Traducción del original en inglés.

La explicación de los fenómenos de la Gestalt según la teoría del Procesamiento de la Información.

Simon, Herbert.

Cita:

Simon, Herbert (1986). *La explicación de los fenómenos de la Gestalt según la teoría del Procesamiento de la Información*. Traducción del original en inglés.

Dirección estable: https://www.aacademica.org/veronica.dangelo/3

ARK: https://n2t.net/ark:/13683/pKqq/cuv

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto*. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: https://www.aacademica.org*.

Traducción.

CITA

Simon, H. (1986). The Information Processing Explanation of Gestalt Phenomena. *Computers in Human Behaviour, 2*, 241-255.

LA EXPLICACIÓN DE LOS FENÓMENOS DE LA GESTALT SEGÚN LA TEORÍA DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

HERBERT A. SIMON
Carnegie-Mellon University

***Resumen**: La psicología de la Gestalt ha mostrado la importancia del comportamiento que denomina "intuición", "insight"[1] y "comprensión". Este paper analiza programas de computadora, ya descriptos en la literatura publicada, que simulan exactamente estos tipos de conducta. Se muestra que mucho de lo que ha sido discutido bajo el rótulo de "insight" puede ser explicado en términos de procesos de reconocimiento simulados fácilmente. La simulación por computadora ha demostrado ser una herramienta poderosa para interpretar y explicar un amplio rango de fenómenos asociados con los tipos de pensamiento y comprensión que han sido resaltados tan provechosamente en la literatura de la Gestalt.*

Un objetivo fundamental de la psicología contemporánea del procesamiento de la información es explicar los procesos cognitivos que ocurren en el curso de diversos tipos de pensamiento humano, aprendizaje y resolución de problemas. Éstas explicaciones suelen adoptar la forma de programas informáticos que simulan el proceso de pensamiento real y que son probados para ser validados empíricamente, mediante la comparación entre los indicadores del programa y el curso de pensamiento de sujetos humanos, tal como se descubren, por así decir, mediante los protocolos de pensamiento en voz alta o registros de movimiento ocular. Sin embargo, sigue habiendo considerable escepticismo sobre hasta qué punto pueden las simulaciones por computadora captar fenómenos tales como el insight, las repentinas experiencias "aha", aprender con comprensión, y otros fenómenos cognitivos enfatizados por los psicólogos de la Gestalt (Michael Wertheimer, 1985).

Antes de que podamos simular un fenómeno como el insight o la intuición, o determinar si una simulación propuesta para un fenómeno es verídica, debemos proporcionar una definición operativa que nos permita decidir cuándo él fenómeno en cuestión está presente. Una seria dificultad para la comprobación de las teorías de la Gestalt es que los conceptos que desempeñan un rol fundamental en estas teorías, comúnmente no están definidos en términos de operaciones o mediciones, sino que suelen ser asumidos como directamente

[1] Visión

comprendidos y observables. Por ejemplo, no he podido descubrir en *Productive Thinking* de Max Wertheimer (1945) una definición de "insight". En ausencia de tales definiciones operativas, debemos comenzar desde el uso cotidiano del lenguaje y proporcionar nuestro propio criterio de la presencia o ausencia del fenómeno.

Definiciones de Insight e Intuición

Comenzamos con las definiciones de diccionario de *insight* e intuición. Como primera aproximación son tratadas como sinónimos, con el significado principal de "cognición o aprensión inmediata". La segunda edición del diccionario completo Webster los distingue entonces del siguiente modo: "El *insight* generalmente combina su sentido original de visión con el de ojo interno, o intuitivamente, con la idea ulterior de ver dentro de la naturaleza interior u oculta de las cosas. Así, podemos tratar *insight* como la intuición que proporciona una comprensión relativamente profunda. La "percepción inmediata" es mejor tratarla como "repentina" antes que "instantánea", ya que una intuición o insight puede ocurrir luego de que una persona ha estado trabajando sobre un problema por un largo tiempo. Lo que hace que la percepción sea intuitiva es que implica un cambio sustancial en la comprensión que ocurre en un breve intervalo de tiempo y sin razonamiento explícito detectable.

Estas definiciones coinciden {cercanas} con la dada por Michael Wertheimer en el resumen de su reciente paper sobre este tema (Wertheimer, 1985, p. 19). Él habla de "comprensión, esto es, captar al mismo tiempo lo que crucial en un problema dado, como el motivo de que sea crucial," luego establece una equivalencia entre comprensión y "éste fenómeno de insight".

Las definiciones verbales ayudan un poco pero no demasiado. Para pasar al paso siguiente, debemos preguntar bajo qué circunstancias aplicamos los términos de "insight" e "intuición" a la conducta que observamos. Cotidianamente decimos que un acto de insight ha tenido lugar cuando alguien resuelve un problema o responde una pregunta de modo bastante repentino (pero posiblemente a continuación de un intervalo corto o largo de desconcierto y esfuerzo) sin poder dar cuenta de cómo la solución o respuesta ha sido finalmente alcanzada. Es más probable que usemos el término "insight" cuando surge casi inmediatamente a continuación de la presentación del problema. En esta sección, usaré los dos términos en ese sentido, pero en una sección posterior me ocuparé más específicamente del significado que se supone asociado al insight.

Como un ejemplo de intuición, si presentamos a un médico una serie de síntomas y el médico inmediatamente (ej. en dos segundos) da un diagnóstico, "sarampión", y, si cuando le preguntamos cómo fue tomada la decisión, sólo recibimos respuestas del tipo "usé mi intuición,", "no lo sé", "es una cuestión de juicio médico", "Los síntomas son los que se esperan en sarampión", luego podríamos decir que el juicio fue alcanzado intuitivamente. Estaremos particularmente inclinados a decir que fue intuitivo si el sujeto no puede dar cuenta fidedigna de los pasos de la resolución del problema, respuesta a una

pregunta, o proceso de reconocimiento, que fueron usados para arribar a la respuesta. Entonces, si le preguntamos a alguien como él o ella reconoció que la persona en la calle aproximándose era Fred, un amigo cercano, la respuesta rara vez contendrá información que pueda permitir a alguien más reconocer a Fred. Es notable que los taxonomistas reconocen organismos comunes dentro del dominio de su especialización, en uno o dos segundos, y sin hacer uso de criterios formales (normalmente visibles sólo bajo el microscopio) que definen a esos organismos en clave taxonómica.

Intuición como reconocimiento

Si respuesta rápida sin la habilidad de explicar cómo se genera es un indicador de intuición, entonces la intuición es esencialmente sinónimo de reconocimiento. Pero los procesos de reconocimiento han sido largamente modelados con éxito por programas de computadora. Por ejemplo, el programa EPAM (Faigenbaum, 1963; Faigenbaum & Simon, 1984) proporciona un modelo de los procesos que ocurren durante la ejecución de tareas verbales de aprendizaje, y tareas relacionadas. Cuando se presenta a EPAM un estímulo, el programa le aplica una secuencia de pruebas, utilizando los resultados de las pruebas para clasificarlo en una red de discriminación hasta que se lo distingue de estímulos alternativos. (EPAM también contiene procesos de aprendizaje para el "crecimiento" de la red de discriminación).

El resultado de la discriminación o proceso de reconocimiento en EPAM es ubicar en memoria a corto plazo un símbolo que representa el estímulo que ha sido reconocido. Este símbolo "apunta a," por tanto provee acceso, al conocimiento sobre el estímulo que ha sido almacenado previamente en memoria de largo plazo. Sin embargo, no se almacena ninguna información en la memoria de corto plazo acerca de los tests específicos de la red de reconocimiento de EPAM que condujeron al reconocimiento. El *proceso* de reconocimiento, a diferencia del resultado de ese proceso, no es accesible a la conciencia, por tanto, no puede ser informado. Como no es accesible a la conciencia, cuando al sujeto se le pregunta cómo ha tenido lugar ese reconocimiento, él o ella solo puede responder que ha sido "intuitivamente". Más aún, el proceso de reconocimiento es rápido. A 10 mseg por test en una red de discriminación en serie, con un factor de ramificación promedio de 4, el reconocimiento de un estímulo particular entre un millón de millones de posibilidades sólo tomaría 200 mseg. Por supuesto, una red de discriminación en paralelo podría realizar la tarea aún más rápido.

El modelo EPAM fue extendido por Simon y Gilmartin (1973) al modelo MAPP, que simula el reconocimiento intuitivo de patrones que tiene lugar cuando jugadores expertos –masters y gran masters- miran por unos pocos segundos una posición en el tablero de ajedrez. Así, la intuición (o reconocimiento) proporciona una explicación acabada de algunas de las aparentemente extraordinarias hazañas de la memoria de las cuales son capaces los expertos en sus dominios de pericia.

No es necesario que los patrones sean idénticos para ser reconocidos por EPAM.

Dado que EPAM pone a prueba sólo una parte de las características de un patrón, las pruebas exactas dependiendo de la estructura de la red de discriminación que se haya cultivado, cualquier conjunto de patrones que concuerden con estas características particulares serán reconocidos como el mismo patrón. Además, patrones pertenecientes a la misma clase (por ejemplo, todo lo que son "como-gatos") pueden ser vistos como similares incluso si EPAM es capaz de discriminar entre ellos en base a sus diferencias individuales (por ejemplo, este gato negro y aquel gato naranja). Por lo tanto, EPAM puede tratar con la similitud, así como con la identidad de los patrones.

El mecanismo de EPAM postula que el reconocimiento se logra discriminando en base a características. La posibilidad de simular el reconocimiento, por tanto, la intuición, por computadora no depende de la exactitud de este postulado.

Es igualmente factible construir programas que reconozcan en base a la similitud entre el estímulo y un estímulo prototípico para el concepto, según los trabajos de Rosch (1973).

Sobre la base de estos modelos y experimentos, parecería que el proceso denominado "intuición" por los psicólogos de la Gestalt no es otro que nuestro viejo amigo "reconocimiento" y que los procesos de reconocimiento son perfectamente modelados por programas de computador.

Podría objetarse que he malinterpretado lo que los Gestaltistas referían con "intuición." Los mecanismos que he descripto ciertamente abarcan "el acto de alcanzar un conocimiento directo o certeza sin razonamiento o inferencia" –otra entrada para "intuición" en el Diccionario Completo. Pero los Gestaltistas también hablan de "entendimiento intuitivo," o "insight," que mis ejemplos tal vez no hayan abarcado. Comprensión intuitiva, por lo tanto, insight, parecerían significar logrando la comprensión rápidamente y sin poder informar cómo la comprensión fue alcanzada. Si ese proceso puede ser simulado por computadora será analizado cuando lleguemos al término "comprensión".

El fenómeno "Aha"

El fenómeno "Aha" difiere de otras instancias de solución de problemas por intuición o insight sólo en que la solución repentina está aquí precedida por un período más breve o más extenso, durante el cual el sujeto no podía resolver el problema, o incluso podría parecer que iba camino a la solución. El "Aha" suele ocurrir mientras el sujeto está trabajando en el problema, o luego de que el problema ha sido dejado de lado por cierto período de "incubación". El período de incubación puede ser unos pocos minutos, pero también se han informado soluciones repentinas posteriores a períodos de varios meses (por ejemplo, la célebre anécdota de Poincaré sobre las circunstancias de su descubrimiento de que las transformaciones que definen las funciones Fuchsianas son idénticas a las de geometría no euclidiana).

La planificación como fuente de visión súbita

Koehler (1925), en su investigación sobre la resolución de problemas por los monos, contrastó resoluciones de problemas ingeniosas con participación de "aha", con la resolución de problemas por ensayo y error. La evidencia fenoménica fue que los simios se movieron de un modo relativamente repentino de ensayos fallidos (¡literalmente!) en intentar alcanzar su meta a una secuencia aparentemente guiada por un propósito, de comportamientos bien diseñados para lograrlo (por ejemplo, mover una caja debajo de un manojo de bananas, recuperar un palo, subir en la caja y derribar los plátanos).

La rapidez del cambio en el comportamiento puede atribuirse, como en nuestro análisis, de intuición y discernimiento, a un acto de reconocimiento. Sin embargo, atribuir el cambio al reconocimiento no explica cómo se genera la sucesión de conexiones medios-fines subyacente al plan de solución exitosa. Aunque también existen evidencias para sostener este punto.

En los estudios de resolución de problemas de Newell y Simon (1972), los sujetos algunas veces hallaron planes de solución en un espacio de planificación abstracto, luego regresaron al espacio original del problema para completar los planes y hallas la solución del problema que se les había propuesto. En el momento en el que habían logrado un plan y se disponían a retornar a los detalles del espacio de problema original, con frecuencia expresaban un “aha” –una interjección que indicaba confianza en que el camino hacia la solución ahora estaba despejado. Como los planes que los sujetos confeccionaban no siempre eran ejecutables, cuando se re introducían todas las condiciones detalladas del problema, estas expresiones de triunfo eran a veces prematuras, pero el fracaso del plan no afecta nuestra interpretación del “aha”. Los monos de Koehler, habiendo llegado a un plan de solución para alcanzar las bananas, podrían exhibir esta misma rápida transición desde el aparente estancamiento y falta de objetivos hacia la ejecución sistemática del plan. También podían a veces llegar a planes que no eran ejecutables, por no tener en cuenta todas las condiciones de la situación.

La planificación del tipo descrito por Newell y Simon ha sido simulada en el programa GPS (Newell & Simon, 1972, págs. 414-438), y Sacerdoti (1977) presenta una versión más reciente de los programas informáticos que planifican. Parecería, pues, que los "ahas" asociados con el éxito en el descubrimiento de un plan para la solución de un problema pueden ser y han sido simulados por programas informáticos. Además, esta sensación de confianza de que un problema ha sido resuelto cuando se ha descubierto un plan de solución, y antes de revisar los detalles concretos de la solución parece ser una forma bastante común de experiencia "aha".

Insight repentino posterior a la incubación

El “aha” posterior a la incubación plantea la cuestión de cómo el reconocimiento podría transformar en ‘solucionable’ un problema que antes de la incubación no tenía solución.

Esta pregunta ha sido respondida generalmente postulando que la incubación es un proceso activo (aunque inconsciente) que implica generar muchas

soluciones potenciales. Cuando la solución real (o estimada, ya que estos "ahas" son falibles también) se alcanza, se vuelve atención consciente.

Pero la solución de problemas repentinos después de la incubación puede explicarse sin postular que todo excepto el olvido está activo en el período de incubación. El resolvedor del problema, que ha estado trabajando hacia sub-objetivos específicos, olvida durante el período de inatención el Einstellung, los sub-objetivos y otros elementos del contexto inmediato que han estado limitando el rango de sus ataques al problema.

Distraído por este olvido de la rutina actual, y al reanudar la atención al problema, el solucionador lo ataca desde un nuevo ángulo, que ahora sucede que es el correcto. Esta explicación alternativa de "aha" post-incubación parece que ha sido propuesto primero por Woodworth (1938, pp. 38, 823), más tarde elaborado en un esquema que puede ser modelado en una computadora (Simon, 1966). Eso tiene la ventaja de la parsimonia sobre otras explicaciones en que emplea a un conocido mecanismo, el efecto Einstellung, y no requiere esencialmente nuevas hipótesis.

Vemos que la experiencia "aha" puede ser explicada como una instancia de reconocimiento, y que tanto los "ahas" que se producen como un producto de la planificación exitosa como aquellos que acompañan el descubrimiento repentino después de la incubación han sido simulados por computadora. Dado que estas simulaciones derivan de la interpretación de la intuición como reconocimiento,

Se puede objetar que aún no hemos explicado la intuición "profunda", que es, la intuición con comprensión. Pasamos ahora a este tema.

Comprensión

Nuevamente, el Diccionario muestra cuán difícil es dar una definición operativa del término, “comprensión.” El Diccionario Webster Internacional[2] equipara la comprensión con el concepto de “acto de captar mentalmente”, “poder de aprehensión, análisis, distinción y juicio”, “la condición de haber alcanzado aprehensión completa”, “la facultad o acto de subsumir bajo lo particular bajo lo general o de aprehensión de relaciones generales de los particulares”, “el poder de hacer inteligible la experiencia trayendo los perceptos particulares bajo conceptos generales”, “la capacidad de formular y aplicar a la experiencia los conceptos y categorías, de juzgar, y de establecer inferencias lógicas”.

Michael Wertheimer (1985) propone una caracterización de la comprensión que complementa las de diccionario: Él dice que “un modo de probar si el aprendizaje [con comprensión] ha ocurrido es revisar si lo que ha sido aprendido se podrá generalizar a una tarea relacionada… La transferencia de aprendizajes es un tema central en la teoría de la Gestalt” (p. 23).

La Filosofía, desde Platón hasta Kant y Hegel, ha buscado distinguir entre comprensión y razón, el primero implicando una súbita captación holística de una situación, el segundo, un seguimiento consciente, paso a paso de las relaciones entre sus componentes. Si aceptamos esta distinción (y parece ser que los psicólogos de la Gestalt suelen usar “comprensión” en este sentido más

[2] Webster's Third New International Dictionary

estricto), entonces la noción de prontitud de realización se suma a la noción de captación. Cuando deseo enfatizar ambos elementos, usaré en ocasiones la frase "comprensión intuitiva" que hemos visto es un sinónimo muy cercano a "insight".

Aprendizaje con comprensión

En los escritos de Max Wertheimer sobre resolución de problemas y en otros trabajos de los psicólogos gestálticos, se hace mucho énfasis en la distinción entre aprendizaje de memoria y aprendizaje con comprensión. Sin importar la dificultad en operacionalizar esta distinción, todo maestro experimentado es muy consciente de esto y está convencido de su importancia. Todos sabemos que el material de los libros de texto puede ser (y con frecuencia lo es) aprendido de memoria sin ninguna comprensión de su significado. Advertimos a nuestros estudiantes en contra del aprendizaje de memoria aun cuando no siempre estamos en condiciones de explicarles cómo reconocerlo exactamente o cómo evitarlo.

George Katona, en su Organizing and Memorizing (1940), proporciona algunas bases experimentales para distinguir entre aprendizaje de memoria y aprendizaje con comprensión. En una serie de experimentos, demostró que cuando se da una explicación de por qué una solución de problema funciona, la solución se recuerda mejor y se tranfiere mejor a similares, aunque no idénticos problemas que cuando la solución es simplemente aprendida sin explicación. Generalizando este hallazgo, el camino para distinguir entre estas dos formas de aprendizaje es descubrir exactamente lo que el sujeto ha aprendido. Y el camino para descubrir lo que el sujeto ha aprendido es darle una variedad de tareas, relacionadas en varios sentidos a la tarea de aprendizaje, y examinar el desempeño en estas nuevas tareas. Como ya hemos visto, Wertheimer (1985) también resalta que la transferencia es un criterio clave para la comprensión. Como ejemplo, considere la tarea en algebra de resolver una simple ecuación lineal con una incógnita, digamos: $5x + 4 << 3x + 10$. Podemos probar si un estudiante puede recitar los pasos para resolver la ecuación ("Si en el lado izquierdo hay una constante, se sustrae de ambos lados y se agrupan los términos similares. Si del lado derecho hay un término en x se sustrae de ambos lados y se agrupan los términos. Si hay un término en x a la izquierda cuyo coeficiente es distinto de 1, se dividen ambos términos por él").

A continuación, podemos poner a prueba si el estudiante puede realmente resolver la ecuación. Algunos estudiantes que pueden recitar el procedimiento correcto pueden no estar en condiciones de llevarlo a cabo, y algunos que lo llevan a cabo pueden no estar en condiciones de recitarlo. Luego podemos pedir al estudiante que revise si obtuvo la respuesta correcta. O podemos pedirle que explique en palabras cómo la respuesta puede ser revisada. Más adelante, podemos preguntar por qué el procedimiento llevado a cabo para obtener la solución es válido - por qué condujo a un valor de x que satisface la ecuación original. Finalmente le pediremos, seguramente, que resuelva algunas otras ecuaciones aptas para ser resueltas bajo el mismo método que la original. Si la ecuación original contenía sólo coeficientes enteros, como en el ejemplo, podremos medir la transferencia a ecuaciones con coeficientes racionales o

decimales. Aunque esta no es una lista exhaustiva de tareas relacionadas con resolver una ecuación (si los sujetos fueran estudiantes graduados en matemáticas, podríamos preguntarles acerca de la axiomatización subyacente de aritmética y álgebra), tal vez estaríamos dispuestos a concluir que un estudiante que puede realizar todas ellas correctamente, comprende realmente este tema en álgebra con cierto grado de profundidad.

No hay grandes dificultades para construir programas de computadora que ejecuten todas estas tareas. De hecho, Neves (1978) escribió y puso a prueba un programa que no solo pudo resolver ecuaciones lineales, sino que también pudo aprender a resolverlas examinando ejemplos ejercitados. Comprendiendo los sucesivos pasos tomados en el ejemplo para resolver el problema, y comprendiendo qué contribución aporta cada paso a la solución, el programa de Neves' era capaz de construir un conjunto de nuevas instrucciones adecuadas para resolver un amplio rango de ecuaciones algebraicas.

La comprensión como percepción de relaciones

El famoso ejemplo de Max Wertheimer's de poner a prueba la comprensión de un alumno de la fórmula para el área de un rectángulo pidiéndole que calcule el área de un paralelogramo proporciona ilustración de la relación entre la comprensión y la habilidad para transferir conocimiento a una nueva tarea. Wertheimer también la utiliza como ilustración de sus visiones holísticas. El estudiante inmediatamente “ve” que el triángulo no deseado en un extremo del paralelogramo puede ser cortado y pegado en el otro extremo para fabricar un rectángulo de la misma área. Este acto de visualización también incorpora la permanencia de objeto piagetiana. Para comprender, el estudiante debe poder llevar a cabo esta secuencia de operaciones en el imaginario mental.

El problema del paralelogramo ilustra muy bien la distinción entre insight o comprensión intuitiva, y razonamiento. Probablemente pocos, si es que hay algunos, de los niños que comprendieron la solución del problema pudieran dar una prueba formal de su exactitud incluso a un nivel moderado de rigor que es tolerado en geometría de escuela secundaria. El estudiante no razona la respuesta, él la “ve”. Lo que se requiere es un acto de reconocimiento, si bien es uno bastante complejo. Un ejemplo diferente arrojará luz sobre los procesos de reconocimiento involucrados en la comprensión, y el surgimiento de la comprensión holística de la situación que transmiten.

Tichomirov y Poznyanskaya (1966 * 67) analizaron los movimientos oculares de un maestro de ajedrez durante los dos primeros segundos de examinar una posición del tablero previamente desconocida tomada de un juego. Ellos mostraron que los ojos no se fijaban igual en todos los cuadrados del tablero, sino que se concentraban casi exclusivamente en aquellos cuadrados que eran relevantes para el problema de ajedrez contenido en la posición. El maestro de ajedrez parecía alcanzar una captación casi "instantánea" (de dos segundos) de las relaciones importantes del ajedrez presentadas por la posición, y los autores no podían ver cómo se llevaría a cabo sin la ayuda de algún proceso holístico que capturara de una sola vez el significado completo de la posición.

Para mostrar que los movimientos oculares de los maestros de ajedrez podrían explicarse sin postular ningún proceso holístico -sin postular, de hecho, nada más que simples procesos de reconocimiento locales de reconocimiento- Simon y Barenfeld (1969) escribieron un programa de computadora que simula los movimientos sacádicos de los ojos desde un punto de foco en un estímulo a otro. Cuando la atención del programa se centraba en una pieza en un tablero de

ajedrez, notaba otras piezas cercanas que eran atacadas o defendidas por esa pieza, o que atacaban o defendían esa pieza. Cada sucesivo movimiento sacádico enfocaba la atención hacia uno de los cuadrados que mantenía alguna de tales relaciones de ataque o defensa con la pieza previamente atendida.

Cuando se le presentó la misma posición de ajedrez que fue utilizada por Tichomirov y Poznyanskaya (1966-67) el programa de simulación siguió los mismos caminos generales que el maestro humano para escanear el tablero, y concentró su atención, al igual que el maestro, en aquellas casillas que eran significativas desde el punto de vista del ajedrez, en gran medida

Ignorando (es decir, no mirando) a las otras. Así, el rendimiento humano fue

simulado por los procesos de reconocimiento simples basados en el conocimiento del ajedrez, y no requirió de una comprensión simultánea u "holística" de toda la red de relaciones.

Podemos ver fácilmente cómo la simulación del movimiento del ojo podría aplicarse a la solución con insight del problema del paralelogramo. Los rectángulos y triángulos deben estar disponibles como indicios familiares que el estudiante es capaz de reconocer (e incluso reconocidos, en algunas situaciones en las que uno de sus límites no está marcado, pero debe ser incluido). Dada esta capacidad de reconocimiento, un sistema de manipulación de símbolos podría detectar el rectángulo implícito y triángulos dentro y alrededor del paralelogramo y construir la deducción con insight del área. Los actos de reconocimiento proporcionan la comprensión necesaria para resolver el problema y explican la relativa velocidad con la cual se resuelve.

Descubrimiento científico

Dado que los acontecimientos que conducen a importantes descubrimientos científicos son referidos con frecuencia como ejemplos significativos de pensamiento con insight y creatividad, podemos preguntarnos si estos

eventos pueden ser simulados. Actualmente existen programas informáticos capaces recapitular las historias de descubrimientos científicos de primer orden, comenzando a partir de los mismos “datos iniciales” que estaban a disposición de los descubridores originales, proporcionándonos de este modo

modelos operativos de algunos de los procesos del pensamiento creativo. (Dejo de lado las variadas instancias en que las computadoras, aparte de cualquier intento de simular descubrimiento humano, han descubierto y probado nuevos teoremas matemáticos.) Los programas de descubrimiento existentes no sólo encuentran leyes en los datos, sino que también inventan nuevos conceptos para describir fenómenos, planificar secuencias de experimentos y extraer inferencias de la teoría. Para una exploración de las evidencias, descripciones de algunos de estos programas, y revisiones de la literatura véase Langley, Simon, Bradshaw y Zytkow (1986) y Kulkarni y Simon (1986).

La creación de representaciones

Hay un aspecto más de la comprensión que necesita ser discutido: se dice a veces que un problema es comprendido cuando puede ser formulado o representado apropiadamente.

> "Un problema bien planteado está medio resuelto." Michael Wertheimer (1985) sólo considerará satisfactoria la declaración si cumple tres criterios:

> "... la representación corresponde a la estructura real del problema ... la representación está bien integrada en el sentido de que todos sus componentes están adecuadamente interconectados. . . La representación está bien integrada con los otros conocimientos del resolvedor del problema. . . " (p. 22)

Él argumenta que "la resolución de problemas ... es típicamente una cuestión de desarrollar una razonable representación del dominio del problema, una que esté apropiadamente organizada " (p. 23).

El diseño de sistemas capaces de crear sus propias representaciones de problema es actualmente un campo muy activo de investigación en inteligencia artificial y ciencia cognitiva. Sin embargo, la posibilidad de simular el proceso de construcción de representación por computadora ya ha sido demostrada por más de una década. De hecho, se pueden encontrar ejemplos tempranos (por ejemplo, Donald Williams, 1972) que se remontan a una década y media. Voy a ilustrar cómo se simula este aspecto de la comprensión describiendo un par de los programas bien conocidos de este tipo.

A menudo se plantean problemas a los estudiantes como declaraciones de lenguaje natural en los libros de texto u oralmente por los maestros. De manera similar, las instrucciones escritas u orales de laboratorio definen los problemas de los sujetos. El programa UNDERSTAND (Hayes & Simon, 1974) simula estos procesos. Acepta problemas simples en inglés y construye representaciones de los problemas que son adecuadas como inputs para un programa resolvedor general de problemas como GPS. Por lo tanto, Wertheimer (1985) se equivoca cuando dice: "No existe ningún programa que pueda configurar un problema de una forma en que una computadora pueda resolver " (p.29). Permítanme describir brevemente cómo UNDERSTAND hace precisamente esto, y luego mencionar otros programas que tienen la misma capacidad.

El programa UNDERSTAND tiene dos componentes principales, el primero de los cuales analiza la descripción en lenguaje natural del problema, el segundo de los cuales transforma la descripción analizada en una representación interna utilizable por GPS. Tal como está implementado concretamente, no hay nada notable en el procedimiento de análisis sintáctico; de hecho, para las tareas simples en las que se probó el sistema, sólo un analizador sintáctico muy rudimentario era necesario. El componente de representación-construcción es más interesante.

Considere el rompecabezas de la Torre de Hanói. Las instrucciones del problema (si el problema se expresa con lenguaje, sin un diagrama o un rompecabezas físico) describen tres clavijas en las que se ensartan una serie de discos de tamaños graduados. Al comienzo del problema, todos los discos están en una de las clavijas, en una pirámide desde el más pequeño en la parte superior hasta el más grande en la parte inferior. La tarea es transferir todos los discos a una de las otras clavijas (especificadas), para que vuelvan a estar en orden piramidal. Solamente un disco se puede mover a la vez, y un disco más grande nunca puede ser colocado sobre uno más pequeño.

La representación que UNDERSTAND construye comprende un esquema que consiste en una lista de nodos que designan clavijas. Cada uno de estos nodos tiene un atributo de disco que denota la lista de discos actualmente en esa clavija. UNDERSTAND también construye un nuevo operador que borra el nombre de un disco particular de la lista en la que está, y lo agrega a la lista de otra clavija. Este operador hará tal movimiento sólo si se cumplen dos condiciones (que prueba): el disco es el más pequeño en la lista de la cual se va a borrar, y es más

pequeña que cualquiera de las que debe añadirse. UNDERSTAND también construye, a partir de las instrucciones del problema, el objetivo de mover todos los discos de la clavija inicial a otra clavija.

Los operadores de esquema y movimiento que construye UNDERSTAND representan un modelo interno bastante literal de la Torre de Hanói, proporcionando una imagen mental de la situación. Este modelo ahora puede ser manipulado por un programa como GPS, utilizando el operador de movimiento para realizar una búsqueda a través del espacio de movimientos legales y las consecuentes distribuciones de discos entre las clavijas. Los lectores familiarizados con GPS reconocerán que el programa requerirá algunas capacidades de aprendizaje para construir la llamada "tabla de conexiones" que utiliza para guiar su búsqueda, pero se ha demostrado que el sistema en sí puede ser aumentado para aprender esta tabla de forma independiente (Newell, Shaw y Simon, 1960).

Remito al lector a la literatura para una descripción detallada de cómo UNDERSTAND alcanza su comprensión del problema (Simon, 1979, capítulos 7.1 a 7.3), limitándome aquí a unas pocas observaciones. UNDERSTAND examina las instrucciones del programa analizado sintácticamente para encontrar conjuntos de cosas que se mencionan en ellas. Así, descubre que hay "clavijas" y "discos" en el problema. Entonces descubre que hay una relación, “on”, que conecta los discos con las clavijas. De los indicadores modales y otros indicadores sintácticos identifica ciertas frases como definiendo movimientos admisibles. De estas oraciones, aprende que un movimiento implica la eliminación de un disco de la relación "on" con una clavija, y activando esa relación con otra clavija. Una semántica mínima permite al programa entender que una relación como "on" puede ser representada asociando el tipo de objeto con el otro en un formato de esquema estándar. Un lector familiarizado con el problema de los Misioneros y Caníbales verá que el programa crearía una representación para ese problema siguiendo el mismo camino.

El programa UNDERSTAND, a causa de tener una semántica empobrecida, es capaz de lidiar sólo con problemas similares a los que se mencionan, que requieren casi ningún conocimiento del mundo real. Sin embargo, otros programas de comprensión de problemas carecen de esta limitación. El programa ISAAC (Novak, 1977), por ejemplo, tiene conocimiento sobre la física de equilibrio estático. Este conocimiento toma la forma de esquemas, almacenados en la memoria, que permiten que ISAAC, cuando encuentra, digamos, la palabra "palanca", pueda aprender de su esquema de palanca que ésta debería buscar un punto de apoyo y fuerzas, junto con las dimensiones de la palanca, y debe montar esta información en un nuevo esquema de instancia-de-palanca, que podrá referir a otros esquemas derivados de la descripción del problema. Poniendo juntos todos estos esquemas de un modo apropiado, construye un esquema de problema que describe la situación problemática.

Se refieren a los otros esquemas que deriva de la descripción del problema.

Una demostración de que ISAAC comprende el problema es que puede utilizar el esquema de problema que ha construido para dibujar en un tubo de rayos catódicos una imagen de la situación problema correspondiente a las instrucciones verbales del problema. Así ISAAC puede construir una imagen mental y visual de una escena descrita verbalmente. La otra demostración de la comprensión de ISAAC es que, habiendo construido el esquema del problema interno, puede utilizarlo para resolver el problema físico.

Los esquemas de dispositivos componentes que ISAAC utiliza para comprender las sentencias le fueron proporcionados por su programador. Sin embargo, un programa como UNDERSTAND, si se combina con ISAAC, podría aprender estos esquemas también de descripciones de dispositivos tales como palancas. Tal sistema combinado podría aprender nuevos temas

en física, así como resolver problemas de física relacionados con estos temas. No hay necesidad de que el sistema limite los inputs al formato de palabras, ya que los sistemas también se han demostrado que utilizan imágenes proporcionadas externamente para construir esquemas internos –la inversa de la capacidad de dibujo de ISAAC (Coles, 1972).

No puedo ofrecer aquí una revisión completa de la investigación, pasada y presente, sobre sistemas de creación de representaciones, pero he presentado una pequeña muestra con el fin de corregir la impresión, todavía ampliamente difundida, de que las computadoras no han demostrado una capacidad de comprensión suficiente como para crear sus propias representaciones de problema. El uso de analogías para formar nuevas representaciones, indudablemente un recurso importante para las personas, también ha comenzado a ser estudiado, y existen varios sistemas que tienen por lo menos capacidades simples para usar información analógica de este modo. Una revisión de los trabajos recientes sobre la analogía y la simulación de procesos analógicos se puede encontrar en Carbonell (1986).

Una Definición Modificada de Entendimiento

Volviendo del insight que implica imágenes visuales y de la creación de las representaciones al tema de la comprensión en general, haremos otro ataque

en una definición. uniendo todos los aspectos del entendimiento hemos estado explorando, podemos decir que una persona entiende una situación problemática en la medida que él o ella puede inducir, por alguna combinación de reconocimiento y razonamiento, una rica red de relaciones entre los elementos de la situación y, como resultado, puede realizar una variedad de tareas que implican operar o transformar la situación de alguna manera. Aunque esta definición sigue siendo algo menos precisa de lo que quisiéramos, y hace de la comprensión una cuestión de grado, podemos derivar cierto número de consecuencias de ello.

Una consecuencia importante es que la comprensión depende en gran medida de la capacidad para reconocer relaciones, y esta capacidad, a su vez, requiere la adquisición de conocimientos indexados por claves que caracterizan el dominio de la comprensión. Así, para comprender la importancia de una posición de ajedrez como un maestro de ajedrez lo hace, una persona debe reconocer "instantáneamente" (es decir, en cuestión de cientos de milisegundos) las relaciones de ataque y de defensa sostenidas entre las piezas del tablero. Para comprender cómo calcular el área del paralelogramo, el estudiante debe reconocer figuras como rectángulos y triángulos, y haber asociado con los primeros un procedimiento para calcular su área.

El proceso es igual cuando no se trata de imágenes visuales. Una persona con conocimiento de la música reconoce las relaciones armónicas entre las notas de una pieza a la que él o ella está escuchando. Un abogado de un editor reconoce declaraciones en un libro que se publicarán como potencialmente calumniosas, a menos que puedan ser probadas como verídicas, o a menos que el blanco de las declaraciones haya sido “llamado a declarar”.

El abogado "capta" la situación porque las claves reconocibles llaman desde la memoria a principios de leyes pertinentes. La profundidad de su captación se mide por la riqueza del conjunto de claves que evocarán una respuesta, y la riqueza del cuerpo de información que será evocado por éstas claves.

Los numerosos "sistemas expertos" que se han construido en los últimos años para una variedad de tareas de nivel profesional por lo general comparten una arquitectura común.

Tienen una gran base de datos de conocimiento sobre el dominio de la tarea, y moderadas capacidades (a menudo en forma de procesos para llevar a cabo análisis de medios-fines) para extraer inferencias del conocimiento. La base de datos se organiza a menudo como un conjunto de *producciones*, sentencias si-entonces que reconocen claves apropiadas en la situación-problema y recuperan de la base de datos la información relevante asociada a esas claves.

Por tanto, todos estos sistemas tienen cierto grado de comprensión de (y de insight en) sus dominios de tareas, la amplitud y profundidad de comprensión varían de un programa a otro. En conjunto, los sistemas expertos existentes proporcionan un gran número de demostraciones de la capacidad de los programas informáticos para mostrar la comprensión y el insight.

Gestalts

La psicología gestáltica pone gran énfasis en la conectividad de las cosas por su integridad. Una de sus principales quejas contra puntos de vista alternativos es que violan esta totalidad al analizar los sistemas holísticos en partes cuyas relaciones son simplemente "aditivas". A veces esta objeción parece casi equivaler a la posición de que cualquier análisis de un sistema destruye su integridad, por lo tanto, es inadmisible. Sin atribuir esta posición extrema al gestaltismo, se pueden hacer algunos comentarios acerca del sentido en que los programas de simulación por ordenador representan o no el ligamento que une los sistemas y les da la unidad que exhiben en su comportamiento.

Por supuesto, cada programa representa un sistema por medio de un conjunto de componentes del programa – instrucciones y elementos de estructuras de datos. Estos componentes están altamente relacionados entre sí en una variedad de maneras. Los componentes de las estructuras de datos contienen direcciones que “apuntan” a otros componentes, vinculándolos de ese modo a todos. Es por estos medios que las estructuras de datos pueden representar conceptos complejos, descripciones de sistemas, e incluso diagramas e imágenes. Las instrucciones contienen condiciones que necesitan ser equiparadas con los datos para que las instrucciones sean ejecutadas. Y las instrucciones cambian las estructuras de datos, modificaciones que provocan o impiden la ejecución de otras instrucciones.

Por lo tanto, un programa informático con sus estructuras de datos asociadas es ciertamente un “todo” que equivale a mucho más que la operación simultánea independiente de sus partes. Es un todo en el mismo sentido en que un organismo, con los sistemas metabólico y circulatorio es un todo, y no hay ninguna razón evidente por la cual un programa no pueda ser capaz de simular un organismo o algún sistema de un organismo.

A veces, el hecho de que la mayoría de las simulaciones por ordenador son en serie en lugar de paralelo se aduce contra su credibilidad como modelos de sistemas holísticos. Hay varias fallas en este argumento. En primer lugar, hay total evidencia de que el pensamiento humano, al menos en la medida en que requiere atención, es serial en lugar de paralelo. En segundo lugar, cualquier

sistema paralelo puede ser simulado por un sistema en serie, aunque puede ser necesario un considerable poder de cálculo para lograr esto. Dado que los procesos electroquímicos del cerebro humano son demostrablemente bastante lentos, lo que requiere un milisegundo, es decir, incluso a través de una sola sinapsis, las computadoras modernas pueden ser capaces de compensar la velocidad de cualquier falta de paralelismo. Pero la verdadera prueba, por supuesto, eno es si los programas son sistemas "holísticos" por algún criterio a priori de lo que eso significa. No tenemos que aceptar este artículo de fe gestáltica Gestalt como una especificación del sistema. La prueba real de los programas es si pueden simular el comportamiento humano real que pretenden modelar. En las secciones anteriores de este artículo se ofrecen varios ejemplos de la capacidad de los programas informáticos contemporáneos para simular los tipos de actividades mentales humanas que a menudo se presentan como ejemplos de la necesidad del holismo.

Una crítica a la crítica de Wertheimer

Michael Wertheimer (1985) expresa sus dudas sobre la compatibilidad de los actuales programas de simulación por ordenador con los principios de la psicología gestáltica. Realmente plantea dos cuestiones distintas, pero nunca las separa claramente en su discusión. La primera cuestión es si los programas de simulación computacional pueden representar, y por lo tanto explicar, la amplia gama de comportamientos de aprendizaje y resolución de problemas que han sido la preocupación principal de la psicología gestáltica. La segunda cuestión es si tales programas (exitosos o no según el primer criterio) incorporan los principios que los gestaltistas creen están en la base del comportamiento inteligente humano. La primera cuestión debe ser resuelta por investigación empírica: comparar los programas, a un nivel tan fino de detalle como sea posible, con el comportamiento humano en tareas idénticas. Si los programas son de hecho capaces de comportarse como seres intuitivos, perspicaces, comprensivos y humanos, entonces no tenemos más remedio que concluir que proveen el éxito de las teorías de los fenómenos de intuición, discernimiento y comprensión. Todo lo que podemos pedirle a una teoría es que encaje en los fenómenos que trata de explicar. He intentado en este artículo proporcionar algunos ejemplos que ilustran hasta dónde hemos llegado, en la simulación por computadora, hacia el éxito en la construcción de tales teorías. La segunda cuestión es una cuestión diferente. Se trata de saber si dos paradigmas teóricos son o no compatibles; si se puede hacer una traducción coherente, que preserve el significado, de uno a otro. Decimos que las versiones de Schroedinger y Heisenberg de la mecánica cuántica son compatibles porque se encontró una traducción (al menos aproximada). Como las dos teorías eran compatibles, no había que elegir entre ellas; cada uno podría ser utilizado siempre que fuera el más conveniente para la comprensión o la computación. Si dos teorías no son compatibles, entonces tanto peor para el que no puede explicar los datos empíricos, o que contiene hipótesis superfluas que van más allá del fenómeno que se ha de explicar. Entonces debemos abandonar esa teoría por la que encaja perfectamente en el mundo real. No sé con certeza si la teoría de la Gestalt es compatible con la teoría contemporánea del procesamiento de la información de las funciones mentales humanas. Siempre he pensado que probablemente lo sea, siempre que se haga un intento honesto de interpretar con simpatía los términos de la teoría de la Gestalt que no están provistos de definiciones operacionales adecuadas. Una declaración temprana de este punto de vista se expuso en

Newell, Shaw y Simon (1958). Sin embargo, supongo que son principalmente las personas que se llaman a sí mismas gestaltistas, y que prefieren el lenguaje tradicional de la Teoría Gestalt, las que deben decidir cómo quieren que se use ese lenguaje. Por ejemplo, Michael Wertheimer insiste en que "el uso de la frase "de arriba hacia abajo" en la psicología cognitiva moderna ... es ... muy diferente de su uso en la teoría de la Gestalt" (p.25). Si esta afirmación es verdadera es una cuestión histórica, a la que se debe responder examinando los textos. Pero si el pensamiento humano es "de arriba hacia abajo" en el sentido de Wertheimer o en el sentido reivindicado por la psicología cognitiva moderna es una cuestión empírica, a la que se refiere la observación de la conducta. Me arrepentiré un poco si el colorido vocabulario de la psicología Gestalt se extiende sin límites hacia la psicología del procesamiento de la información, con palabras sutiles como "intuición", "comprensión", el "insight", e incluso la "Gestalt", que seguramente pueden ser resaltadas e hicieron útil a la psicología experimental. Pero si los psicólogos de la Gestalt persisten en su afirmación de que estamos distorsionando estos términos de toda apariencia de su significado pretendido, puede ser más fácil renunciar a ellos y reemplazarlos por otros. No debe haber error, sin embargo, sobre las consecuencias de tal decisión. La prueba final de una teoría psicológica es si se ajusta a la conducta. Si la psicología del procesamiento de la información explica los fenómenos, como lo hace progresivamente, entonces estamos obligados a rechazar cualquier interpretación de la teoría de la Gestalt que insista en poner distancia respecto de dichos tests.

En respuesta al profesor Wertheimer, por lo tanto, he dirigido mi energía a mostrar hasta qué punto la psicología del procesamiento de la información y la simulación por ordenador han progresado hacia la explicación de fenómenos que históricamente han sido pensados como sustentados por la teoría de la Gestalt. Si debemos o no continuar utilizando el lenguaje gestáltico para referirnos a ellos, es una cuestión muy distinta.

Conclusión

El profesor Wertheimer pregunta dónde están el insight y la comprensión en los modelos de computadora. He mostrado exactamente donde están en mis referencias a programas que exhiben los comportamientos etiquetados generalmente como "insight" y "comprensión". Él afirma que el paso Hoeffding, que permite a los expertos comprender nuevas situaciones, falta.

Pero he mostrado que reside en los mecanismos de reconocimiento de los programas que hacen el diagnóstico médico experto o juegan el ajedrez experto. Sostiene que un programa de computadora no puede comprender ni aprender, sino que debe proporcionarse con antelación su representación de los problemas. Pero he descrito los programas de computadora existentes (algunos

de ellos más de una década de edad) que pueden generar sus propias representaciones de problemas y pueden aprender de los ejemplos.

Si los mecanismos que he descrito corresponden a los mecanismos que los gestaltistas tienen en mente cuando usan términos como "insight", "intuición", "comprensión", "buena Gestalt", "paso Hoeffding" es una pregunta que sólo los gestaltistas pueden responder.

Pero un vasto cuerpo de evidencia empírica muestra ahora que los fenómenos que habitualmente han sido señalados por los gestaltistas como evidencia de la presencia de estos procesos pueden, de hecho, ser simulados por ordenadores digitales.

Si dejamos de lado nuestra nostalgia por un vocabulario rico, pero en gran medida no operativo, y nos focalizamos, en cambio, en los procesos observables del pensamiento, vemos que estamos mucho más avanzados en la comprensión de estos procesos de lo que admite el profesor Wertheimer. No necesitamos esperar a la "computadora de mañana o la de pasado mañana" para comprender el insight. Los fenómenos de insight son totalmente visibles en las computadoras de hoy cuando son programadas apropiadamente para simular el comportamiento humano.