos modelos de inteligencia artificial buscan simular los procesos cognitivos humanos y permitir que las máquinas generen creencias y tomen decisiones con base en éstas.

En cambio, otros argumentan que las máquinas pensantes no pueden tener creencias, ya que éstas son propiedades de los seres conscientes y emocionales, y las máquinas no tienen conciencia ni emociones. Además, hay quienes sostienen que las creencias están estrechamente ligadas con la experiencia y la cultura, y las máquinas no pueden experimentar ni tener cultura en el sentido humano de la palabra.

En general, la discusión sobre si las máquinas pensantes tienen o no creencias sigue siendo un tema de debate y controversia, ya que involucra preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la mente, la conciencia y la inteligencia. A medida que la tecnología avanza y las máquinas se vuelven cada vez más sofisticadas, es posible que esta discusión continúe evolucionando y produciendo nuevas perspectivas y teorías.

En resolución, comprender la información que recibimos como especie, la información cultural que procesamos, nuestras creencias y marcos epistémicos, y cómo todo esto se relaciona con las sociedades conectadas y dependientes de la tecnología digital, requiere un enfoque multidisciplinario que abarque diferentes niveles de análisis, desde las investigaciones en neurociencias hasta los lenguajes artificiales y las teorías de lógica y semántica. Sólo así podremos comprender la complejidad de nuestras sociedades actuales y tomar decisiones informadas para el futuro.

El presente libro es una apelación a los necesarios diálogos entre esas disciplinas científicas y las humanidades. Recordemos que, en los orígenes del saber occidental, la filosofía representaba todo el campo de la sabiduría. De manera que el saber se unificaba en la filosofía, incluso las modalidades del saber cómo y del saber que sobre la Naturaleza y la humanidad. Pero la teología rompió el tronco y dogmatizó el conocimiento, limitándolo y expulsando a los que no profesaban el sistema de creencias oficial.

De alguna manera, la Ilustración volvió a intentar la integración de los saberes. Kant fue un propulsor de las interrelaciones entre los campos del saber. Las sucesivas reformas universitarias tuvieron como trasfondo, no siempre visualizado, las revoluciones en las ciencias y, sobre todo, de las tecnologías. Pero éstas han avanzado en forma vertiginosa, mucho menos que las humanidades y la filosofía.

Debido a ello, se debe volver al diálogo multidisciplinario e incrementar el indispensable intercambio entre humanidades y ciencias, en especial porque son esos desarrollos algo esencial para el desarrollo y uso responsable de la inteligencia artificial. El intercambio entre humanidades y ciencias es crucial en el desarrollo de la IA por varias razones. Señalemos al menos tres.

Por un lado, la IA se está convirtiendo en una herramienta cada vez más importante en una amplia gama de campos, desde la atención médica —en una sorprendente gama de aplicaciones— hasta la conducción autónoma de vehículos. No se diga el empleo vertiginoso de sistemas de IA accesibles para usar información de las fuentes más diversas, a una gran velocidad y sin el correspondiente “derecho de autor” porque el “autor” es una máquina inteligente con la cual nos comunicamos.

Sin embargo, el desarrollo de la IA y su uso efectivo depende en gran medida de una comprensión clara de las necesidades humanas y sociales. Aquí es donde las humanidades, que se enfocan en el estudio de la cultura, la historia, la filosofía, la ética y las ciencias sociales, pueden proporcionar perspectivas críticas y ayudar a establecer límites éticos y legales en el desarrollo y uso de la IA. Esto es, sin duda, un campo abierto, pero de ninguna manera lejano en el tiempo.

Por otro lado, la IA es una tecnología compleja y su desarrollo requiere —como hemos visto— la integración de habilidades y conocimientos de diversas disciplinas, desde la informática hasta la lingüística y la psicología. La colaboración entre humanidades y ciencias puede fomentar una comprensión más amplia de las necesidades y limitaciones de la IA, así como de su impacto social y cultural.

Por último, la IA es una tecnología en constante evolución y su impacto en la sociedad puede ser difícil de prever. Las humanidades, a partir de la reflexión crítica y el pensamiento creativo, pueden proporcionar una comprensión más profunda de

las implicaciones sociales, culturales y éticas de la IA y ayudar a guiar su desarrollo de manera responsable.

Hoy, el futuro ya está a nuestras espaldas sin que nos percatemos del todo, porque nos rebasa sin darnos cuenta. La dinámica de la IA lo testimonia.

La colaboración entre ciencias y humanidades puede proporcionar una comprensión más amplia de las necesidades humanas y sociales, integrar habilidades y conocimientos de diversas disciplinas y ayudar a establecer límites éticos y legales en el desarrollo y uso de la inteligencia artificial.

Pero no debemos cerrar este apartado final sin enfatizar un tema central en las indagaciones históricas que presentamos: la libertad de investigación. Es un valor de las sociedades democráticas y hoy corre el mismo destino que éstas. La libertad de investigación es esencial para el desarrollo de la inteligencia artificial por varias razones. En primer lugar, la inteligencia artificial es una disciplina crecientemente interdisciplinaria que –como examinamos– se basa en la investigación en áreas como la informática, las matemáticas, la psicología y la filosofía. Por lo tanto, cualquier limitación de la investigación en cualquiera de estas áreas seguramente podría obstaculizar el desarrollo de la inteligencia artificial y restringir su capacidad para resolver problemas complejos y para realizar tareas complejas, tanto en la fundamentación teórica como en sus aplicaciones técnicas y tecnológicas.

En segundo lugar, la inteligencia artificial es una tecnología en constante evolución, y para mantenerse actualizada y competitiva, necesita una investigación continua y libre en nuevas tecnologías, técnicas y enfoques. La limitación de la investigación puede restringir el avance de la tecnología y su capacidad para cumplir con las demandas cada vez mayores de la sociedad.

En tercer lugar, la inteligencia artificial tiene –¿quién lo duda?– un potencial enorme para mejorar la calidad de vida de las personas, por ejemplo, a partir del diagnóstico y tratamiento médico, la mejora de la seguridad y la eficiencia de los sistemas de transporte, y la creación de soluciones de energía más sostenibles, entre muchas cosas más. La limitación de la investigación en la inteligencia artificial podría restringir la capacidad de la tecnología para abordar estos problemas importantes y mejorar la calidad de vida en general.

Por lo tanto, es necesario proteger y fomentar la libertad de investigación en el campo de la inteligencia artificial para garantizar que la tecnología continúe evolucionando y pueda cumplir con su potencial para mejorar la vida humana. Cualquier posible intimidación también será un desafío para su análisis dentro del campo de las humanidades y las ciencias sociales.

Apéndices

Apéndice 1 **Cerebro, inteligencia, mente**

Actualmente podemos patentizar las reales conexiones entre el cuerpo y la mente gracias a los hallazgos más recientes sobre el neocórtex o corteza cerebral. En esa superficie, que ocupa 80% del volumen del encéfalo, es donde residen funciones como el pensamiento, la voluntad, la percepción sensorial y las bases biológicas del lenguaje. Ha quedado plenamente establecido (Nicolelis, 2022) que el sistema nervioso permite codificar sentimientos y pensamientos; condensa la información diversa que recibe del mundo externo y del propio cuerpo. La inteligencia emerge cuando el cerebro razona, planea, plantea y responde preguntas; es el órgano que desempeña un conjunto de funciones que hacen posible el aprendizaje, que genera las condiciones para la inscripción del lenguaje y los símbolos de la cultura en la que se vive; y también permite la conservación en la memoria de informaciones, así como del olvido y “depuración” de los recuerdos (Alonso Peña, 2018).

Sabemos que las emociones y la motivación responden en buena medida a dos estructuras cerebrales específicas: el sistema límbico y el córtex prefrontal. Igualmente, se sabe desde las neurociencias que la alternación de tales estructuras trastorna la capacidad emocional, la motivación y el comportamiento. En el primer sistema, formado por un conjunto de núcleos situados en la parte interna y lateral de los dos hemisferios cerebrales, es el responsable de la percepción del mundo, por ejemplo, por medio del olfato, así como la distinción de los colores y todo aquello que de manera primaria hace posible el tipo de respuesta más adecuado al estímulo (Acarín, 2018). Aunque los olores conforman de manera significativa nuestro aparato emocional, pues conservamos en la memoria olfativa los recuerdos del effluvio de alimentos y viandas que compartía nuestra abuela en nuestra niñez, la evolución ha pulido el sistema de conexiones del sistema límbico y transformado el olfato. A diferencia de otros mamíferos, los seres humanos tenemos una capacidad bastante limitada, por ejemplo, para reconocer a nuestra pareja sólo por el olfato. Aunque debemos recordar el papel que cumple la industria de la perfumería en la seducción erótica. O la transformación de un mundo sin emanaciones a otro con perfumes,

descrita en la novela *El perfume*, del escritor alemán Patrick Süskind, ubicada en Francia en el siglo XVIII.

Debemos tener presente una estructura fundamental del sistema límbico: la amígdala, relacionada con la agresividad y la afectividad, y en correlación con otras estructuras (hipocampo, giro cingular) involucradas con la capacidad del libre albedrío o la capacidad de elección. Todo esto desde el punto de vista de las condiciones neurales, mismas que desde luego tienen una interacción con la cultura en la que se vive.

Por su parte, el córtex prefrontal hace posible, mediante infinidad de redes neurales, la existencia de diversas funciones cognitivas, que se pueden resumir en tres conjuntos (Acarín, 2018: 254):

- La memoria funcional, conciencia del presente y memoria del pasado.
- La programación de iniciativas, estrategias y logística para elecciones a largo plazo (sobre todo para el programa de vida).
- La autocrítica, o sea, la capacidad para inhibir conductas, incluso para valorar sus resultados.

En suma, nuestras capacidades y funciones mentales tienen una base neural, de tal modo que podemos constatar que cualquier afectación al sistema cerebral (sobre todo en las estructuras que mencionamos) trastoca el pensamiento, la voluntad y los sentimientos.

Pensamiento e inteligencia

Por otra parte, el pensamiento supone inteligencia y la inteligencia es resultado de procesos adaptativos que la evolución ha seleccionado, con un doble componente estructural y funcional, que se modifican por la acción misma y por las interacciones con los acontecimientos de la realidad. Para la filosofía y para las ciencias cognitivas, los temas que tienen relación entre el cerebro y la mente son significativos, sobre todo a la hora de establecer los procesos de la “mente mecánica”.

Si bien es aceptado por consenso que el cerebro es un ente físico y concreto, investigable en su anatomía y funcionalidad, la cuestión de su relación con la mente es un asunto no definitivamente resuelto ni tiene anuencia universal. La palabra “mente” proviene de *mens*, una voz de raíz latina que significa “pensar”. Hemos señalado que los animales superiores piensan, pero cabe preguntarse si tienen mente. Esta pregunta se extiende a los aparatos e instrumentos que actualmente llamamos

“inteligentes” y sobre los cuales muchos cuestionan si es correcto atribuirles funciones mentales. La diferenciación entre la mente y el cerebro no ha sido del todo establecida consensualmente por la comunidad científica internacional, aunque la mayoría de los especialistas en estas materias coinciden en su separación conceptual.

De cualquier forma, no podemos dejar de aceptar que *sin cerebro no hay mente*. El cerebro que tenemos los seres humanos, como también los animales superiores, no es dado por la evolución y lo heredamos de nuestros padres y ancestros. ¿Hay diferencias entre el cerebro de esos animales y el de los seres humanos? En ambos casos se observa que las estructuras básicas son semejantes en sus distintos componentes, incluyendo la corteza cerebral. Pero es justamente en ésta donde se encuentra una gran cantidad de diferencias. Nuestro cerebro es más grande que el cerebro de, por ejemplo, cualquier animal doméstico. Sin embargo, la proporcionalidad del cerebro no se cumple respecto del cuerpo: los gorilas, por ejemplo, son ligeramente más grandes que nosotros, pero tienen un cerebro más pequeño que el nuestro.

Como señaló Piaget, la conformación cerebral tiene que ver con la interacción entre componentes estructurales y funcionales. Y aquí sí la inteligencia humana supera con creces a la de los animales superiores, porque se caracteriza por la generación de progresivas estructuras (mentales), las cuales se interrelacionan con el lenguaje. Sólo los seres humanos tenemos acceso a los sistemas simbólicos y lingüísticos. Somos seres humanos por esa combinación entre las propiedades neurales (heredadas) y el lenguaje (que nos es transmitido desde el grupo primario de socialización). En rigor, los sentimientos y el pensamiento constituyen “propiedades emergentes”, como advertimos un poco más adelante. El saber conceptual, que implica lenguaje y sistemas simbólicos, también es una propiedad emergente respecto de las condiciones cerebrales.

Recapitulando, las capacidades y funciones mentales humanas tienen una base neural, lo que significa que están relacionadas con la actividad del cerebro y el sistema nervioso. Diferentes estudios demuestran que cualquier afectación al sistema cerebral, especialmente en las estructuras que se encargan del pensamiento, la voluntad y los sentimientos, puede alterar significativamente estas capacidades y funciones.

Por ejemplo, es un hecho científico reconocido que las afectaciones en el lóbulo frontal del cerebro pueden afectar la capacidad de planificación, toma de decisiones y la memoria de trabajo. Las afectaciones en el lóbulo temporal pueden afectar la capacidad de memoria, el reconocimiento de rostros y la comprensión del lenguaje. Las afectaciones en el sistema límbico, que incluye la amígdala y el hipocampo, pueden afectar la regulación y la memoria emocionales.

Es importante destacar que las afectaciones al sistema cerebral pueden tener distintas causas, como lesiones cerebrales traumáticas, enfermedades neurodegenerativas, trastornos neuropsiquiátricos y otros factores ambientales. Las afectaciones cerebrales pueden tener un impacto significativo en la calidad de vida de las personas, afectando su capacidad para desempeñarse en la vida cotidiana, interactuar socialmente y tener una buena salud mental.

En resolución, las capacidades y funciones mentales humanas tienen una base neural y están estrechamente relacionadas con la actividad del cerebro y el sistema nervioso. Por lo tanto, es fundamental cuidar y proteger la salud del cerebro para preservar nuestra capacidad cognitiva y emocional.

Apéndice 2

Saber, sexualidad y lenguaje; la *Weltanschauung*

Por eso es indispensable distinguir dos direcciones del verbo “saber”: el “saber que” de otro uso que es el “saber hacer”. La distinción proviene del análisis del lenguaje y distingue en este caso entre algo que es del orden de lo lingüístico, que presupone la articulación simbólica de ciertos rasgos de la experiencia; y algo que es no-lingüístico, ya que consiste en cierta habilidad o hábito psicomotriz. La intervención del lenguaje hace toda la diferencia, pues sin duda el gato que tenemos en casa sabe hacer muchas cosas, algunas las ha aprendido a lo largo del tiempo; pero es completamente imposible que el gato sepa diferenciar entre las palabras esdrújulas (como el sustantivo “dálmata”) y las palabras agudas (como “sofá” o “sagaz”).

Ahora bien, aceptando que la idea del saber proposicional o conceptual es fundamental para comprender la distinción entre lo que los animales superiores pueden aprehender, aprender, distinguir, memorizar y adecuar en su conducta, acordes con las necesidades de su ambiente, el saber proposicional tiene –al mismo tiempo– una dimensión cultural, histórica y social, la cual es del mismo modo fundamental para entender cómo y por qué han ocurrido cambios y transformaciones sustantivas en la ciencia, el conocimiento y la comprensión de las diferentes “concepciones del mundo”, los “mundos posibles” que las sociedades han construido. Cada “mundo posible” erigido tiene marcas históricas. Se les suele asociar con lo que denominamos “revoluciones científicas”. La mayoría de éstas se vinculan con la dinámica de los procesos económicos y con los avances tecnológicos.

En el presente trabajo queremos emplear dos categorías para dar cuenta de las dimensiones no biológicas: la idea de los procesos de la novedad epistémica, es decir, la “emergencia” del conocimiento, y el patrón cognitivo de la denominada “matriz epistémica”.

Bunge (2004) reconocía que había que distinguir dos conceptos de emergencia. La presunción ontológica, donde emergencia significa la aparición de alguna novedad cualitativa; y la emergencia epistemológica, referida a la impredecibilidad a partir de niveles inferiores. Revisemos la cuestión de la emergencia ontológica.

¿Qué significa en este contexto “novedad cualitativa”? Para empezar, se debe ubicar dónde hay tal emergencia. No existen propiedades en sí mismas, en mundos ideales, como en el platonismo. Toda propiedad ocurre en y para algún individuo o una pluralidad de individuos. (La cuestión de “el ser” asiento de las propiedades fue un tema teorizado por Aristóteles. Es decir, los cambios –de propiedades– ocurren en cosas concretas, pues en definitiva sin cosas no hay propiedades. Incluso se puede afirmar, a diferencia del esencialismo, que cosas y propiedades se dan de manera conjunta. Unas ilustraciones, pensamos, aclara el tema.

Ladrillos, madera, cemento, pintura, vidrios, cables eléctricos, cada uno de estos materiales tiene sus propiedades particulares y diferenciadas. El departamento que habitamos no es la sumatoria de todos ellos, sino algo diferente. Los materiales constituyen condiciones necesarias, pero no suficientes para la edificación. En este sentido, el reagrupamiento de materiales y la estructuración del departamento según algún diseño dan como resultado la construcción de una casa habitación. Esta será una propiedad emergente respecto de los materiales.

“Todos somos hijos del sexo. Todos fuimos engendrados a partir de un encuentro sexual” –escribió N. Acarín (2018: 83). Nadie podría negar que la actividad sexual es una base necesaria para los procesos sexuales. En éstos intervienen muchos factores de orden orgánico, hormonal, según mecanismos naturales y, en el caso de los mamíferos, la diferencia entre espermatozoide y óvulo. Así, lo macho puede ser visto –desde el orden natural– como una especie de receptáculo que transporta espermatozoides; lo hembra puede reducirse a una entidad corporal que porta óvulos. Desde ese punto de vista, lo macho es el complemento natural de lo hembra, y recíprocamente. Por consiguiente, para la reproducción de la especie no tiene ningún valor diferencial entre una y otra propiedad biológica.

En cambio, en el ámbito humano la relación entre los sexos es completamente diferente, de modo que las características de lo macho y lo hembra quedan desplazadas por la sociedad y la cultura. Señalaba Octavio Paz (2014: 14):

En el seno de la naturaleza el hombre se ha creado un mundo aparte, compuesto por ese conjunto de prácticas, instituciones, ritos, ideas y cosas que llamamos cultura. En su raíz, el erotismo es sexo, naturaleza; por ser una creación y por sus funciones en la sociedad, es cultura. Uno de los fines del erotismo es domar al sexo e insertarlo en la sociedad. Sin sexo no hay sociedad pues no hay procreación; pero el sexo también amenaza a la sociedad. Como el dios Pan, es creación y destrucción. Es instinto: temblor pánico, explosión vital. Es un volcán y cada uno de sus estallidos puede cubrir a la sociedad con una erupción de sangre y semen. El sexo es subversivo: ignora las clases y las jerarquías, las artes y las ciencias, es día y la noche: duerme y sólo despierta para fornicar y volver a dormir. Nueva diferencia con el mundo animal: la especie humana padece una insaciable sed sexual y no conoce, como los otros animales, periodos de celo y periodos de reposo. O, dicho de otro modo: el hombre es el único ser vivo que no dispone de una regulación automática de su sexualidad [...] La sexualidad humana culturizada, mejor dicho: el erotismo, así como los sentimientos amorosos de pareja, tienen bases biológicas y neurales, pero constituyen propiedades emergentes de todo el entramado del orden natural. Incluso, el orden humano va en ocasiones contra el orden natural y, a la vez, lo enriquece. El erotismo defiende la sociedad de los asaltos de la sexualidad, pero, asimismo, niega la función reproductiva. Es el caprichoso servidor de la vida y de la muerte.

Plasticidad y Weltanschauung

En general, las cosas del universo (conocido) poseen una propiedad emergente desde su origen o pueden adquirirla al ser incorporadas a un sistema. Y como todo en la vida, las cosas y los procesos tienen la posesión de emergencia cuando adquieren una propiedad emergente; pero cuando se pierde una o más propiedades se puede llamar extensión. Y así con las cosas como con los sistemas de creencias y de saberes: hay extensión de un repertorio de ideas colectivas cuando se impone uno nuevo, que emerge del sistema anterior. Las indagaciones de Thomas Kuhn sobre los llamados “paradigmas” dan cuenta de cómo se ha transitado de una cierta visión de los objetos, métodos y significados fundamentales en la investigación científica (dominantes en un periodo determinado), a otra concepción diferente y que generalmente surge —emerge— por la crítica y la búsqueda de alternativas en eso que llama “ciencia revolucionaria”, misma que tiende a convertirse en un “nuevo paradigma”.

De manera que el tema se puede enfocar desde dos componentes de la historia de la construcción de conocimientos: la plasticidad neuronal y las cosmovisiones. Desde el primer punto de vista, las propiedades funcionales de las neuronas

(cualidades que van más allá de las neuronas particulares) y la arquitectura funcional de la corteza cerebral, son dinámicas y están bajo constante modificación debida a la experiencia, las expectativas y los contextos referidos al comportamiento propio y sociocultural.

Y es aquí donde entra el segundo componente: una cierta *Weltanschauung* o cosmovisión (del alemán, *welt*, “mundo”, y *anschauen*, “observar”), expresión fijada en 1914 por Wilhelm Dilthey en su obra, *Introducción a las ciencias humanas*. Una cosmovisión es una imagen, una perspectiva colectiva o figura corriente de la existencia o representación del mundo en general que una persona, sociedad o cultura se forman en una época determinada; y suele estar compuesta por determinadas percepciones, conceptualizaciones y valoraciones sobre dicho entorno.

A partir de las acciones y prácticas, los agentes cognitivos (sean éstos personas, sociedades o máquinas) interpretan su propia naturaleza y la de todo lo existente; asumen ciertas definiciones y las manejan, con mayor o menor conciencia, para asimilar, determinar y comprender aquellas creencias comunes que aplican a los diversos campos de la vida, como la política, la economía, la ciencia, pero también a su vida religiosa, la moral que practican o la filosofía que implícita o explícitamente asumen. Así que, a fin de cuentas, se trata de la manera en que una sociedad o persona percibe el mundo y lo interpreta. Esa es una *Weltanschauung*.

Un marco epistémico se manifiesta de varias formas. Constituye la matriz epistémica de una *Weltanschauung* o “cosmovisión”, ya sea la desplegada por una mentalidad o incluso a una ideología particular, o en algún paradigma científico dominante. Corresponde a determinado *Zeitgeist* o “espíritu del tiempo” y, en último término, privilegia algún método y destaca el uso de ciertas técnicas o estrategias adecuadas para investigar lo fundamental de una realidad natural o social. Por ello, la verdad del discurso del investigador no está en el método empleado por él, sino en el marco epistémico de antemano asumido (Martínez Miguélez, 2010).

La manera en que las personas, sociedades y los agentes epistémicos en general interpretan su propia naturaleza y la del mundo que les rodea, está influenciada por sus acciones, opciones, decisiones y prácticas, así como por las creencias y definiciones que asumen de manera consciente o inconsciente. Estas creencias y definiciones se aplican a diversos campos de la vida, como la política, la economía, la ciencia, la religión, la moral y la filosofía. La cosmovisión de una persona o sociedad puede estar influenciada por muchos factores, como la cultura, la religión, la política, la educación y la experiencia personal.

La cosmovisión de una persona o sociedad puede cambiar a lo largo del tiempo e, incluso, ser objeto de debate y crítica. Es una característica que suele darse en el sistema de creencias de un individuo.

La cosmovisión de una sociedad o persona puede influir en sus acciones y prácticas, así como en sus decisiones políticas, económicas, religiosas y morales. Por lo tanto, la cosmovisión de una sociedad o persona es un factor importante en la forma en que se relacionan con el mundo y con los demás.

En conclusión, la cosmovisión de una sociedad o persona influye en sus acciones, prácticas y decisiones en diferentes campos de la vida. Por lo tanto, la comprensión de la cosmovisión de una sociedad o persona es importante para comprender su forma de relacionarse con el mundo y con los demás.

Apéndice 3

Formalización de las creencias

Para Bunge (2020: 122-123), un sistema de creencias se desglosa en tres componentes: b un animal, u y v pensamientos y un t un intervalo de tiempo. De modo que:

- (i) b tiene el pensamiento u si b posee psicones que piensan u , así como otros pensamientos relacionados con u durante t ;
- (ii) b cree el pensamiento u durante t si b tiene únicamente u durante t (o sea, los psicones de otros pensamientos relacionados con u no se activan durante t);
- (iii) b está dudoso (o indeciso) entre pensamientos u y v durante t si b tiene tanto a u como a v de manera alternativa durante t , es decir, de tal modo que la activación del psicón u inhibe la del psicón v y viceversa, o sea de manera cíclica.

Se pueden representar las creencias en diferentes grados, desde la incredulidad máxima (-1) hasta la creencia o aceptación máxima (+1), pasando por diferentes grados de indecisión (0) y escepticismo. Este enfoque se basa en la idea de que las creencias pueden ser representadas como magnitudes cuantitativas que pueden ser comparadas y combinadas.

Por ejemplo, si un agente cree en la proposición “el cielo es azul” con una creencia fuerte (+0.9), y cree en la proposición “las nubes son esponjosas” con una creencia débil (+0.3), entonces su creencia conjunta en la proposición “el cielo es azul y las

nubes son esponjosas” sería mayor que su creencia en la proposición “las nubes son esponjosas”, pero menor que su creencia en la proposición “el cielo es azul”.

Con mayor precisión, llamemos B_b a la colección de pensamientos que el animal b puede iniciar en el instante t y T , donde T representa el conjunto de todos los instantes. Conjeturamos –escribió Bunge– que hay una función w (desconocida en la actualidad) que expresa el producto cartesiano $B_t \times T$ con el intervalo unidad real $[-1, 1]$, cuyo valor $w_b(x, t)$ para x de B_b , y t de T , es el peso o fortaleza de x para b en el instante t .

Supuestamente –es la conjetura de Bunge–, los valores de w_b para diferentes pensamientos *pueden determinarse de manera empírica*. Y añade Bunge que esta “investigación empírica probaría que los grados de creencias cambian en el transcurso del tiempo, a veces de manera drástica. Si podemos determinar la colección B_b de pensamientos del animal b , junto con sus respectivos pesos, determinamos de forma automática el *sistema de creencias* de b , que definimos como $B_b = \langle B_b, w_b \rangle$ ” (Bunge, 2020: 123 y ss.).

Significa suponer que hay alguna estructura matemática que podría llevar a estudiar formal y empíricamente las creencias.

Este enfoque permite representar y comparar las creencias de diferentes agentes y analizar cómo se relacionan entre sí. Además, el uso de escalas numéricas para representar las creencias permite hacer inferencias lógicas y evaluar la coherencia de las creencias de un agente. En este sentido, la representación de las creencias en diferentes grados propuesta por Bunge es una herramienta útil para el análisis de las actitudes proposicionales (aunque el filósofo argentino no era proclive a examinar tal tipo de proposiciones).

Una formalización desde la lógica. Walter Redmond (1999, segunda parte) presenta una formalización de la lógica epistémica que se basa en símbolos y conceptos como $K, B, \neg, \rightarrow, \diamond, \square$ y p . Además, ha expuesto axiomas y reglas de inferencia para el conocimiento y la creencia. Su enfoque se centra en la relación entre el conocimiento y la creencia, y en cómo estas actitudes proposicionales pueden ser representadas formalmente y utilizadas para el razonamiento.

La lógica epistémica es un área de la lógica que se centra en el razonamiento sobre el conocimiento y las creencias. Walter Redmond es un filósofo que ha realizado importantes contribuciones a la lógica epistémica. A continuación, se presenta un cuadro que resume la formalización que presenta el autor sobre la lógica epistémica:

Área de la lógica	Símbolos y conceptos principales	Descripción
Lógica epistémica	$K, B, \neg, \rightarrow, \diamond, \square, p$	K representa el conocimiento; B representa la creencia; \neg representa la negación; \rightarrow representa la implicación; \diamond representa la posibilidad; \square representa la necesidad; p representa una proposición.
Lógica de la creencia	$K, B, \neg, \rightarrow, \diamond, \square, p$	Es similar a la lógica epistémica, pero con la distinción de que B representa la creencia, que es una actitud proposicional más débil que el conocimiento.
Axiomas de conocimiento	$Kp \rightarrow p, K(p \rightarrow q) \rightarrow (Kp \rightarrow Kq)$	$Kp \rightarrow p$ significa que, si alguien conoce una proposición, entonces esa proposición es verdadera. $K(p \rightarrow q) \rightarrow (Kp \rightarrow Kq)$ significa que, si alguien conoce que una proposición implica otra proposición, entonces si conoce la primera proposición, entonces también conoce la segunda proposición.
Axiomas de creencia	$Bp \rightarrow p, B(p \rightarrow q) \rightarrow (Bp \rightarrow Bq)$	$Bp \rightarrow p$ significa que, si alguien cree una proposición, entonces esa proposición es verdadera. $B(p \rightarrow q) \rightarrow (Bp \rightarrow Bq)$ significa que, si alguien cree que una proposición implica otra proposición, entonces si cree la primera proposición, entonces también cree la segunda proposición.
Reglas de inferencia	Modus ponens, distribución, necesidad, creenciación, introspección.	Modus ponens es una regla de inferencia que dice que si alguien conoce que una proposición implica otra proposición y conoce la primera proposición, entonces puede inferir que conoce la segunda proposición. La distribución, necesidad, creenciación e introspección son reglas similares que se aplican a las creencias.

Otro sistema lógico para analizar las creencias fue desarrollado por Harry J. Gensler (2017). El sistema de lógica de las creencias desarrollado por Gensler se basa en la idea de que *las creencias son afirmaciones proposicionales* que, por lo tanto, pueden ser evaluadas en términos de su verdad o falsedad. La lógica de las creencias es una extensión de la lógica clásica que permite analizar las creencias de manera más precisa y sistemática.

El sistema de lógica de las creencias de Gensler se diferencia de otros sistemas de lógica en que está diseñado específicamente para analizar las creencias y no se limita a la lógica clásica. En particular, el sistema de Gensler incluye un conjunto

de operaciones lógicas y conceptos que se utilizan específicamente para analizar las creencias, como la noción de una *creencia básica* y la noción de una *inferencia creencial*.

Una creencia básica es una creencia que no se deriva de ninguna otra creencia. Por ejemplo, la creencia de que uno existe es una creencia básica, ya que no se deriva de ninguna otra creencia. Una inferencia creencial es una inferencia que se realiza a partir de una o más creencias. Por ejemplo, si alguien cree que la lluvia moja las cosas y cree que está lloviendo, entonces puede inferir que el suelo está mojado.

El sistema de lógica de las creencias de Gensler también incluye la noción de creencias contradictorias y la noción de creencias probables. Las creencias contradictorias son dos o más creencias que no pueden ser verdaderas simultáneamente. Las creencias probables son creencias que son más o menos probables en función de la evidencia disponible.

Con el fin de examinar y evaluar lógicamente las creencias, Gensler propuso un sistema de lógica de las creencias, el cual se basa en la idea de que las creencias son afirmaciones proposicionales que pueden ser evaluadas en términos de su verdad o falsedad. El sistema de Gensler se diferencia de otros sistemas de lógica en que incluye un conjunto de operaciones lógicas y conceptos que se utilizan específicamente para analizar las creencias, como la noción de una creencia básica y la noción de una inferencia creencial.

Un cuadro de la lógica de las creencias de Gensler, que incluye sus símbolos particulares:

Símbolo	Nombre	Descripción
p, q, r, ...	Proposiciones	Letras minúsculas para denotar proposiciones.
Bp	Creencia básica	Indica que p es una creencia básica.
$\sim p$	Negación	Indica que no se cree en p.
p & q	Conjunción	Indica que se cree en p y en q.
p v q	Disyunción	Indica que se cree en p o en q (o en ambos).
p \rightarrow q	Implicación	Indica que si se cree en p, entonces se cree en q.
p \leftrightarrow q	Bicondicional	Indica que se cree en p si y sólo si se cree en q.
Kp	Conocimiento	Indica que se sabe que p es verdadero.
Cp	Certeza	Indica que se cree que p es verdadero sin ninguna duda.
Ep	Evidencia	Indica que hay evidencia que sugiere que p es verdadero.
Ip	Improbable	Indica que p es improbable en función de la evidencia disponible.
$\sim Ip$	Probable	Indica que p es probable en función de la evidencia disponible.

Estos símbolos se utilizan para construir fórmulas proposicionales que representen las creencias y los razonamientos. Gensler utiliza símbolos lógicos especiales para representar formalmente las creencias y para analizar su coherencia y consistencia.

Los símbolos lógicos específicos que se usan en la teoría de las creencias incluyen:

- El símbolo “B” se usa para representar una creencia. Por ejemplo, “Bp” significa “creo que p”. Gensler introduce una notación particular. Dice usaremos “:” para construir creencias tanto descriptivas (creo que) como imperativas (debo creer que). Así, “tú crees que A (cualquier proposición) es verdadera”, se escribe $u:A$. “No crees que que A sea verdadera” = $\sim u:A$. “Tú crees que A es falsa” = $u:\sim A$. Y la postura de indiferencia representa que no crees que A sea verdadera y no crees que A sea falsa: $(\sim u:A \ \& \ \sim u:\sim A)$.
- El símbolo “&” se usa para representar la conjunción de dos creencias. Por ejemplo, “Bp & Bq” significa “creo que p y creo que q”.
- El símbolo “v” se usa para representar la disyunción de dos creencias. Por ejemplo, “Bp v Bq” significa “creo que p o creo que q”.
- El símbolo “~” se usa para representar la negación de una creencia. Por ejemplo, “~Bp” significa “no creo que p”.
- El símbolo “=>” se usa para representar la implicación lógica. Por ejemplo, “Bp => Bq” significa “si creo que p, entonces creo que q”. Y otros más que se detallan en el cuadro más adelante.

Por ejemplo, si alguien cree que la lluvia moja las cosas y cree que está lloviendo, entonces puede inferir que el suelo está mojado de la siguiente manera:

P: La lluvia moja las cosas

Q: Está lloviendo

R: El suelo está mojado

La creencia de que la lluvia moja las cosas se puede expresar como Bp, y la creencia de que está lloviendo se puede expresar como Bq. La inferencia de que el suelo está mojado se puede expresar como $Bp \ \& \ Bq \ \rightarrow \ Br$, que indica que si se cree en la lluvia mojando las cosas y se cree que está lloviendo, entonces se cree que el suelo está mojado.

Reglas de inferencia en el sistema de Gensler:

Regla	Nombre	Descripción
Tautología	Taut	Una fórmula que siempre es verdadera.
Contradicción	Cont	Una fórmula que siempre es falsa.
Conmutatividad	Comm	$p \& q = q \& p$; $p \vee q = q \vee p$
Asociatividad	Assoc	$(p \& q) \& r = p \& (q \& r)$; $(p \vee q) \vee r = p \vee (q \vee r)$
Distributividad	Dist	$p \& (q \vee r) = (p \& q) \vee (p \& r)$; $p \vee (q \& r) = (p \vee q) \& (p \vee r)$
Leyes de Morgan	DeM	$\sim(p \& q) = \sim p \vee \sim q$; $\sim(p \vee q) = \sim p \& \sim q$
Implicación	Imp	$p \rightarrow q = \sim p \vee q$
Equivalencia	Equiv	$p \leftrightarrow q = (p \rightarrow q) \& (q \rightarrow p)$
Silogismo hipotético	HS	$(p \rightarrow q) \& (q \rightarrow r) \rightarrow (p \rightarrow r)$
Silogismo disyuntivo	DS	$(p \vee q) \& \sim p \rightarrow q$; $(p \vee q) \& \sim q \rightarrow p$
Modus ponens	MP	$p \& (p \rightarrow q) \rightarrow q$
Modus tollens	MT	$\sim q \& (p \rightarrow q) \rightarrow \sim p$
Dilema constructivo	DC	$(p \rightarrow q) \& (r \rightarrow s) \& (p \vee r) \rightarrow (q \vee s)$

Estas reglas se utilizan para realizar inferencias a partir de las creencias. Por ejemplo, la regla del modus ponens indica que si alguien cree en p [Bp] y cree en $p \rightarrow q$ [B ($p \rightarrow q$)] entonces puede inferir que cree en q [Bq]. Las reglas lógicas son esenciales para la lógica de las creencias de Gensler, ya que permiten analizar y evaluar las creencias de manera rigurosa y sistemática. En específico, las reglas de la lógica creencial son:

Regla	Nombre	Descripción
Regla de la conjunción	Conj	Si se cree en p y se cree en q , entonces se cree en $p \& q$.
Regla de la simplificación	Simp	Si se cree en $p \& q$, entonces se cree en p y se cree en q .
Regla de la adición	Add	Si se cree en p , entonces se cree en $p \vee q$.
Regla de la eliminación	Elim	Si se cree en $p \vee q$ y se cree en $\sim p$, entonces se cree en q .
Regla de la implicación	Impl	Si se cree en $p \rightarrow q$ y se cree en p , entonces se cree en q .
Regla de la bicondicional	Bic	Si se cree en $p \leftrightarrow q$, entonces se cree en $p \rightarrow q$ y se cree en $q \rightarrow p$.

Aquí hay un ejemplo de un razonamiento complejo en la lógica de las creencias de Gensler:

Supongamos que alguien cree en las siguientes proposiciones:

P: Si estudias, aprobarás el examen.

Q: Si apruebas el examen, conseguirás el trabajo.

R: Si consigues el trabajo, serás feliz.

Podemos expresar estas creencias como Bp , Bq y Br , respectivamente. Ahora, supongamos que esta persona estudia para el examen y lo aprueba, pero no consigue el trabajo. ¿Puede todavía creer en R?

Para responder a esta pregunta, podemos utilizar la regla de la implicación y la regla de la eliminación de la siguiente manera:

–Si se cree en p y se cree en $p \rightarrow q$, entonces se cree en q (Regla de la implicación).

–Si se cree en q y se cree en $q \rightarrow r$, entonces se cree en r (Regla de la implicación).

–Se cree en P (hipótesis).

–Se cree en $P \rightarrow Q$ (hipótesis).

–Por lo tanto, se cree en Q (1 y 3, Regla de la implicación).

–Se cree en $Q \rightarrow R$ (hipótesis).

–Se cree en $\sim R$ (hipótesis).

–Por lo tanto, se cree en $\sim Q$ (2 y 7, Regla de la eliminación).

–Por lo tanto, no se cree en R (5, 8 y 6, Regla de la implicación).

Por lo tanto, la respuesta es no, si esta persona estudia para el examen y lo aprueba, pero no consigue el trabajo, entonces no puede creer en R. Este ejemplo muestra cómo la lógica de las creencias de Gensler puede utilizarse para evaluar la coherencia de las creencias de una persona y para analizar razonamientos complejos basados en esas creencias.

Apéndice 4

Los conjuntos difusos

En los sistemas expertos se presenta un problema principal: la representación en la máquina de los conocimientos y procedimientos imprecisos e inciertos que usamos los seres humanos para resolver problemas. Hay muchos intentos para sustentar los diseños que incorporen la imprecisión e incluso la subjetividad propia de la actividad humana. Es aquí donde entra la lógica difusa (a veces llamada “borrosa”), vinculada al nombre y la figura de Lotfi Zadeh.

En el capítulo V del libro *Fundamentos de lógica matemática* (Aranda *et al.*, 2001) se muestra cómo la lógica difusa es una extensión de la lógica polivalente con infinitos valores de verdad, pero va aún más allá. A diferencia de la lógica clásica (que es bivalente), en los conjuntos difusos se piensan una infinidad de valores semánticos; no sólo cuentan los valores “verdadero” y “falso” (‘1’, ‘0’), sino que se incluyen valores que son imprecisos. De suerte que así se proporcionan los fundamentos para el razonamiento con incertidumbre. Como ilustración tomamos parte de lo expuesto en aquella publicación (2001: 234 y ss.).

Matemáticamente, un conjunto es una colección de objetos que verifican alguna propiedad, de forma que un objeto o bien pertenece al conjunto, o no pertenece. Desde este punto de vista, el término “ser joven” supone que alguien tiene pertenencia al cúmulo o conjunto de los jóvenes. Ante lo cual uno puede cuestionarse por el “rango de edad”, ¿desde qué edad se es joven, hasta qué edad lo sigue siendo? (Nos referimos a rangos de edades y no a actitudes o edades mentales).

Destaca el hecho de que para conjuntos difusos o borrosos se emplea una *notación matemática* específica, de suerte que se modela el conjunto formado por todos los pares de elementos del Universo del discurso y sus respectivos grados de pertenencia al conjunto difuso.

Consideremos, para exponerlo, un conjunto con un U discreto formado por las siguientes edades:

$U = \text{edades} = \{5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$ y cuatro conjuntos difusos que representan los términos “bebé”, “joven”, “adulto” y “viejo”. Se refieren en el siguiente cuadro, el cual muestra los grados de pertenencia de cada uno de los elementos de U y los cuatro conjuntos difusos. Con modificaciones del cuadro que se presenta en *Fundamentos de lógica matemática*, el siguiente cuadro representa la pertenencia de cada edad en cada uno de los conjuntos borrosos. Por ejemplo, para la edad de 20 años, la función de membresía para el conjunto borroso “joven” es 1, mientras que

las funciones de membresía para los conjuntos borrosos “bebé”, “adulto” y “viejo” son 0.5, 0 y 0, respectivamente.

Edad	Bebé	Joven	Adulto	Viejo
5	1	0	0	0
10	1	0	0	0
20	0.5	1	0.5	0
30	0	0.5	1	0
40	0	0	0.5	0.5
50	0	0	0	1
60	0	0	0	0.5
70	0	0	0	1
80	0	0	0	1

Por consiguiente, de cuatro conjuntos difusos sobre el universo de edades se tiene las siguientes distinciones:

CONJUNTO BORROSO “BEBÉ”:

Función de membresía

- 0 para edades mayores a 1 año.
- 1 para edades menores o iguales a 1 año.

Interpretación: indica la pertenencia de una edad al conjunto de bebés.

CONJUNTO BORROSO “JOVEN”:

Función de membresía

- 0 para edades menores o iguales a 10 años o mayores o iguales a 40 años.
- 1 para edades entre 20 y 30 años.
- Función triangular con vértices en (10,0), (20,1) y (30,0).

Interpretación: indica la pertenencia de una edad al conjunto de jóvenes.

CONJUNTO BORROSO “ADULTO”:

Función de membresía

- 0 para edades menores o iguales a 20 años o mayores o iguales a 60 años.
- 1 para edades entre 30 y 50 años.
- Función triangular con vértices en (20,0), (30,1) y (50,0).

Interpretación: indica la pertenencia de una edad al conjunto de adultos.

CONJUNTO BORROSO “VIEJO”:

Función de membresía

- 0 para edades menores o iguales a 50 años.
- 1 para edades mayores o iguales a 70 años.
- Función trapezoidal con vértices en (50,0), (60,1), (80,1) y (80,0).

Interpretación: indica la pertenencia de una edad al conjunto de viejos.

Por otra parte, la fórmula matemática general para los grados de pertenencia en lógica difusa se puede expresar de la siguiente manera: sea A un conjunto borroso definido en un universo U , y sea x un elemento de U (Aranda *et al.*, 2001: 234). Entonces, el grado de pertenencia de x a A se puede expresar como:

$$\mu_A(x) = f(x; \theta)$$

Donde f es una función de membresía que especifica cómo se asigna el grado de pertenencia a cada elemento de U , y θ son los parámetros que ajustan la forma de la función de membresía.

La función de membresía f puede ser una de las funciones mencionadas en el párrafo siguiente (como una función trapezoidal, triangular, gaussiana o sigmoïdal), o cualquier otra función que se ajuste a los datos y que tenga las propiedades deseadas. Los parámetros θ se ajustan mediante técnicas de optimización para que la función de membresía se ajuste lo mejor posible a los datos.

La fórmula matemática general para los grados de pertenencia en lógica difusa depende de la función de membresía utilizada y de los parámetros que se ajustan a los datos. La función de membresía especifica cómo se asigna el grado de pertenencia a cada elemento del universo U , y los parámetros θ ajustan la forma de la función de membresía para que se ajuste a los datos.

En lógica difusa, los grados de pertenencia a un conjunto borroso se representan mediante una función de membresía. La fórmula matemática para esta función depende del tipo de función de membresía que se utilice. A continuación, se describen algunas de las funciones de membresía más comunes y sus fórmulas matemáticas:

Función trapezoidal:

- $g(x) = (x - a) / (b - a)$, si $a \leq x < b$
- $g(x) = 1$, si $b \leq x \leq c$
- $g(x) = (d - x) / (d - c)$, si $c < x \leq d$
- $g(x) = 0$, en cualquier otro caso

Donde a, b, c y d son los puntos que definen los bordes de la función trapezoidal.

Función triangular:

- $g(x) = (x - a) / (b - a)$, si $a \leq x < b$
- $g(x) = (c - x) / (c - b)$, si $b \leq x \leq c$
- $g(x) = 0$, en cualquier otro caso

Donde a, b y c son los puntos que definen los bordes de la función triangular.

Función gaussiana:

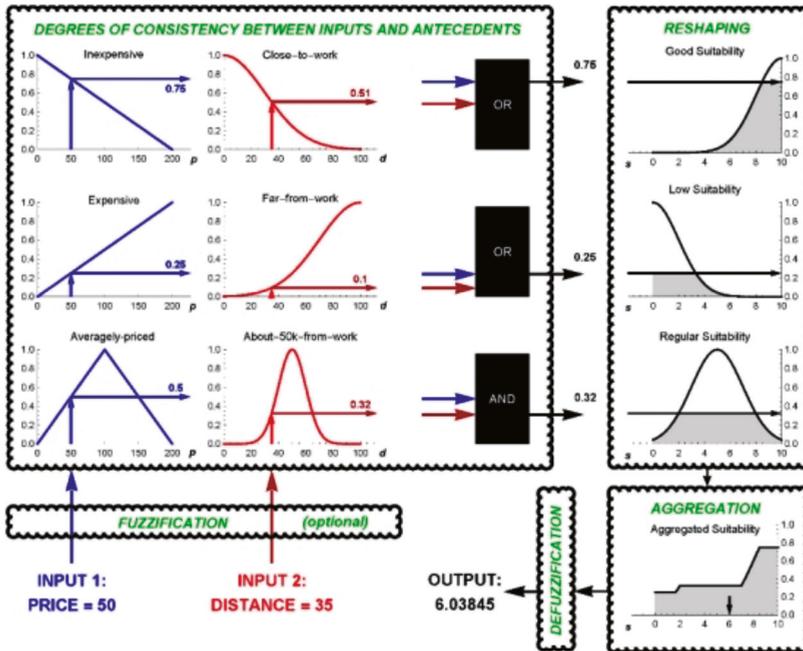
- $g(x) = \exp(-0.5 * ((x - m) / s)^2)$

Donde m es la media y s es la desviación estándar de la función gaussiana.

Función sigmoideal:

- $g(x) = 1 / (1 + \exp(-a * (x - b)))$

Donde a y b son parámetros de ajuste de la función sigmoideal.



Fuente: <<https://www.cs.us.es/~fsancho/?e=97>>.

Estas son sólo algunas de las funciones de membresía más comunes en lógica difusa. En general, la fórmula matemática de la función de membresía depende del tipo de función que se utilice y de los parámetros que se ajusten a los datos.

Las operaciones típicas en lógica difusa son las siguientes:

1. La operación de subconjunto se utiliza para determinar si un conjunto borroso A es subconjunto de otro conjunto borroso B (por ejemplo, el conjunto “viejo” es un subconjunto de “adulto”, es decir, una persona que tenga cierto grado de pertenencia al conjunto “viejo” tiene al menos ese grado de pertenencia al conjunto “adulto”). La fórmula para la operación de subconjunto es: $A \subseteq B \Leftrightarrow \forall x [\mu_A(x) \leq \mu_B(x)]$. Es decir, el conjunto borroso A es subconjunto del conjunto difuso B si el grado de pertenencia de cualquier elemento x en A es menor o igual al grado de pertenencia correspondiente en B.

2. Operación de unión (OR). La operación de unión en lógica difusa se utiliza para combinar dos o más conjuntos borrosos y obtener un nuevo conjunto borroso que contenga los elementos que pertenecen a cualquiera de los conjuntos de entrada (la unión de dos conjuntos difusos tiene el grado de pertenencia del máximo valor en cualquiera de los dos conjuntos). La fórmula para la operación de unión de dos conjuntos A y B es: $\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$.
3. Operación de intersección (AND). La operación de intersección en lógica difusa se utiliza para combinar dos o más conjuntos borrosos y obtener un nuevo conjunto borroso que contenga los elementos que pertenecen a todos los conjuntos de entrada. La fórmula para la operación de intersección de dos conjuntos A y B es: $\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$.
4. Operación de complemento (NOT). La operación de complemento en lógica difusa se utiliza para obtener el conjunto borroso complementario de un conjunto dado. Es decir, el conjunto de elementos que no pertenecen al conjunto dado (por ejemplo, el “complemento de viejo” sería “no viejo”, que no coincide exactamente con el conjunto “joven”, según nuestras *intuiciones lingüísticas*). La fórmula para la operación de complemento de un conjunto A es: $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$.
5. Operación de implicación (IF-THEN). La operación de implicación en lógica difusa se utiliza para expresar las reglas de inferencia en un sistema difuso. La fórmula para la operación de implicación IF-THEN es: $\mu_{A \rightarrow B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$. Donde A y B son conjuntos borrosos, y x es un elemento del universo U.
6. Operación de composición. La operación de composición en lógica difusa se utiliza para combinar múltiples reglas de inferencia en un sistema difuso. La fórmula para la operación de composición es: $\mu_C(x) = \sup\{\min[\mu_{A1}(x), \mu_{B1}(y)], \dots, \min[\mu_{An}(x), \mu_{Bn}(y)]\}$; donde C es el conjunto borroso resultante de la composición, A1,...,An son los conjuntos borrosos que representan las entradas del sistema, B1,...,Bn son los conjuntos borrosos que representan las reglas de inferencia, y x e y son elementos del universo U.

Estas son las operaciones típicas en lógica difusa, y son utilizadas en la construcción y el análisis de sistemas difusos.

Referencias

- Acarin, N. (2018). *El cerebro del rey*. Barcelona: RBA Bolsillo.
- Alonso Peña, J.R. (2011). *Nariz de Charles Darwin y otras historias de la neurociencia*. Córdoba: Editorial Almuzara.
- Anderson, J.R. (2010). *Cognitive Psychology and Its Implications*. Nueva York: Worth Publishers.
- Antoniou, G. (1997). *Non-Monotonic Reasoning*. Cambridge: MIT Press.
- Aranda, J. et al. (2001). *Fundamentos de lógica matemática*. Madrid: Editorial Sanz y Torres.
- Bermúdez de Castro, J.M. (2021). *Dioses y mendigos. La gran odisea de la evolución humana*. Madrid: Crítica/Grijalbo.
- Beuchot, M. (2012). *La hermenéutica en la Edad Media*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bodéüs, R. (2010). *Aristóteles. Una filosofía en busca del saber*. México: Universidad Iberoamericana.
- Bunge, M. (2004). *Emergencia y convergencia: novedad cualitativa y unidad del conocimiento*. México: Gedisa.
- Bunge, M. (2010). *La exploración del mundo. Tratado de filosofía: Volumen 5, Gnoseología y metodología*. Pamplona: Laetoli.
- Bunge, M. (2015). *Materia y mente. Una investigación filosófica*. México: Siglo XXI Editores.
- Bunge, M. (2020). *La exploración del mundo. Gnoseología y metodología*. Tratado de filosofía, vol. 5. Pamplona: Laetoli.
- Carabantes López, M. (2016). *Inteligencia artificial: una perspectiva filosófica*. Madrid: Escolar y Mayo Editores.
- Castañeda, H.N. (1975). *Lógica de las creencias*. Madrid: Editorial Tecnos.
- Chomsky, N. (2004). *La arquitectura del lenguaje*. Barcelona: Kairós.
- Churchland, P.S. (1986). *Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind-Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Corballis, M.C. (2014). *La mente vagabunda: cómo el cerebro permite que divaguemos y por qué es importante*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Corballis, M.C. (2018). *La mente recursiva*. Madrid: Katz Editores.

- Crane, T. (2017). *The Meaning of Belief. Religion from an Atheist's Point of View*. Harvard University Press.
- Crane, T. (2016). *The Mechanical Mind*. Routledge (edición en español: *La mente mecánica: introducción filosófica a mentes, máquinas y representación mental*. México: Fondo de Cultura Económica, 2022).
- Crane, T. (2020). *The Objects of Thought*. Oxford University Press.
- Damasio, A. (2018). *El extraño orden de las cosas*. Barcelona: Editorial Planeta.
- Daunizeau, Jean *et al.* (2019). “Brain networks of social action-outcome contingency encoding: A multi-level computational model and empirical investigation”.
- Dehaene, S. (2018). *En busca de la mente*. México: Siglo XXI Editores.
- Dilthey, W. (2000). *Dos escritos sobre hermenéutica*. Madrid: Ágora de Ideas.
- Ditmarsch, Hans *et al.* (2007). *Dynamic epistemic logic*. The Netherlands: Springer.
- Eco, U. (coord.) (2015). *La Edad Media. I. Bárbaros, cristianos y musulmanes*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Eysenck, M.W. y M. T. Keane (2015). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Nueva York: Psychology Press.
- Fagin, Ronald, Joseph Y. Halpern, Yoram Moses y Moshe Vardi (2004). *Reasoning about Knowledge*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts/Londres.
- Filliozat, P. (2018). *El sánscrito*. Barcelona: Herder.
- Gallagher, S y D. Zahavi (2008). *La mente fenomenológica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Gallagher, S. y D. Zahavi (2012). *La mente fenomenológica*. Madrid: Ediciones Síntesis.
- García Damborenea, R. (2015). *Uso de la razón. Diccionario de falacias. Argumentos. Estado de la cuestión*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Gärdenfors y J. Wolenski (eds.) (2008). *Handbook of Knowledge Representation*. Amsterdam: Elsevier.
- Gensler, H.J. (2017). *Introduction to Logic*. Nueva York: Routledge.
- Geymonat, L. (2009). *Historia de la filosofía y de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Gómez-Pérez, A. (2023). *Inteligencia artificial y lengua española*. Madrid: Real Academia Española.
- Grafman, Jordan, Irene Cristofori y Joseph Bulbulia (2020). “The Neural Basis of Religious Cognition”, *Sage Journals* <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0963721419898183>>.
- Güell, I. (2012). *El cerebro al descubierto. De la emoción a la palabra*. Barcelona: Kairós.
- Habermas, J. (1988). *On the Logic of Social Sciences*. Cambridge: The MIT Press.
- Hands, D.W. (2017). *Reflexiones sobre economía y metodología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Harris, Sam, Jonas T. Kaplan, Ashley Curiel, Susan Y. Bookheimer, Marco Iacoboni y Mark S. Cohen (2009). “The Neural Correlates of Religious and Nonreligious Belief”, *Plos One* <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2748718/>>.
- Haugeland, J. (1985). *Artificial Intelligence: The Very Idea*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Hernández Contreras, Martín (2020). “La inteligencia artificial y sus aplicaciones”, Cinvestav <<https://avanceperspectiva.cinvestav.mx/la-inteligencia-artificial-y-sus-aplicaciones/>>.
- Hofstadter, Douglas Richard (2007). *Gödel, Escher, Bach: un eterno y grácil bucle*. Madrid: Tusquets Editores.
- Inzlicht, Michael *et al.* (2009). “Brain Activation During Atheistic and Religious Thinking”.
- Kahneman, D. *et al.* (2021). *Ruido. Una falla en el juicio humano*. México: Penguin Random House.
- Kant, I. (2020). *El conflicto de las facultades*. Madrid: Alianza Editorial.
- Kosko, B. (1995). *Pensamiento borroso: la nueva ciencia de la lógica borrosa*. Madrid: Crítica/Grijalbo.
- Kuhn, T.S. (2015). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Labastida, J. (2007). *El edificio de la razón*. México: Siglo XXI Editores.
- Larson, E.J. (2023). *El mito de la inteligencia artificial*. Barcelona: Shackleton Books.
- Martínez Miguélez, M. (2010). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. México: Trillas.
- Martínez-Freire, P. (2001). “Las ciencias cognitivas como puente entre los campos científicos”, en José de Acosta (ed.), *La nueva alianza de las ciencias con la filosofía*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Morin, E. (2021). *El método III, el conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- Mosterín, J. (1983). *Historia de la filosofía: 1. El pensamiento arcaico*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mosterín, J. (1993). *La naturaleza humana*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Mosterín, J. (2008). *La cultura de la libertad*. Madrid: Espasa.
- Mosterín, J. (2013). *Ciencia, filosofía y racionalidad*. Barcelona: Gedisa.
- Mosterín, J. (2013). *Lo mejor posible: Racionalidad y acción humana*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mosterín, J. (2014). *La cultura humana*. Madrid: Espasa.
- Mosterín, J. (2016). *Filosofía de la cultura*. Madrid: Alianza Editorial.
- Nicolelis, M. (2022). *El verdadero creador de todo. Cómo el cerebro humano da forma a nuestro universo*. Barcelona: Paidós.
- Nilsson, N.J. (1980). *Principles of Artificial Intelligence*. Tioga Publishing Company.
- Nilsson, N.J. (2001). *Inteligencia artificial: una nueva síntesis*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Nilsson, N.J. (2019). *Para una comprensión de las creencias*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Obasi, V.C. (2022). *La lógica difusa de Zadeh en la inteligencia artificial*. República de Moldavia: Ediciones Nuestro Conocimiento.
- Odifreddi, P. (2004). *Las mentiras de Ulises*. Barcelona: RBA.
- Odifreddi, P. (2006). *Las mentiras de Ulises. La lógica y las trampas del pensamiento*. Barcelona: Salamandra.
- Paz, O. (2004). *La llama doble. Amor y erotismo*. Barcelona: Galaxia de Gutenberg.
- Peirce, C.S. (2012). *Obra filosófica reunida*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Peña, L. (1991). *Rudimentos de lógica matemática*. Madrid: CSIC.

- Peña, L. (1999). *Elementos de lógica matemática*. Madrid: CSIC.
- Piaget, J. (1972). *La psicología de la inteligencia*. Fondo de Cultura Económica.
- Piaget, J. (1975). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- Piaget, J. (2005). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- Piaget, J. y R. García (2008). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Siglo XXI Editores.
- Pinker, S. (2017). *El mundo de las palabras*. Barcelona: Paidós.
- Pinker, S. (2018). *En defensa de la Ilustración: por la razón, la ciencia, el humanismo y el progreso*. México: Paidós.
- Pinker, S. (2019). *En defensa de la Ilustración*. México: Paidós.
- Redmond, W. (1999). *Lógica simbólica para todos*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Redmond, W. (2017). *Lógica para todos*. Xalapa, México: Universidad Veracruzana.
- Rosenbaum, R. Shayna et al. (2015). “Belief and the Brain: Neuroplasticity and the Formation of Beliefs”.
- Schneider, S. (2021). *Inteligencia artificial: una exploración filosófica sobre el futuro de la mente y la conciencia*. Madrid: Koan.
- Serra, M. (2015). *Comunicación y lenguaje. La nueva neuropsicología cognitiva, I y II*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Solms, M. y O. Turnbull (2015). *El cerebro y el mundo interno: una introducción a la neurociencia y el psicoanálisis*. Madrid. Ediciones Ágora.
- Sosa Escudero, Walter (2019). *Big data: breve manual para conocer la ciencia de datos que ya invadió nuestras vidas*. Siglo XXI Editores.
- Sotelo, I. (1997). “Grandeza y miseria de la universidad alemana”, *Nueva Revista de política, cultura y arte*. Asociación de Editores de Revistas Culturales Españolas.
- Sternberg, R.J. y K. Sternberg (2017). *Cognitive Psychology*. Cengage Learning.
- Störig, H.I. (2016). *Historia universal de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- Stromberg, R.N. (1990). *Historia intelectual europea desde 1789*. Madrid: Editorial Debate.
- Suleyman, Mustafa y Michael Bhaskar (2023). *La ola que viene. Tecnología, poder y el gran dilema del siglo XXI*. Debate: Edición Kindle.
- Téllez E. (2014). *Gramática, lógica y retórica. Un estudio histórico-filosófico del trivium medieval*. México: Editorial Johann Georg Hamman.
- Trillas, E. (1980). *Conjuntos Borrosos*. Barcelona: Vincens Universidad.
- Van Ditmarsch, Hans, Wiebe van der Hoek y Barteld Kooi (2016). *Dynamic Epistemic Logic (DEL)*, Springer.
- Vilà Vernis, R. (2017). *Peirce*. Madrid: RBA.
- Watson, P. (2014). *Historia intelectual del siglo XX*. Barcelona: Crítica.
- Wootton, D. (2017). *La invención de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

Componente histórico

- Alonso Peña, J.R. (2011). *Nariz de Charles Darwin y otras historias de la neurociencia*. Córdoba: Editorial Almuzara.
- Bodéüs, R. (2010). *Aristóteles. Una filosofía en busca del saber*. México: Universidad Iberoamericana.
- Beuchot, M. (2012). *La hermenéutica en la Edad Media*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dilthey, W. (2000). *Dos escritos sobre hermenéutica*. Madrid: Ágora de Ideas.
- Eco, U. (coord.) (2015). *La Edad Media. I. Bárbaros, cristianos y musulmanes*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kant, I. (2020). *El conflicto de las facultades*. Madrid: Alianza Editorial.
- Filliozat, P. (2018). *El sánscrito*. Barcelona: Herder.
- Geymonat, L. (2009). *Historia de la filosofía y de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- Habermas, J. (1988). *On the Logic of Social Sciences*. Cambridge: The MIT Press.
- Hands, D.W. (2017). *Reflexiones sobre economía y metodología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Labastida, J. (2007). *El edificio de la razón*. México: Siglo XXI Editores.
- Martínez-Freire, P. (2001). “Las ciencias cognitivas como puente entre los campos científicos”, en José de Acosta (ed.), *La nueva alianza de las ciencias con la filosofía*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Martínez Miguélez, M. (2010). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. México: Trillas.
- Morin, E. (2021). *El método III, el conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- Odifreddi, P. (2004). *Las mentiras de Ulises*. Barcelona: RBA.
- Paz, O. (2014). *La llama doble. Amor y erotismo*. Barcelona: Galaxia de Gutenberg.
- Piaget, J. y R. García (2008). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Siglo XXI Editores.
- Pinker, S. (2018). *En defensa de la Ilustración: por la razón, la ciencia, el humanismo y el progreso*. México: Paidós.
- Pinker, S. (2019). *En defensa de la Ilustración*. México: Paidós.
- Sotelo, I. (1997). “Grandeza y miseria de la universidad alemana”, *Nueva Revista de política, cultura y arte*. Asociación de Editores de Revistas Culturales Españolas.
- Störig, H.J. (2016). *Historia universal de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- Stromberg, R.N. (1990). *Historia intelectual europea desde 1789*. Madrid: Editorial Debate.
- Téllez E. (2014). *Gramática, lógica y retórica. Un estudio histórico-filosófico del trivium medieval*. México: Editorial Johann Georg Hamman.
- Watson, P. (2014). *Historia intelectual del siglo XX*. Barcelona: Crítica.
- Wootton, D. (2017). *La invención de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

Componente de filosofía de la mente y ciencias cognitivas

- Acarín, N. (2018). *El cerebro del rey*. Barcelona: RBA Bolsillo.
- Anderson, J.R. (2010). *Cognitive Psychology and Its Implications*. Nueva York: Worth Publishers.
- Bermúdez de Castro, J.M. (2022). *Dioses y mendigos. La gran odisea de la evolución humana*. Madrid: Crítica/Grijalbo.
- Bunge, M. (2004). *Emergencia y convergencia: novedad cualitativa y unidad del conocimiento*. México: Gedisa.
- Bunge, M. (2010). *La exploración del mundo. Tratado de filosofía: Volumen 5, Gnoseología y metodología*. Pamplona: Laetoli.
- Bunge, M. (2015). *Materia y mente. Una investigación filosófica*. México: Siglo XXI Editores.
- Bunge, M. (2020). *La exploración del mundo. Gnoseología y metodología. Tratado de filosofía, vol. 5*. Pamplona: Laetoli.
- Carabantes López, M. (2016). *Inteligencia artificial: una perspectiva filosófica*. Madrid: Escolar y Mayo Editores.
- Churchland, P.S. (1986). *Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind-Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Corballis, M.C. (2014). *La mente vagabunda: cómo el cerebro permite que divaguemos y por qué es importante*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Corballis, M.C. (2018). *La mente recursiva*. Madrid: Katz Editores.
- Crane, T. (2016). *The Mechanical Mind*. Routledge (edición en español: *La mente mecánica: introducción filosófica a mentes, máquinas y representación mental*. México: Fondo de Cultura Económica, 2022).
- Crane, T. (2017). *The Meaning of Belief. Religion from an Atheist's Point of View*. Harvard University Press.
- Crane, T. (2020). *The Objects of Thought*. Oxford University Press.
- Güell, I. (2012). *El cerebro al descubierto. De la emoción a la palabra*. Barcelona: Kairós.
- Damasio, A. (2018). *El extraño orden de las cosas*. Barcelona: Editorial Planeta.
- Daunizeau, Jean *et al.* (2019). "Brain networks of social action–outcome contingency encoding: A multi-level computational model and empirical investigation".
- Dehaene, S. (2018). *En busca de la mente*. México: Siglo XXI Editores.
- Eysenck, M.W. y M.T. Keane (2015). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Nueva York: Psychology Press.
- Fagin, Ronald, Joseph Y. Halpern, Yoram Moses y Moshe Vardi (2004). *Reasoning about Knowledge*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts/Londres.
- Gallagher, S. y D. Zahavi (2012). *La mente fenomenológica*. Madrid: Ediciones Síntesis.
- Grafman, Jordan, Irene Cristofori y Joseph Bulbulia (2020). "The Neural Basis of Religious Cognition", *Sage Journals* <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0963721419898183>>.

- Harris, Sam, Jonas T. Kaplan, Ashley Curiel, Susan Y. Bookheimer, Marco Iacoboni y Mark S. Cohen (2009). “The Neural Correlates of Religious and Nonreligious Belief”, *Plos One* <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2748718/>>.
- Haugeland, J. (1985). *Artificial Intelligence: The Very Idea*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Inzlicht, Michael *et al.* (2009). “Brain Activation During Atheistic and Religious Thinking”.
- Kahneman, D. *et al.* (2021). *Ruido. Una falla en el juicio humano*. México: Penguin Random House.
- Kuhn, T.S. (2015). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Moller, Violet (2019). *La ruta del conocimiento*. Taurus.
- Mosterín, J. (1983). *Historia de la filosofía: 1. El pensamiento arcaico*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mosterín, J. (1993). *La naturaleza humana*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Mosterín, J. (2008). *La cultura de la libertad*. Madrid: Espasa.
- Mosterín, J. (2013). *Lo mejor posible: Racionalidad y acción humana*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mosterín, J. (2014). *La cultura humana*. Madrid: Espasa.
- Mosterín, J. (2016). *Filosofía de la cultura*. Madrid: Alianza Editorial.
- Nicolelis, M. (2022). *El verdadero creador de todo. Cómo el cerebro humano da forma a nuestro universo*. Barcelona: Paidós.
- Nilsson, N.J. (1980). *Principles of Artificial Intelligence*. Tioga Publishing Company.
- Nilsson, N.J. (2019). *Para una comprensión de las creencias*. México. Fondo de Cultura Económica.
- Odifreddi, P. (2006). *Las mentiras de Ulises. La lógica y las trampas del pensamiento*. Barcelona: Salamandra.
- Piaget, J. (1972). *La psicología de la inteligencia*. Fondo de Cultura Económica.
- Piaget, J. (1975). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- Piaget, J. (2005). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- Pinker, S. (2017). *El mundo de las palabras*. Barcelona: Paidós.
- Rosenbaum, R. Shayna *et al.* (2015). “Belief and the Brain: Neuroplasticity and the Formation of Beliefs”.
- Schneider, S. (2021). *Inteligencia artificial: una exploración filosófica sobre el futuro de la mente y la conciencia*. Madrid: Koan.
- Serra, M. (2015). *Comunicación y lenguaje. La nueva neuropsicología cognitiva, I y II*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Solms, M. y O. Turnbull (2015). *El cerebro y el mundo interno: una introducción a la neurociencia y el psicoanálisis*. Madrid. Ediciones Ágora.
- Sternberg, R.J. y K. Sternberg (2017). *Cognitive Psychology*. Cengage Learning.
- Vilà Vernis, R. (2017). *Peirce*. Madrid: RBA.

Componentes de lógica y teoría del lenguaje

- Antoniou, G. (1997). *Non-Monotonic Reasoning*. Cambridge: MIT Press.
- Aranda, J. et al. (2001). *Fundamentos de lógica matemática*. Madrid: Editorial Sanz y Torres.
- Castañeda, H.N. (1975). *Lógica de las creencias*. Madrid: Editorial Tecnos.
- Chomsky, N. (2004). *La arquitectura del lenguaje*. Barcelona: Kairós.
- Creath R. (ed.) (2012). *Rudolf Carnap and the Legacy of Logical Empiricism*, Springer.
- Ditmarsch, Hans et al. (2007). *Dynamic epistemic logic*. The Netherlands: Springer.
- Gallagher, S y D. Zahavi (2008). *La mente fenomenológica*. Madrid: Alianza Editorial.
- García Damborenea, R. (2015). *Uso de la razón. Diccionario de falacias. Argumentos. Estado de la cuestión*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Gärdenfors y J. Wolenski (eds.) (2008). *Handbook of Knowledge Representation*. Amsterdam: Elsevier.
- Gensler, H.J. (2017). *Introduction to Logic*. Nueva York: Routledge.
- Gómez-Pérez, A. (2023). *Inteligencia artificial y lengua española*. Madrid: Real Academia Española.
- Hernández Contreras, Martín (2020). “La inteligencia artificial y sus aplicaciones”, Cinvestav <<https://avancey perspectiva.cinvestav.mx/la-inteligencia-artificial-y-sus-aplicaciones/>>.
- Hofstadter, Douglas Richard (2007). *Gödel, Escher, Bach: un eterno y grácil bucle*. Madrid: Tusquets Editores.
- Kosko, B. (1995). *Pensamiento borroso: la nueva ciencia de la lógica borrosa*. Madrid: Crítica/Grijalbo.
- Larson, E.J. (2023). *El mito de la inteligencia artificial*. Barcelona: Shackleton Books.
- Mosterin, J. (2013). *Ciencia, filosofía y racionalidad*. Barcelona: Gedisa.
- Obasi, V.C. (2022). *La lógica difusa de Zadeh en la inteligencia artificial*. República de Moldavia: Ediciones Nuestro Conocimiento.
- Peirce, C.S. (2012). *Obra filosófica reunida*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Peña, L. (1991). *Rudimentos de lógica matemática*. Madrid: CSIC.
- Peña, L. (1999). *Elementos de lógica matemática*. Madrid: CSIC.
- Redmond, W. (1999). *Lógica simbólica para todos*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Redmond, W. (2017). *Lógica para todos*. Xalapa, México: Universidad Veracruzana.
- Sosa Escudero, Walter (2019). *Big data: breve manual para conocer la ciencia de datos que ya invadió nuestras vidas*. Siglo XXI Editores.
- Trillas, E. (1980). *Conjuntos Borrosos*. Barcelona: Vincens Universidad.
- Suleyman, Mustafa y Michael Bhaskar (2023). *La ola que viene. Tecnología, poder y el gran dilema del siglo XXI*. Debate: Edición Kindle.
- Van Ditmarsch, Hans, Wiebe van der Hoek y Barteld Kooi (2016). *Dynamic Epistemic Logic (DEL)*, Springer.

Primera edición: 29 de noviembre de 2024
D.R. © Universidad Autónoma Metropolitana
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
Calzada del Hueso 1100
Colonia Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán
04960 Ciudad de México

Sección de Publicaciones
División de Ciencias Sociales y Humanidades
Edificio A, tercer piso
Teléfono: 55 5483 7060
pubcsh@gmail.com / pubcsh@correo.xoc.uam.mx
<http://dcsh.xoc.uam.mx>





IA

La presencia de la inteligencia artificial (IA) en nuestra cultura es una realidad que despierta reflexiones, críticas y valoraciones. Sobre ella, la mayoría de las obras se centran en los dilemas éticos que plantea. Por el contrario, el presente libro busca ofrecer una perspectiva diferente. Walter Beller, filósofo, psicoanalista y profesor del Departamento de Educación y Comunicación, explora un camino alternativo para entender el impacto de la inteligencia artificial en nuestra sociedad. La obra invita a considerar el papel relevante de las ciencias sociales en la paulatina construcción del contexto que dio lugar al surgimiento de la IA. El autor se cuestiona sobre cuáles y cómo fueron dándose las condiciones culturales, sociales e históricas que condujeron a la comprensión actual de la inteligencia. Entre muchos aspectos, de ese desarrollo ha resultado la convergencia de las neurociencias con respecto a los procesos subjetivos que están en la base de la mente y el lenguaje. Uno de los ejes centrales del libro es el análisis del papel de las creencias en diversas etapas históricas, y cómo, desde los claustros universitarios, se fue gestando el advenimiento de la mente mecánica. El autor explora la cuestión de los sesgos cognitivos y su impacto en la formulación de visiones sobre la política, la sociedad y la cultura; se adentra en las lógicas alternativas como un componente significativo del procesamiento de la información, sugiriendo que estos sistemas lógicos son esenciales para entender el funcionamiento de la inteligencia, tanto humana como artificial. Lejos de ser un libro técnico, esta obra es una reflexión desde el ámbito de las ciencias sociales y humanas; invita a una nueva manera de tener presentes la IA y sus implicaciones. Una lectura recomendable para quienes desean comprender cómo la inteligencia artificial se ha convertido en un fenómeno que, para bien o para mal, tenemos al alcance de nuestras manos, y cómo las lógicas, las creencias y los procesos subjetivos han contribuido a su construcción.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco

