

1 • La inteligencia en el hombre

La inteligencia se manifiesta, en primer lugar, como un fenómeno humano, y como tal, se mide; para definir la inteligencia "artificial", es decir, aquélla que puede manifestar una máquina construida por el hombre, es necesario deshumanizar el concepto y éste es el primer problema metodológico que encontramos.

Una definición corriente de inteligencia es la siguiente: "La inteligencia es la capacidad global o compleja del individuo de actuar con un fin determinado, de pensar de una manera racional y de tener relaciones útiles con su medio".⁽¹⁾

La existencia de una inteligencia determinada en todo ser humano se da por descontada; el psicólogo se propone entonces establecer una medida de la misma, que nos permita dar cuenta de las diferencias observadas en los distintos individuos. La forma en que dicha medida se obtiene va a constituir una definición implícita de la inteligencia en el hombre. Todas las mediciones propuestas hasta el momento se basan en la evaluación numérica de *aptitudes o habilidades* especiales, y las diferencias de procedimientos dependen fuertemente de lo que se considere como



**inteligencia
e inteligencia
artificial**

ramón rubio

46 aptitudes “fundamentales” o “simples”; en última instancia esto hace depender la definición de inteligencia y su medición de nuestra teoría sobre el funcionamiento de la mente y de la forma en que creamos posible medir las operaciones o procesos mentales. Lo que son las habilidades mentales no está del todo claro y están definidas de un modo operacional por las partes de los tests que a ellas se refieren.

Que lo que los tests de inteligencia miden sea lo que cada cual concibe como inteligencia es evidentemente falso, tan solo sea por el hecho de que existan tan disímiles o vagas concepciones de la inteligencia; pero que lo que se mide es importante parece estar fuera de discusión. Esto se debe a que, desde un principio, la medición de la inteligencia tuvo un fin práctico, utilitario. La primera forma de medir la inteligencia fue ideada por el francés Binet, y pretendía expresar en una cifra, la capacidad de un niño para superar exitosamente las exigencias que le plantea su educación escolar. Posteriores tests han tenido por finalidad conocer la capacidad general de los adultos para el cumplimiento de tareas con distintos niveles de complejidad. A esto se agrega la posibilidad que da la calificación obtenida por un individuo en un test de inteligencia para poderlo clasificar como defectuoso o débil mental, etc. La medida de la inteligencia ha sido pues un medio para tomar decisiones, y en ese sentido ha demostrado su utilidad.

A causa de la necesidad de un criterio simple, tanto como por causas históricamente comprensibles, la “medida” de la inteligencia de un individuo vino a ser un número racional (o fraccionario) positivo antes de que pudiera ser definida psicológicamente. Una vez que se ha elegido una tal “escala” para la medición de la inteligencia, sin embargo, ésta se constituye en una limitación insoslayable al concepto mismo. Es sabido que no se necesita hacer de la inteligencia un número para poder utilizarla en un proceso de decisión; por otra parte, no es necesario *a priori* concebir las distintas clases de inteligencias como ordenadas linealmente. Queremos proponer muy al contrario, que dar la inteligencia de un objeto natural o artificial podría constituirse en dar una cierta estructura matemática, no necesariamente un número, o varios, y un orden parcial entre dichas estructuras.

Por el momento, el terreno está ya preparado para definir la inteligencia como un punto en un espacio numérico, cuya dimensión sea el número de habilidades que estamos midiendo. Si N es este número, entonces la inteligencia vendría dada por un punto $X = (x_1, \dots, x_N)$, donde x_i es la medida asignada a la habilidad i . Se puede considerar que las x_i

están normalizadas (que son “notas típicas” o “standard”, según⁽¹⁾) para mayor facilidad. En dicho espacio puede introducirse una estructura de “distancia”, definiendo la distancia entre dos puntos: $x = (x_1, \dots, x_n)$, $y = (y_1, \dots, y_n)$, por la suma:

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|,$$

o bien:

$$1) \quad d(x, y) = \sum_{i=1}^n a_i |x_i - y_i|,$$

donde los a_i (todos ≥ 0) son “pesos” convenientemente escogidos. Podemos definir así una mayor o menor diferencia (distancia) entre dos inteligencias, sin tener que definir aún cuando consideramos a una “mayor” que la otra. La distancia definida nos daría una medida de la disparidad de las habilidades mostradas por los sujetos. Podemos introducir un orden en las inteligencias así determinadas de la siguiente forma: x será superior a y , si y sólo si $x_i \geq y_i$ cualquiera que sea la habilidad i medida, o sea, si el sujeto cuya inteligencia es x supera al sujeto y en todas las habilidades medidas o cuando menos lo iguala. Este es un orden fuerte entre las inteligencias; un orden menos exigente lo encontramos si observamos que la fórmula 1) nos permite definir una normal $|x|$ para cada punto x , dada por:

$$2) \quad |x| = d(x, o) = \sum_{i=1}^n a_i x_i \text{ (ya que los } x_i \text{ son positivos).}$$

Esencialmente la fórmula 2), con los a_i convenientemente escogidos, se usa para hallar la calificación estandar o típica que nos da el cociente de inteligencia o CI (véase (1)); pero para hallar dicho CI se utilizan además transformaciones que dependen de datos estadísticos, esto es, de un fenómeno humano-social. Para una definición de cociente de inteligencia¹ que no dependa de las distribuciones de inteligencias en la población, la fórmula debía o podría usarse tal como está, concibiéndose así aquél como una *norma*² en el espacio numérico. (Nótese que el espacio numérico aquí introducido no sería propiamente un espacio vectorial matemático, pues no tiene sentido la “suma” de dos de sus puntos). Ahora se establecería el siguiente orden entre las inteligencias: $x \geq y$ si y sólo

¹ En el sentido matemático de la palabra.

² Más bien deberíamos entonces decir “medida de inteligencia” o “norma de inteligencia”.

si $|x| \geq |y|$. Con la definición de CI dada por 2), éste sería el orden que se acostumbra emplear cuando tratamos de inteligencias, o cuando decimos que A es más inteligente que B basándonos en las medidas de las inteligencias de A y B. El primer orden introducido sin embargo nos permitiría decir algo más: según este primer orden, si A tiene inteligencia x y B inteligencia y , podríamos asegurar (con la salvedad necesaria a la imperfección de nuestra teoría), que si $x \geq y$, A será tan capaz o más que B en todo lo que ambos hagan. Si sólo decimos que $|x| \geq |y|$ no podemos asegurar esto sino probabilísticamente, dependiendo la probabilidad de las correlaciones³ existentes entre las habilidades, pues la contribución de estas habilidades a $|x|$ y a $|y|$ pueden ser más o menos distintas.

Aún estableciendo la inteligencia como un punto en un espacio E_N con dimensión N estamos evidentemente simplificando el problema: a) en primer lugar no sabemos hasta qué punto un individuo que puede alcanzar una alta calificación en el uso de dos habilidades i, j por separado, aún suponiendo una fuerte correlación entre ambas, puede alcanzar el mismo grado de calificación en el uso de ambas habilidades en conjunto; b) no se han hecho estudios suficientes para saber los factores de que dependen las correlaciones entre las distintas habilidades sociales, de educación, biológicas, etc., y la medida en que se realiza esta dependencia. Se ha demostrado no obstante cierta dependencia, de las diversas calificaciones obtenidas en las habilidades probadas por los tests, de la experiencia vital del individuo y su correspondiente estado de neurosis o psicosis. El lector puede referirse a Anderson y Anderson⁽²⁾ para mayor información; aquí sólo queremos destacar que el estado de desequilibrio mental de un individuo con inteligencia $x = (x_1, \dots, x_N)$ está dado en alguna medida por la "distancia" $d(x, x^M) = \sum_i |x_i - x|$ de la inteligencia x a la inteligencia $\bar{x}^M = (\bar{x}, \dots, \bar{x})$, donde $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_i x_i$ (esta sería la inteligencia de un individuo que, con el mismo CI, $|\bar{x}^M| = |x|$, hubiera obtenido igual calificación en todas las habilidades), y más especialmente, de las diferencias $|x_i - x_j|$. Es de estas últimas diferencias y no de la distancia anterior, de lo que se habla en (2), pero creemos útil llegar a saber si la distancia matemática definida al principio pudiera también ser de algún uso aquí.

³ La correlación entre dos habilidades i, j nos diría hasta qué punto la posesión de una de estas habilidades implica la posesión de la otra en un cierto grado de ambas.

Especulemos un tanto ahora sobre la posibilidad de complicar el ente matemático o estructura por el cual se podría describir la inteligencia :

i) Si se demuestra que el uso conjunto de dos habilidades j, k es un nuevo factor variable a considerar, se podrá establecer una medida de la misma, lo que nos daría $\frac{N(N-1)}{2}$ nuevos números. Podría a continuación concebirse un estudio de triplos, etc., de habilidades, obteniendo nuevos números. Podrían estudiarse de esta forma relaciones funcionales $y_1 = f(x_j, x_k)$ o $y_1 = f_1(x_1, \dots, x_n) = f_1(x)$, entre habilidades y_1 descritas por una clase de test o una teoría y las habilidades x_1 de otros tests o teorías, en el punto que las y_1 se considere "compuesta" de alguna manera de las x_1 .

ii) Podría establecerse un estudio dinámico de la forma en que las distintas habilidades cambian con el tiempo, y en qué forma esto depende del punto de partida tanto como de las condiciones sociales u otras.

2 • La inteligencia artificial

Queremos indicar, con la brevedad necesaria al espacio disponible y a nuestros conocimientos, algunos aspectos de la inteligencia "artificial" que pueden ayudarnos a comprender la inteligencia "natural". Habíamos dicho al principio que, para toda labor de definición es necesario trabajar en lo que llamamos deshumanización del concepto de inteligencia. Una tal deshumanización se puede obtener parcialmente, según propusimos, definiendo la "escalación" de la inteligencia sin tomar en cuenta de un modo fundamental las distribuciones reales de tal propiedad en las sociedades humanas. Es interesante observar que hasta ahora nadie ha tratado de medir una inteligencia artificial; entre los varios factores que se opondrían a una tarea así, está el de que no podríamos atribuir una "edad" a la máquina para, de acuerdo con esto, reformar la norma $|x|$ obtenida; este factor se eliminaría de la forma que hemos dicho. El problema, desde luego, queda aún muy lejos de solucionarse. Es necesario considerar también el mismo concepto de habilidad específica y las posibles correlaciones entre las habilidades. Es sabido que este es un problema importante y debatido. Sin embargo, el estudio, de la inteligencia artificial podría contribuir a la solución del mismo.

En efecto, no parece haber lugar a duda acerca de la importancia que tiene la arquitectura del sistema nervioso de los animales superiores para la manifestación de la inteligencia. La organización del sistema nervioso en unidades fundamentales (neuronas, neuroglias, etc.) de conductas

inter-dependiente, mediadas por conexiones (sinapsis y contigüidad) a la manera de lo que se tiene en las redes eléctricas, y la posibilidad de algunas formas de cambios permanentes (variaciones en proteínas, ARN, etc., e incluso neurobiotaxis), ofrecen un cuadro muy sugerente al ingeniero y al matemático actual. Es, en especial, plausible que si se puede simular conducta inteligente con una máquina con construcción interna comparable a la de los sistemas nerviosos, se pueda deducir conocimientos relativos a la inteligencia como propiedad de estos últimos. Supongamos por ejemplo que puedan construirse máquinas que muestren habilidades *j* y *k* similares a habilidades humanas; si puedo construir máquinas en las cuales ambas habilidades difieran a voluntad esto me demostraría la independencia en general de ambas habilidades; podemos seguidamente investigar cual estructura hay que agregar a la composición de la máquina para establecer una correlación entre *j* y *k* y esto nos permitiría hacer hipótesis respecto al funcionamiento del sistema nervioso, si es que éste muestra la misma correlación. El estudio de las máquinas inteligentes nos pone además en la pista de principios sencillos que aplicados repetidamente en un proceso, lo hacen aparecer como producto de la inteligencia. En efecto, según Minsky: "Los programadores conocen que no hay nunca un 'núcleo' (heart) en un programa. Hay rutinas de alto nivel en cada programa, pero todo lo que hacen es dictar que 'si tal y tal, entonces transfírase a tal y tal subrutina'. Y cuando miramos a las subrutinas de bajo nivel que 'hacen realmente el trabajo' encontramos círculos sin sentido y sucesiones de operaciones triviales que llevan a cabo simplemente los dictados de sus superiores".⁽³⁾

En buenas cuentas, pues, la inteligencia que muestran las máquinas hasta ahora construidas⁴ está construida a la manera de la cebolla: hallar el núcleo de inteligencia tratando de despojarla de los pasos elementales "no inteligentes" del programa equivaldría a la acción del filósofo de la fábula que deshoja la cebolla para hallar "la cebolla en sí". Es plausible, en vista de lo dicho, que la inteligencia humana no esté construida de una forma radicalmente distinta.

Para llegar a una mejor comparación entre ambos tipos de inteligencia "natural" y "artificial" será necesario también esperar mayores investigaciones psicológicas. En especial, constituye un buen avance en esta vía las investigaciones llevadas a cabo acerca del número posible de las habi-

⁴ En la mayor parte de las ocasiones dichas "máquinas" no son sino programas para computadoras y no objetos construidos con piezas materiales. No es, por otra parte, la computadora quien se muestra inteligente, sino el programa mismo.

tidades del hombre. Guilford⁽⁴⁾ ha arribado a una teoría que discrimina 120 distintas habilidades y que incluyen a todas las anteriormente experimentadas; dichas habilidades se diferencian según tres características: *operaciones*, *productos* y *contenidos*. Las operaciones realizadas en el ejercicio de una habilidad son, según esta teoría: evaluaciones, producciones convergentes, producciones divergentes, memoria y cognición; los productos de dicho ejercicio son: unidades, clases, relaciones, sistemas, transformaciones e implicaciones; los contenidos de la información dada al sujeto pueden ser figurativos, simbólicos, semánticos y de conducta. Es fácil notar que las 5x6x4=120 combinaciones de características pueden multiplicarse sin más que dividir una de las formas de alguna de ellas, por ejemplo, la memoria. Una evaluación de la habilidad "producción convergente de clases simbólicas" por ejemplo, dependería de un test como el siguiente: se da una lista de palabras y se le explica al sujeto que están seleccionadas de modo que puedan dividirse en subconjuntos únicos que corresponden a conceptos conocidos; el sujeto debe efectuar esa división en subconjuntos. La producción sería divergente de clases simbólicas si por ejemplo se pide al sujeto: nombre tantos objetos como pueda que sean ingeribles y blancos; las siguientes características del sistema de Guilford son de gran interés para nosotros:

- 1 • Guilford rechaza la existencia de un factor único para todas las habilidades, lo que se denominó "inteligencia general" sobre la base de la existencia de numerosas correlaciones nulas entre las distintas habilidades comprobadas.
- 2 • Sus experiencias muestran que una de las propiedades que más unánimemente se reconocen como características de la inteligencia, la invención y originalidad, no se halla implícita en los diversos tests de inteligencia anteriores: en efecto llega incluso a la conclusión de que el CI "pone una especie de límite superior" a la producción divergente, que es uno de los factores por los que él mide la originalidad; no estableciendo, sin embargo, un límite inferior. Vale aclarar: cuanto mayor sea el CI de un individuo, tal como se mide actualmente, menor será su posibilidad de obtener una buena calificación (incluso normal) en la producción divergente. (En cuanto a este punto, consúltese también⁽⁵⁾).
- 3 • Guilford no considera la inteligencia tan rigurosamente determinada por el nacimiento, sino que piensa que "existe prueba abundante de que hay una mayor inteligencia asociada al aumento de la educación".
- 4 • Según sus propias palabras "la operación correspondiente a la memoria entraña el poner información en el 'depósito' de memoria y debe

52 diferenciarse del 'depósito' mismo. Este último forma el basamento de todas las operaciones; todas las habilidades dependen de él". (Subrayado y comillas nuestras.)

5 • Según él mismo reconoce: "Al desarrollar una teoría sistemática y amplia de la inteligencia, hemos hallado que uno de sus beneficios no menores es un punto de vista enteramente nuevo en la psicología en general, punto de vista que se ha denominado 'operación-informacional'"; y: "el punto de vista 'operacional-informacional' considera al organismo como un procesador de información, del cual la rápida computadora moderna es un buen análogo".

El primer punto es una forma de rechazar un "núcleo" de inteligencia en el ser humano y nos hace pensar de ésta lo que Monsky expresa de la inteligencia de los programas. El punto 4) nos hace pensar en las posibilidades de una máquina de gran memoria artificial y gran facilidad para la recuperación de información; las posibilidades técnicas en este sentido aumentan cada día: para una tal máquina sería sumamente sencillo vencer una prueba de producción divergente como la descrita.⁵ El punto 3) nos recuerda el sesgo que da a la definición del cociente de inteligencia el hecho de querer hallar una facultad en el hombre que permanece toda la vida y que se le puede poner como un rótulo para todos los efectos prácticos, nada de esto es necesario si se tiene en cuenta fines teóricos más amplios. El punto quinto es de suma importancia para el que trabaja en inteligencia artificial; casi todo el trabajo llevado a cabo en esta tarea consiste en demostrar que el cerebro humano puede considerarse como un procesador de información, sus facultades pueden ser simuladas en máquinas computadoras y por lo tanto, comprendidas en sus detalles menores o sustituidas convenientemente con vista a la solución de problemas. Al tratar de hallar una estructura más y más fina en el complejo de habilidades del hombre, se cae naturalmente en la simplificación de los primeros principios y ocurre un acercamiento concomitante del psicólogo

⁵ Habría que agregar que, en vista de las limitaciones del ser humano en la recuperación de información contenida en su "depósito" de memoria, si es que se puede hablar de un tal depósito, aquél se ve en la necesidad de utilizar un principio de más posibilidades para él; según Pask.

(6): "... lo aprendido ... no es tanto *retenido* como *reproducido*. La memoria es un reaprendizaje continuo". En todo caso, este es un principio de funcionamiento que siempre puede adicionarse, cualquiera que sea la capacidad de almacén de memoria inicial, y que tiende a incrementar grandemente esta capacidad.

y el cibernético que se ve en la necesidad de trabajar con organizaciones mucho más simples que la del cerebro humano.

53

Antes de seguir adelante, es conveniente que digamos algo acerca de lo que generalmente se entiende por "inteligencia artificial". Según Pask⁽⁶⁾: "Cualquier sistema que simula el funcionamiento de la mente (mentación) es considerado 'artificialmente inteligente'." Junto a esta definición lábil y amplia está otra dada por Feigenbaum y Feldman⁽⁷⁾: (Introducción, p. 6):

"Se muestra que la pista para la conducta inteligente, sea de hombres o de máquinas, es la *exploración altamente selectiva*, la poda drástica del árbol de las posibilidades exploradas. *Para que un programa de computadora se conduzca inteligentemente debe explorar el laberinto de un problema de una forma altamente selectiva, explorando las vías relativamente fértiles en soluciones e ignorando las vías relativamente estériles.*"

El mismo punto de vista es expresado por Ashby⁽⁸⁾ (p. 217).

Para tener una idea del "árbol de las posibilidades" pensemos en una partida de ajedrez; incluso para un ajedrecista puede ser una sorpresa que para la primera jugada las blancas pueden escoger entre 20 posibilidades (16 movimientos de peones y cuatro de caballos); sin embargo, el jugador convencional sólo escoge generalmente una de dos posibilidades: P4D ó P4R; esta primera elección puede hacerse, en algunos casos raros entre 4 ó 5 posibilidades, pero jamás alguien que tenga una mediana experiencia en ajedrez pensará en todas las posibilidades, por ejemplo P4TR, para la primera jugada, como no sea por bromear. En realidad el jugador no desconoce, en principio, todas las posibilidades, pues puede en un momento hacer uso de ellas para *epatar*, pero no es raro si alguien no ha pensado nunca sino en unas pocas. Las jugadas en ajedrez se escogen con un fin: para jugar bien, y ganar si posible, contra un jugador de un peso similar, las posibilidades exploradas en realidad son pocas en comparación con las posibles; si se quiere bromear, las posibilidades exploradas se amplían; si se quiere engañar de alguna manera al contrario, se pensará en otras, incluso no permitidas, etc. Cada jugada efectuada por las blancas y su contrario da a éstas una nueva oportunidad de jugar y entonces se efectúa en el cerebro del jugador una nueva restricción previa de los movimientos a considerar que no son todos los que permiten las reglas, sino unos pocos entre ellos. Si hacemos un dibujo con puntos y líneas que los unan, de manera que cada punto represente una situación del tablero y cada raya ligue este punto con una situación que resultará si hace alguna jugada determinada, obtenemos un dibujo más o menos similar a este:

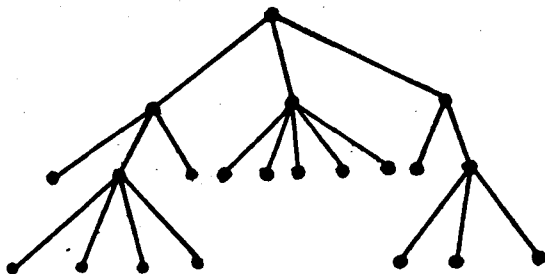


Fig. 1

que tiene forma similar a las ramificaciones de un árbol. Tal dibujo es una representación de un caso especial de lo que llamamos *grafo*, la especialidad consiste en que este grafo tiene forma de árbol; en nuestro ejemplo, los nodos o puntos representan aquellas situaciones en las que hay que tomar una decisión. Tendremos grafos distintos si tomamos en cuenta todas las posibilidades (el grafo tendría, en el caso del ajedrez, algo así como 10^{120} segmentos o *ramas*, casi el cuadrado de los átomos que se suponen existen en el universo, por lo que no tendríamos ni siquiera de material para escribirlo o contenerlo), o si tomamos en cuenta sólo algunas de ellas. Pensamos que ahora quedará claro lo de la “poda drástica” del árbol de las posibilidades exploradas. Todo criterio, bien sea experimental, bien teórico, que nos permita efectuar esta poda, se denomina un principio *heurístico*. Lleno de estos principios está el cerebro humano, y en efecto, gran parte de los avances obtenidos en inteligencia artificial se deben a la investigación y descubrimiento de los mismos a partir de la conducta humana. Por ejemplo, después de las primeras jugadas, que constituyen la apertura, en que las blancas tratan de llevar al contrario a alguna variante que conoce mejor o que éste teme más, cada nuevo movimiento va a estar dado por la evaluación de tres o cuatro niveles o más, según la posición del árbol de las posibilidades: cada contrario piensa en las posiciones posibles después de varios movimientos a partir del actual, pero sabe que, si con un movimiento de caballo, él amenaza a la dama del otro jugador, y éste no tiene posibilidad de hacerlo mismo o dar jaque, o alguna otra jugada muy fuerte, deberá retirar su dama, en cuyo caso el análisis continúa sólo sobre los movimientos de dama posibles del contrario; a esto se agrega la evaluación global de la posición final: mi caballo queda centrado, no puede ser amenazado por peones, mis piezas quedan más libres, etc., todos los cuales constituyen principios heurísticos, que nos hacen innecesarios otros análisis más exhaustivos.

Si se comparan los tests de inteligencia en el humano con la anterior definición de inteligencia artificial, veremos que aquéllos pueden interpretarse naturalmente en el cuadro de la selectividad; uno de los subtests de Wechsler, por ejemplo, consiste en dar respuesta a preguntas que coloquen al sujeto en situaciones vitales; el sujeto debe decir entonces qué haría en esta situación; otro subtest consiste en hallar similitudes entre conceptos dados por dos palabras; aún otro consiste en la composición de figuras de las que nos dan partes constituyentes, etc. En todos estos casos, el sujeto debe efectuar o enunciar una decisión, y tal decisión desde luego, puede tomarse sólo considerándola dentro de un conjunto de posibilidades y eligiendo una de ellas. El genio de un investigador, o la inteligencia de un sujeto en la solución de un problema, se mostrará precisamente por la elección de una respuesta correcta entre todas las respuestas posibles; en todos los casos tenemos un problema de selección.

3 • Sensibilidad e inteligencia

Antes de poder hacer una selección inteligente el individuo o la máquina debe aprender a seleccionar; de aquí que no haya conducta inteligente sino en aquellos sistemas capaces de aprender. En efecto, las máquinas que aprenden son reputadas como artificialmente inteligentes y todas las máquinas (o programas) inteligentes construidas son capaces de aprender en el curso del tiempo de acuerdo con "sus experiencias".

¿Qué aprenden las máquinas? En la protohistoria de la inteligencia artificial están las tortugas de Gran Walter, que eran capaces de aprender reflejos condicionados. Hoy en día el problema más estudiado de aprendizaje es el "reconocimiento de patrones (o configuraciones)". Esto tiene primerísima importancia para los que desean ver hecha realidad alguna máquina con la cual el hombre puede entenderse de un modo similar a como se entiende con sus semejantes; pues lo primero que debe hacer una tal máquina es "ver" en una forma similar a la del hombre. Pero no es pequeño problema construir máquinas que sean capaces de distinguir un triángulo o un círculo, de otras configuraciones lineales, por ejemplo, porque tal configuración debe "concebirse" y no sólo "verse": el círculo podría ser de infinitos radios posibles, caer en infinitas partes posibles del complejo que sirve de detección (si éste fuese una pantalla sobre el cual lo proyectamos, por ejemplo), ser de distintos grosores en el trazado, etc.; por otra parte, si la máquina estuviera equipada de tal forma que le fuese posible centralizar el círculo y medir los diferentes radios para ver si son iguales, no aceptaría como círculo ninguno trazado por la mano del hombre o que tuviese pequeñas desviacio-

56 nes de su forma perfecta. Pero más que esto necesitamos construir máquinas que, ante la experiencia de recibir círculos como estímulos, pudiera crear el concepto de círculo para su uso. Esto no es en absoluto imposible; existen en efecto máquinas de las cuales se puede decir que crean conceptos; el número y el nivel de éstos depende del equipo con que cuente la máquina. Hay que tener en cuenta que el ser humano, a pesar del equipo enorme de que dispone al surgir a la vida toma un tiempo que nos parece enormemente grande para “aprender” a distinguir un triángulo de un círculo en la forma inmediata en que lo hacemos los adultos.

Desde el punto de vista de la ciencia la adquisición de un concepto ha de verse de un modo operacional: el sistema de que se trata aprende los conceptos porque debe responder a los estímulos exteriores de alguna forma que le permita mantener una cierta estabilidad o, en general, perseguir un cierto objetivo de la manera más económica posible; los conceptos aprendidos son, así, un medio para la resolución de los problemas planteados por la experiencia ambiental, que se reciben como estímulos. La sensibilidad es así la condición *a priori* del aprendizaje. Una rata que no ha tenido necesidad de ello, no diferenciará un triángulo de un círculo; tan pronto se le hace pasar una serie de pruebas en las cuales debe buscar alimento atravesando una de dos aberturas, una de las cuales es triangular y la otra circular, aprenderá a distinguir; el experimentador conoce que el concepto de lo triangular ha sido alcanzado cuando la rata deje de equivocarse; poco importa si esta adquisición del concepto es o no consciente como en el ser humano.: La conciencia, el fenómeno del ser que se reconoce como existente, es realmente el único acerca del cual no existe una pista en la actualidad que nos permita reducirlo a una composición de procesos elementales; pero queremos aclarar aquí que la inteligencia no es en absoluto, según la vemos, un fenómeno de “conciencia”.

Más, la sensibilidad, de por si, no implica aprendizaje o inteligencia. Desde que un individuo es dotado de la visión (por ejemplo un ciego de nacimiento) puede “ver” en un sentido lato de la palabra, un triángulo, pero no le permite este simple hecho de ver, tener el concepto de triángulo y usarlo: necesita para ello, según muestra la experiencia psicológica, un largo tiempo de aprendizaje.

Por otra parte, se puede dotar a una máquina de suficiente equipo para “sentir” formas diversas, sin que aquélla muestre ninguna inteligencia o dotarla de un programa inteligente sin que pueda “sentir” sino un muy reducido conjunto de estímulos.

Para que la inteligencia de la máquina pueda atacar problemas más similares a los que se presentan al ser humano es pues necesario que sea capaz de simular la conducta del hombre en tres aspectos fundamentales:

- a • Capacidad de discriminación y sensibilidad a estímulos tan diversos como en los seres humanos.
- b • Capacidad para la formación y aprendizaje de conceptos y símbolos similares a los del hombre, lo que implica una multiplicidad de niveles de integración similar a la de éste.
- c • Capacidad para tomar decisiones de un modo similar al humano.

En todas estas direcciones no es difícil prever que una máquina podrá en un futuro no muy lejano superar al hombre enormemente. En este caso, tendremos lo que Good llama una "ultrainteligencia", y "el último invento del hombre". Quizás esta misma máquina nos dé un método para medir la inteligencia que no dependa de la estadística de las poblaciones humanas, por lo menos una teoría que haga al estudio de la inteligencia un capítulo de la matemática no estadística, al igual que la teoría genética ha hecho del estudio de la herencia una rama determinista de la biología capaz de explicarnos con sus "parámetros ocultos" los fenómenos estadísticos observados.

No tenemos la intención de llevar más adelante este estudio. En Minsky,⁽³⁾ puede verse un estudio algo detallado de los algoritmos que se utilizan en inteligencia artificial. En Pask⁽⁴⁾ se abunda acerca del argumento de la complejidad de niveles. En⁽⁷⁾ pueden verse aún con mayor detalle algunos de los logros en este campo. Y en la bibliografía dada por estos autores podrá el lector interesado continuar un estudio profundo de la materia.

Resumen

Hemos tratado de mostrar que es plausible la hipótesis de que en un futuro cercano pueda darse una nueva base matemática al estudio de la inteligencia, que no descansa tan fuertemente como en la actualidad en los fenómenos estadísticos y que no sufra de la limitación de una escala lineal única. Al mismo tiempo, el espíritu general del trabajo es que la diferencia fundamental que muchos ven entre la inteligencia artificial y la humana se refiere a una especie de "contaminación afectiva" que el problema crea, un no bien elaborado concepto de inteligencia que incluye consideraciones de "conciencia", "voluntad" u otras concepciones antropocéntricas. Que una máquina totalmente inconsciente pueda llegar

58 a ser más inteligente que un hombre en estado de vigilia nos parece más improbable que lo justo por el simple hecho de que dormidos los humanos no mostramos inteligencia. Una máquina, hasta donde ahora podemos prever, no podría "conocer" en el sentido en que lo puede hacer un hombre, en su sentido socrático, pero éste es un problema totalmente distinto a aquel de crear una máquina que logre demostrar el último teorema de Fermat, para lo cual la máquina no necesitaría "conocer" socráticamente. No hay en realidad aquí, de manera especial, ningún problema filosófico, sino un problema técnico y científico. Se propone un nuevo modelo para el ataque de la inteligencia humana y se brindan algunos detalles relativos a la definición de inteligencia.

BIBLIOGRAFIA

- 1) D. Wechsler: La Medida de la Inteligencia del Adulto.
- 2) H. H. Anderson y G. L. Anderson: An Introduction to Projective Techniques, Prentice-Hall, 1962.
- 3) M. Minsky: Steps toward Artificial Intelligence. (En este número).
- 4) J. P. Guilford: Intelligence has Three Facets, Science, 14 May, 1969, pp. 615-620.
- 5) J. W. Getzels and Ph. W. Jackson: Creativity and Intelligence, Wiley, 1962.
- 6) G. Pask: A Discussion of Artificial Intelligence and Self-Organization, Advances in Computers, Academic Press, Vol. 5, 1964.
- 7) E. A. Feigenbaum y J. Feldman: Computers and Thought, McGraw-Hill, 1963.
- 8) W. R. Ashby: Design for an intelligence amplifier, en Automata Studies, Princeton University Press, 1956.

