

THE PSYCHOLOGICAL REVIEW

EL MÁGICO NÚMERO SIETE, MÁS O MENOS DOS: ALGUNOS LÍMITES EN NUESTRA CAPACIDAD PARA PROCESAR LA INFORMACIÓN

GEORGE A. MILLER

Harvard University

Traducción libre realizada por H. Delgado para el curso "Procesos Cognitivos"
Facultad de Psicología, Universidad de la República

Mi problema es que me ha perseguido un número entero. Durante siete años este número me ha seguido por todos lados, se ha entrometido en mis datos más privados, y me ha asaltado desde las páginas de nuestras revistas. Este número asume una variedad de disfraces, siendo a veces un poco más grande y otras un poco más pequeño de lo habitual, pero sin cambiar tanto como para ser irreconocible. La persistencia con la que este número me atormenta es mucho más que un accidente aleatorio. Hay, para citar a un senador famoso, un diseño detrás de él, algún patrón que gobierna sus apariencias. O realmente hay algo inusual en el número o de lo contrario estoy sufriendo delirios de persecución.

Comenzaré la historia de mi caso contándoles algunos experimentos que probaron la precisión con la que las personas pueden asignar números a las magnitudes de varios aspectos de un estímulo. En el idioma tradicional de la psicología estos se llamarían experimentos en juicio absoluto. Un accidente histórico, sin embargo, ha

decretado que tengan otro nombre. Ahora los llamamos experimentos sobre la capacidad de las personas para transmitir información. Dado que estos experimentos no se habrían realizado sin la aparición de la teoría de la información en el escenario de la psicología, y dado que los resultados se analizan en términos de los conceptos de la teoría de la información, tendré que comenzar mi discusión con algunas observaciones sobre esta teoría.

MEDICIÓN DE INFORMACIÓN

La "cantidad de información" es exactamente el mismo concepto del que hemos hablado durante años bajo el nombre de "varianza". Las ecuaciones son diferentes, pero si nos aferramos a la idea de que todo lo que aumenta la varianza también aumenta la cantidad de información, no podemos desviarnos demasiado.

Las ventajas de esta nueva forma de hablar sobre la varianza son bastante

simples. La varianza siempre se indica en términos de la unidad de medida (pulgadas, libras, voltios, etc.), mientras que la cantidad de información es una cantidad adimensional. Dado que la información en una distribución estadística discreta no depende de la unidad de medida, podemos extender el concepto a situaciones en las que no tenemos métricas y normalmente no pensaríamos en usar la varianza. Y también nos permite comparar los resultados obtenidos en situaciones experimentales bastante diferentes donde no tendría sentido comparar varianzas basadas en métricas. Por tanto, existen buenas razones para adoptar el concepto más reciente.

La similitud de la varianza y la cantidad de información podría explicarse de esta manera: cuando tenemos una gran varianza, somos muy ignorantes sobre lo que va a suceder. Si somos muy ignorantes, entonces cuando hacemos la observación nos da mucha información. Por otro lado, si la varianza es muy pequeña, sabemos de antemano cómo debe salir nuestra observación, por lo que obtenemos poca información al hacer la observación.

Si ahora imagina un sistema de comunicación, se dará cuenta de que existe una gran variabilidad sobre lo que entra en el sistema y también una gran variabilidad sobre lo que sale. La entrada, y por lo tanto, la salida, pueden describirse en términos de su varianza (o su información). Si es buen sistema de comunicación, sin embargo, debe haber alguna relación sistemática entre lo que entra y lo que sale. Es decir, la salida dependerá de la entrada o estará correlacionada con la entrada. Si nosotros medimos esta correlación, entonces podemos decir qué parte de la varianza de la salida es atribuible a la entrada y cuánto se debe a fluctuaciones aleatorias o "ruido" introducido por el sistema durante la transmisión. Así, nosotros vemos que la medida de la información transmitida es simplemente

una medida de la correlación entrada-salida.

Hay dos reglas simples a seguir. Siempre que me refiera a "cantidad de información", usted debe entenerla como "varianza". Y siempre que me refiera a "cantidad de información transmitida", usted debe entenderla como "covarianza" o "correlación".

La situación se puede describir gráficamente mediante dos círculos parcialmente superpuestos. Entonces el círculo de la izquierda puede ser tomado para representar la varianza de la entrada, el círculo derecho la varianza de la salida y la superposición la covarianza de la entrada y la salida. Hablaré del círculo de la izquierda como la cantidad de información de entrada, el círculo de la derecha como la cantidad de información de salida y la superposición como la cantidad de información transmitida.

En los experimentos de juicio absoluto, se considera que el observador es un canal de comunicación. Entonces, el círculo de la izquierda representaría la cantidad de información en los estímulos, el círculo de la derecha la cantidad de información en sus respuestas, y la superposición de la correlación estímulo-respuesta medida por la cantidad de la información transmitida. El problema experimental es aumentar la cantidad de información de entrada y medir la cantidad de información transmitida. Si los juicios absolutos del observador son lo suficientemente precisos, entonces, casi toda la información de entrada se transmitirá y podrá recuperarse de sus respuestas. Si comete errores, entonces la información transmitida puede ser considerablemente menor que la entrada. Esperamos que a medida que aumentamos la cantidad de información de entrada, el observador comenzará a cometer más y más errores; nosotros podemos probar los límites de precisión de sus juicios absolutos. Si el observador humano es un tipo razonable de sistema de comunicación, cuando aumentamos la

cantidad de información de entrada, la información transmitida aumentará al principio y eventualmente se estabilizará en algún valor asintótico. A este valor asintótico lo consideraremos como la *capacidad del canal* del observador: representa la mayor cantidad de información que puede darnos sobre el estímulo sobre la base de un juicio absoluto. La capacidad del canal es el límite superior en la medida en que el observador puede igualar sus respuestas a los estímulos que le damos.

Ahora sólo unas breves palabras sobre el *bit* y podemos empezar a mirar algunos datos. Un bit de información es la cantidad de información que necesitamos para tomar una decisión entre dos alternativas igualmente probables. Si debemos decidir si un hombre mide menos de seis pies de altura o más de seis pies de altura y sabemos que las posibilidades son 50-50, entonces necesitamos un bit de información. Tenga en cuenta que esta unidad de información no se refiere de ninguna manera a la unidad de longitud que usamos (pies, pulgadas, centímetros, etc.). Independientemente de cómo mida la altura del hombre, todavía necesitamos solo un bit de información.

Dos bits de información nos permiten decidir entre cuatro alternativas igualmente probables. Tres bits de información nos permiten decidir entre ocho alternativas igualmente probables. Cuatro bits de información deciden entre 16 alternativas, cinco entre 32 y así sucesivamente. Es decir, si hay 32 alternativas igualmente probables, debemos tomar cinco decisiones binarias sucesivas, que valen un bit cada una, antes de saber qué alternativa es correcta. Entonces, la regla general es simple: cada vez que el número de alternativas se incrementa en un factor de dos, se agrega un bit de información.

Hay dos formas en las que podemos aumentar la cantidad de información de entrada. Podríamos incrementar la tasa a la que le damos información al observador, de modo que la cantidad de

información por unidad de tiempo aumentaría. O podríamos ignorar la variable de tiempo por completo y aumentar la cantidad de información de entrada aumentando el número de estímulos alternativos. En el experimento del juicio absoluto, estamos interesados en la segunda alternativa. Le damos al observador todo el tiempo que quiera para dar su respuesta; nosotros simplemente aumentamos el número de estímulos alternativos entre los que debe discriminar y buscamos identificar cuándo comienzan a producirse confusiones. Las confusiones aparecerán cerca del punto que denominamos como la "capacidad del canal".

JUICIOS ABSOLUTOS DE ESTÍMULOS UNIDIMENSIONALES

Ahora consideremos lo que sucede cuando hacemos juicios absolutos de tonos. Pollack (17) solicitó a oyentes identificar tonos mediante la asignación de números. Los tonos eran diferentes con respecto a la frecuencia, cubriéndose el rango de 100 a 8000 cps en pasos logarítmicos iguales. Un tono sonaba y el oyente respondía dando un número. Después de que el oyente dio su respuesta, se le dijo cual era la correcta identificación del tono.

Cuando solo se usaron dos o tres tonos, los oyentes nunca los confundieron. Con cuatro tonos diferentes las confusiones eran bastante raras, pero con cinco o más tonos las confusiones eran frecuentes. Con catorce tonos diferentes los oyentes cometieron muchos errores.

Estos datos se representan en la Fig. 1. A lo largo de la parte inferior está la cantidad de información de entrada en bits por estímulo. Como el número de tonos alternativos se incrementó de 2 a 14, la información de entrada aumentó de 1 a 3.8 bits. En la ordenada se grafica la cantidad de información transmitida. La cantidad de información transmitida se comporta de la manera en que

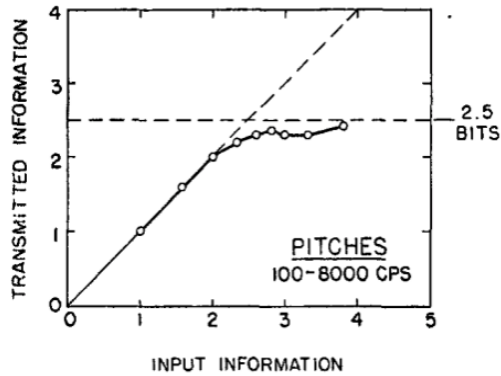


FIG. 1. Data from Pollack (17, 18) on the amount of information that is transmitted by listeners who make absolute judgments of auditory pitch. As the amount of input information is increased by increasing from 2 to 14 the number of different pitches to be judged, the amount of transmitted information approaches as its upper limit a channel capacity of about 2.5 bits per judgment.

esperaríamos que se comportara un canal de comunicación; la información transmitida aumenta linealmente hasta aproximadamente 2 bits y luego se desvía hacia una asíntota en aproximadamente 2.5 bits. Este valor, 2.5 bits, por lo tanto, es lo que llamamos la capacidad del canal del oyente para juicios absolutos de tono.

Entonces ahora tenemos el número 2.5 bits. ¿Qué significa eso? Primero, tenga en cuenta que 2.5 bits corresponde aproximadamente a seis alternativas igualmente probables. El resultado significa que no podemos elegir más de seis tonos diferentes que el oyente nunca confundirá. O, expresado de forma ligeramente diferente, no importa cuántas alternativas le pedimos que juzgue, lo mejor que podemos esperar que haga es asignarle unas seis clases diferentes sin error. O, nuevamente, si sabemos que hubo N estímulos alternativos, entonces su juicio nos permite reducir el estímulo particular a uno de $N/6$.

La mayoría de la gente se sorprende de que el número sea tan pequeño como un seis. Por supuesto, hay evidencia de que un persona musicalmente sofisticada con oído absoluto puede identificar con precisión cualquiera de 50 o 60 tonos diferentes. Por suerte, no tengo tiempo

para discutir estas notables excepciones. Digo que es una suerte porque no sé cómo explicar este desempeño superior. Así que me ceñiré al hecho más vulgar de que la mayoría de nosotros podemos identificar aproximadamente uno de cada cinco o seis tonos antes de comenzar a confundirnos.

Es interesante considerar que los psicólogos han estado utilizando escalas de calificación de siete puntos durante mucho tiempo, en la base intuitiva de que tratar de clasificar en categorías más finas realmente no agrega mucho a la utilidad de las calificaciones. Los resultados de Pollack indican que, al menos para los tonos, esta intuición es bastante acertada.

A continuación, puede preguntar qué tan reproducible es este resultado. ¿Depende del espaciado de los tonos o de las diversas condiciones de juicio? Pollack varió estas condiciones en una serie de maneras. El rango de frecuencias se puede cambiar por un factor de alrededor de 20 sin cambiar la cantidad de información transmitida más de un pequeño porcentaje. Diferentes agrupamientos de los tonos disminuyeron la transmisión, pero la pérdida fue pequeña. Por ejemplo, si puede discriminar cinco tonos en una serie y cinco tonos graves en otra serie, es razonable esperar que pueda combinar los diez en una sola serie y aún así distinguirlas todas sin error. Cuando lo intentas, sin embargo, no funciona. La

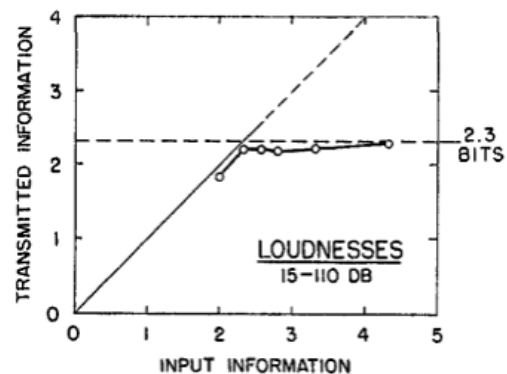


FIG. 2. Data from Garner (7) on the channel capacity for absolute judgments of auditory loudness.

capacidad del canal para el tono parece ser de aproximadamente seis y eso es lo mejor que puedes hacer.

Mientras seguimos en el terreno de los tonos, veamos a continuación el trabajo de Garner (7) sobre el volumen. Los datos de Garner para el volumen se encuentran resumidos en la Fig. 2. Garner se tomó algunas molestias para obtener el mejor espaciado posible de sus tonos sobre el rango de intensidad de 15 a 110 db. Usó 4, 5, 6, 7, 10 y 20 intensidades de estímulo diferentes. Los resultados que se muestran en la Fig. 2 tienen en cuenta las diferencias entre los sujetos y la influencia secuencial del juicio inmediatamente anterior. Nuevamente encontramos que parece haber un límite. La capacidad del canal para juicios absolutos de volumen es de 2.3 bits, o alrededor de cinco alternativas perfectamente discriminables.

Dado que estos dos estudios se realizaron en diferentes laboratorios con técnicas y métodos de análisis ligeramente diferentes, no están en una buena posición para discutir si cinco volúmenes son significativamente diferente de seis tonos. Probablemente la diferencia está en la dirección correcta, y los juicios absolutos de tono son un poco más precisos que los juicios absolutos de volumen. Sin embargo, el punto importante es que las dos respuestas son del mismo orden de magnitud.

El experimento también se ha realizado para intensidades gustativas. En la Fig. 3 están los resultados

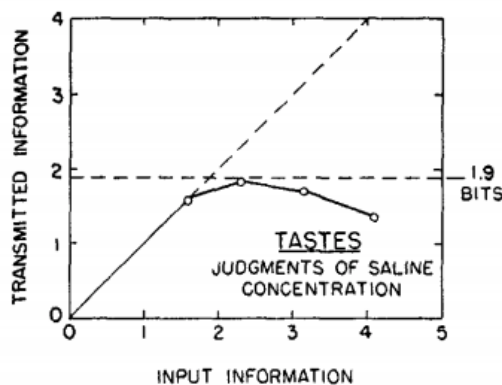


FIG. 3. Data from Beebe-Center, Rogers, and O'Connell (1) on the channel capacity for absolute judgments of saltiness.

obtenidos por Beebe-Center, Rogers y O'Connell (1) para juicios absolutos de la concentración de soluciones salinas. Las concentraciones variaron de 0,3 a 34,7 g de NaCl por 100 cc de agua del grifo en pasos subjetivos iguales. Utilizaron 3, 5, 9 y 17 concentraciones diferentes. La capacidad del canal es de 1.9 bits, que son aproximadamente cuatro concentraciones distintas. Así, las intensidades gustativas parecen un poco menos distintivas que los estímulos auditivos, pero nuevamente el orden de magnitud no está muy lejos.

Por otro lado, la capacidad del canal para juicios de posición visual parece ser significativamente mayor. Hake y Garner (8) pidieron a los observadores que interpolaran visualmente entre dos marcadores de escala. Sus resultados se muestran en la Fig. 4. Hicieron el experimento de dos formas. En una versión permitieron al observador usar cualquier número entre cero y 100 para describir la posición, aunque presentaban estímulos a solo 5, 10, 20 o 50 posiciones diferentes. Los resultados con esta técnica de respuesta ilimitada se muestra mediante círculos rellenos (negros) en la gráfica. En la otra versión, los observadores estaban limitados en sus respuestas a informar solo sobre esos valores de estímulo que eran posibles. Es decir, en la segunda versión el número de respuestas diferentes que el observador podía hacer era exactamente el mismo que el número de diferentes estímulos

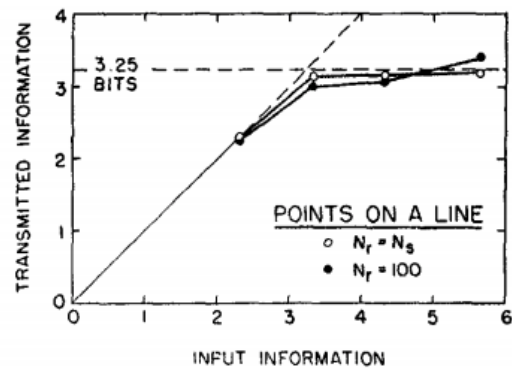


FIG. 4. Data from Hake and Garner (8) on the channel capacity for absolute judgments of the position of a pointer in a linear interval.

que el experimentador podía presentar. Los resultados con esta técnica de respuesta limitada se muestran mediante círculos abiertos (blancos) en el gráfico. Las dos funciones son tan similares que parece justo concluir que el número de respuestas disponibles para el observador no tuvo nada que ver con la capacidad del canal de 3.25 bits.

El experimento Hake-Garner ha sido repetido por Coonany y Klemmer. Aunque todavía no han publicado sus resultados, me han dado permiso para decir que obtuvieron capacidades de canal que van desde 3.2 bits para exposiciones muy cortas de la posición del puntero a 3.9 bits para exposiciones más largas. Estos valores son ligeramente superiores a los de Hake y Garner, por lo que debemos concluir que hay entre 10 y 15 posiciones distintas a lo largo de un intervalo lineal. Esta es la mayor capacidad de canal que se ha medido para cualquier variable unidimensional.

En la actualidad, estos cuatro experimentos sobre juicios absolutos de estímulos simples y unidimensionales son todo lo que ha aparecido en las revistas psicológicas. Sin embargo, una gran cantidad de trabajo sobre otras variables de estímulo no ha aparecido aún en las revistas. Por ejemplo, Eriksen y Hake (6) han encontrado que la capacidad del canal para juzgar los tamaños de los cuadrados es de 2.2 bits, o alrededor de cinco categorías, bajo una amplia gama de condiciones. En otro experimento, Eriksen (5) encontró 2.8 bits para el tamaño, 3.1 bits para el tono de tinta y 2.3 bits para el brillo. Geldard ha medido la capacidad de canal de la piel colocando vibradores en la región del pecho. Un buen observador puede identificar unas cuatro intensidades, unas cinco duraciones y unas siete ubicaciones.

Uno de los grupos más activos en esta área ha sido el Laboratorio de Aplicaciones Operacionales de la Fuerza Aérea. Pollack ha tenido la amabilidad de proporcionarme los resultados de sus mediciones para varios aspectos de

presentaciones visuales. Hicieron mediciones del área y de la curvatura, longitud y dirección de las líneas. En una serie de experimentos utilizaron una exposición muy corta del estímulo (1/40 de segundo) y luego repitió las mediciones con una exposición de 5 segundos. Para el área obtuvieron 2.6 bits con la exposición corta y 2.7 bits con la exposición larga. Para la longitud de una línea, obtuvieron aproximadamente 2.6 bits con la exposición corta y alrededor de 3.0 bits con la exposición prolongada. La dirección, o ángulo de inclinación, dio 2.8 bits para la exposición corta y 3.3 bits para la exposición prolongada. La curvatura fue aparentemente más difícil de juzgar. Cuando la longitud del arco era constante, el resultado de la exposición a la corta duración fue de 2.2 bits, pero cuando la longitud de la cuerda era constante, el resultado era de solo 1.6 bits. Este último valor es el más bajo que alguien ha medido a la fecha. Debo agregar, sin embargo, que estos valores tienden a ser un poco demasiado bajos porque los datos de todos los sujetos se agruparon antes de que se computara la información transmitida.

Ahora, veamos dónde estamos. Primero, la capacidad del canal parece ser una noción válida para describir observadores humanos. En segundo lugar, las capacidades del canal medidas para estas variables unidimensionales van desde 1.6 bits para curvatura a 3.9 bits para posiciones en un intervalo. Aunque no hay duda de que las diferencias entre las variables son reales y significativas, el hecho más impresionante para mí es su considerable similitud. Si tomo las mejores estimaciones que puedo obtener de las capacidades del canal para todas las variables de estímulo que he mencionado, la media es de 2.6 bits y la desviación estándar es de solo 0.6 bits. En términos de alternativas distinguibles, esta media corresponde a aproximadamente 6.5 categorías, una desviación estándar incluye de 4 a 10 categorías, y el rango total es de 3 a 15 categorías. Considerando

la amplia variedad de variables diferentes que se han estudiado, encuentro que este es un rango notablemente estrecho.

Parece haber alguna limitación incorporada en nosotros, ya sea por el aprendizaje o por el diseño de nuestro sistema nervioso, un límite que mantiene las capacidades de nuestro canal en este rango general. Sobre la base de las presentes pruebas, parece seguro decir que poseemos una capacidad finita y bastante pequeña para hacer tales juicios unidimensionales y que esta capacidad no varía mucho de un simple atributo sensorial a otro.

JUICIOS ABSOLUTOS DE ESTÍMULOS MULTIDIMENSIONALES

Puede que hayas notado que haya tenido el cuidado de decir que este número mágico siete se aplica a juicios unidimensionales. La experiencia cotidiana nos enseña que podemos identificar con precisión cualquiera de varios cientos de caras, cualquiera de varios miles de palabras, cualquiera de varios miles de objetos, etc. La historia ciertamente no estaría completa si nos detuviéramos en este punto. Debemos tener alguna comprensión de por qué las variables unidimensionales que juzgamos en el laboratorio dan resultados tan alejados de lo que hacemos constantemente en nuestro comportamiento fuera del laboratorio. Una posible explicación radica en el número de atributos independientemente de las variables de los estímulos que se están juzgando. Objetos, rostros, palabras y similares difieren entre sí de muchas maneras, mientras que los estímulos simples que hemos considerado hasta ahora difieren de unos a otros en un solo aspecto.

Afortunadamente, hay algunos datos sobre lo que sucede cuando hacemos juicios absolutos acerca de estímulos que difieren de varias formas. Veamos

primero los resultados que Klemmer y Frick (13) han reportado para el juicio absoluto de la posición de un punto en un cuadrado. En la Fig. 5 vemos sus resultados. Ahora la capacidad del canal parece haber aumentado a 4.6 bits, lo que significa que las personas pueden identificar con precisión cualquiera de las 24 posiciones en el cuadrado.

La posición de un punto en un cuadrado es claramente una proposición bidimensional. Debe ser identificada tanto su posición horizontal como vertical. Por tanto, parece natural comparar la capacidad de 4.6 bits para un cuadrado con la capacidad de 3.25 bits para la posición de un punto en un intervalo. El punto en el cuadrado requiere dos juicios del tipo de intervalo. Si tenemos una capacidad de 3.25 bits para estimar intervalos y hacemos esto dos veces, deberíamos obtener 6.5 bits como nuestra capacidad para ubicar puntos en un cuadrado. Agregar la segunda dimensión independiente nos da un aumento de 3.25 a 4.6, pero no alcanza el complemento perfecto que daría 6.5 bits.

Beebe-Center, Rogers y O'Connell proporcionan otro ejemplo. Cuando le pidieron a la gente que identificara tanto el sabor salado como el dulzor de las soluciones que contienen diversas concentraciones de sal y sacarosa, ellos encontraron que la capacidad del canal era de 2,3 bits. Dado que la capacidad

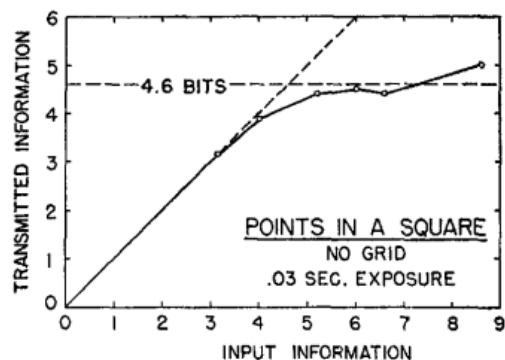


FIG. 5. Data from Klemmer and Frick (13) on the channel capacity for absolute judgments of the position of a dot in a square. para la sal sola fue de 1.9, podríamos esperar unos 3.8 bits si los dos aspectos

del estímulo compuesto se juzgaran de forma independiente. Al igual que con ubicaciones espaciales, la segunda dimensión agrega un poco a la capacidad, pero no tanto como posiblemente podría.

Un tercer ejemplo lo proporciona Pollack (18), quien pidió a los oyentes que juzgaran tanto el volumen como el tono de tonos puros. Dado que el tono de 2.5 bits y el volumen de 2.3 bits, podríamos esperar obtener hasta 4.8 bits para el tono y el volumen juntos. Pollack obtuvo 3.1 bits, lo que nuevamente indica que la segunda dimensión aumenta la capacidad del canal, pero no tanto como debería.

Un cuarto ejemplo puede extraerse del trabajo de Halsey y Chapanis (9) sobre las confusiones entre los colores de igual luminancia. Aunque no analizaron sus resultados en términos informativos, estiman que hay alrededor de 11 a 15 colores identificables, o, en nuestros términos, alrededor de 3.6 bits. Dado que estos colores varían en el tono como la saturación, probablemente sea correcto considerar esto como un juicio bidimensional. Si comparamos esto con los 3.1 bits de Eriksen para el tono (que es una comparación cuestionable para dibujar), nuevamente tenemos algo menos que una adición perfecta cuando se agrega una segunda dimensión.

Sin embargo, todavía queda un largo camino desde estos ejemplos bidimensionales hasta los estímulos multidimensionales proporcionados por caras, palabras, etc. Para llenar este vacío tenemos un solo experimento, un estudio auditivo realizado por Pollack y Ficks (19). Se las arreglaron para obtener seis variables acústicas diferentes que podrían cambiar: frecuencia, intensidad, tasa de interrupción, fracción de puntualidad, duración total y ubicación espacial. Cada uno de estas seis variables podría asumir cualquiera de cinco valores diferentes, por lo que en total había 5^6 , o 15625 diferentes tonos que podrían presentar. Los oyentes hicieron una clasificación separada para cada uno de estas seis dimensiones. En estas

condiciones, la información transmitida fue de 7.2 bits, lo que corresponde a aproximadamente 150 categorías diferentes que podrían identificarse absolutamente sin error. Ahora estamos empezando a ubicarnos en el rango que la experiencia ordinaria nos llevaría a esperar.

Supongamos que graficamos estos datos, por fragmentarios que sean, y hacemos una suposición sobre cómo la capacidad del canal cambia con la dimensionalidad de los estímulos. El resultado se muestra en la Fig. 6. En un momento de considerable atrevimiento, esbocé la línea de puntos para indicar aproximadamente la tendencia que los datos parecían estar tomando.

Claramente, la adición de atributos de variables independientes al estímulo aumenta la capacidad del canal, pero a una tasa decreciente. Es interesante notar que la capacidad del canal aumenta incluso cuando las diversas variables no son independientes. Eriksen (5) reporta que, cuando el tamaño, el brillo y la tinta varían juntos en perfecta correlación, la información transmitida es 4.1 bits en comparación con un promedio de aproximadamente 2.7 bits cuando estos atributos son variados de a uno a la vez. Al mezclar tres atributos, Eriksen aumentó la dimensionalidad de las entradas sin aumentar la cantidad de

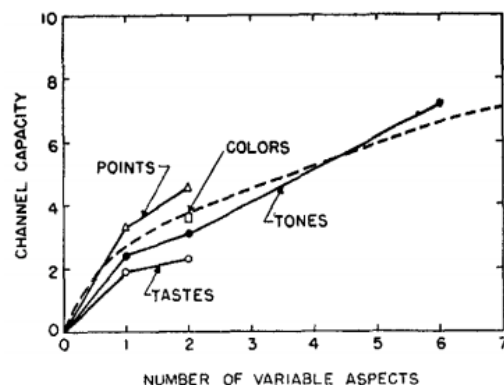


FIG. 6. The general form of the relation between channel capacity and the number of independently variable attributes of the stimuli. información de entrada; el resultado fue un aumento en la capacidad del canal de aproximadamente la cantidad que la

función punteada en la Fig.6 nos llevaría a esperar.

El punto parece ser que, a medida que agregamos más variables a la presentación, aumentamos la capacidad total, pero disminuimos la precisión de cualquier variable en particular. En otras palabras, podemos hacer juicios relativamente crudos de varias cosas simultáneamente.

Podríamos argumentar que en el curso de la evolución los organismos que respondieron con mayor éxito a la más amplia gama de energías de estímulo en su entorno tuvieron más éxito. Para sobrevivir en un mundo fluctuante, era mejor tener un poco de información sobre muchas cosas que tener mucha información sobre un pequeño segmento del medio ambiente. Si era necesario un compromiso, el que parece haber hecho es claramente el más adaptativo.

Los resultados de Pollack y Ficks apoyan un argumento que los lingüistas y fonéticos han estado planteando durante algún tiempo (11). Según el análisis lingüístico de los sonidos del habla humana, hay unas ocho o diez dimensiones -los lingüistas las llaman *rasgos distintivos*- que distinguen un fonema de otro. Estas características distintivas suelen ser de naturaleza binaria, o como mucho ternaria. Por ejemplo, se hace una distinción binaria entre vocales y consonantes, se toma una decisión binaria entre consonantes orales y nasales, se toma una decisión ternaria entre los fonemas anteriores, medios y posteriores, etc. Este enfoque nos da una imagen bastante diferente de la percepción del habla de la que podríamos obtener de nuestro estudio del espectro del habla y de la capacidad del oído para discriminar diferencias relativas entre tonos. Personalmente, estoy muy interesado en este nuevo enfoque (15), y lamento que no haya tiempo para discutirlo aquí.

Probablemente fue con esta teoría lingüística en mente que Pollack y Ficks realizaron una prueba en un conjunto de estímulos que variaban en ocho

dimensiones, pero solo requerían una decisión binaria en cada dimensión. Con estos tonos midieron la información transmitida en 6.9 bits, o alrededor de 120 tipos de sonidos reconocibles. Es una pregunta intrigante, aún inexplorada, si uno puede seguir agregando dimensiones indefinidamente en este camino.

En el habla humana existe claramente un límite en el número de dimensiones que usamos. En este caso, sin embargo, no se sabe si el límite lo impone la naturaleza de la maquinaria perceptiva que debe reconocer los sonidos o la naturaleza de la maquinaria del habla que debe producirlos. Alguien deberá hacer el experimento para averiguarlo. Sin embargo, hay un límite en aproximadamente ocho o nueve características distintivas en todos los idiomas que se han estudiado, por lo que cuando hablamos debemos recurrir a otro truco para aumentar la capacidad de nuestro canal. El lenguaje usa secuencias de fonemas, por lo que hacemos varios juicios sucesivamente cuando escuchamos palabras y oraciones. Es decir, utilizamos tanto discriminaciones simultáneas como sucesivas con el fin de ampliar los rígidos límites impuestos por la inexactitud de nuestros juicios absolutos de magnitudes simples.

Estos juicios multidimensionales recuerdan fuertemente el experimento de abstracción de Külpe (14). Como recordará, Külpe demostró que los observadores informan con mayor precisión sobre un atributo para el que están fijados que sobre los atributos para los que no lo están. Por ejemplo, Chapman (4) utilizó tres atributos y comparó los resultados obtenidos cuando los observadores fueron instruidos antes de la presentación taquiscópica con los resultados obtenidos cuando no se les dijo hasta después de la presentación cuál de los tres atributos debería ser reportado. Cuando la instrucción se dio por adelantado, los juicios fueron más precisos. Cuando se dio la instrucción posteriormente, los sujetos presumiblemente tuvieron que juzgar los

tres atributos para informar sobre cualquiera de ellos y, en consecuencia, la precisión fue menor. Esto está en total acuerdo con los resultados que acabamos de considerar, donde la precisión del juicio sobre cada atributo disminuyó a medida que se agregaron más dimensiones. El punto es probablemente obvio, pero lo haré de todos modos. Los experimentos de abstracción no demostraron que la gente pueda juzgar sólo un atributo a la vez. Simplemente mostraron lo que parece bastante razonable, que las personas son menos precisas si deben juzgar más de un atributo simultáneamente.

SUBITIZACIÓN

No puedo dejar este tema general sin mencionar, aunque sea brevemente, los experimentos llevados a cabo en Mount Holyoke College sobre la discriminación del número (12). En experimentos de Kaufman, Lord, Reese y Volkmann los patrones aleatorios de puntos se proyectaron en una pantalla durante 200 ms. En el patrón pueden aparecer desde 1 hasta más de 200 puntos. La tarea del sujeto era informar cuántos puntos había.

El primer aspecto a tener en cuenta es que en los patrones que contienen hasta cinco o seis puntos, los sujetos simplemente no cometieron errores. El rendimiento en estos pequeños números de puntos fue tan diferente del rendimiento con más puntos que se le dio un nombre especial. Por debajo de siete se decía que los sujetos *subitizaban*, por encima de siete se decía que *estimaban*. Esto es, como usted reconocerá, lo que alguna vez llamamos con optimismo "la capacidad o amplitud de la atención"¹.

Esta discontinuidad en siete es, por supuesto, sugerente. ¿Es este el mismo proceso básico que limita nuestros juicios unidimensionales a

aproximadamente siete categorías? La generalización es tentadora, pero no suena en mi opinión. Los datos sobre estimaciones numéricas no se han analizado en términos informativos; pero sobre la base de los datos publicados, supongo que los sujetos transmitieron algo más de cuatro bits de información sobre el número de puntos. Usando los mismos argumentos que antes, concluiríamos que hay alrededor de 20 o 30 categorías distinguibles de cantidad. Esta es más información que la que esperaríamos obtener de una presentación unidimensional. Es, de hecho, muy parecido a una presentación bidimensional. Aunque la dimensionalidad de los patrones de puntos aleatorios no está del todo clara, estos resultados están en el mismo rango que los de Klemmer y Frick para su visualización bidimensional de puntos en un cuadrado. Quizás las dos dimensiones de la cantidad son el área y la densidad. Cuando el sujeto puede subitizar, el área y la densidad pueden no ser las variables significativas, pero cuando el sujeto debe estimar, tal vez sean significativas. En cualquier caso, la comparación no es tan simple como podría parecer a primera vista.

Esta es una de las formas en que el mágico número siete me ha perseguido. Aquí tenemos dos tipos de experimentos estrechamente relacionados, los cuales apuntan a la importancia del número siete como un límite en nuestras capacidades. Y, sin embargo, cuando examinamos el asunto más de cerca, parece haber una sospecha razonable que no es más que una coincidencia.

LA CAPACIDAD DE LA MEMORIA INMEDIATA

¹ El término «capacidad» equivale a «span» en inglés.

Permítanme resumir la situación de esta manera. Existe un límite claro y definido a la precisión con la que podemos identificar absolutamente la magnitud de una variable de estímulo unidimensional. Propondría llamar este límite la *capacidad de juicio absoluto*, y sostengo que para juicios unidimensionales esta capacidad se encuentra generalmente alrededor de siete. No estamos completamente a merced de esta capacidad limitada, sin embargo, debido a que tenemos una variedad de técnicas para evitarlo y aumentar la precisión de nuestros juicios. Los tres más importantes de estos dispositivos son (a) hacer juicios relativos en lugar de absolutos; o, si eso no es posible, (b) aumentar el número de dimensiones a lo largo de las cuales los estímulos pueden diferir; o (c) arreglar la tarea de tal manera que hagamos una secuencia de varios juicios absolutos en una fila.

El estudio de los juicios relativos es uno de los temas más antiguos de la psicología experimental, y no me detendré para revisarlo ahora. El segundo dispositivo, aumentando la dimensionalidad, lo acabamos de considerar. Parece que agregando más dimensiones y requiriendo juicios crudos y binarios, de tipo sí-no sobre cada atributo, podemos extender la capacidad de juicio absoluto de siete hasta al menos 150. A juzgar por nuestro comportamiento diario, el límite es probablemente de miles, si es que hay un límite. En mi opinión, nosotros no podemos continuar componiendo dimensiones indefinidamente. Sospecho que también hay una *capacidad de dimensionalidad perceptual* y que esta capacidad está en algún lugar en la vecindad de diez, pero debo agregar de inmediato que no hay evidencia objetiva que apoye esta sospecha. Esta es una pregunta que lamentablemente necesita exploración experimental.

En cuanto al tercer dispositivo, el uso de juicios sucesivos, tengo bastante que decir porque este dispositivo introduce la

memoria como la sirvienta de la discriminación. Y, dado que los procesos mnemotécnicos son al menos tan complejos como son los procesos de percepción, podemos anticipar que sus interacciones no serán fácilmente desenredadas.

Supongamos que comenzamos simplemente extendiendo ligeramente el procedimiento experimental que hemos estado usando. Hasta este punto, hemos presentado un solo estímulo y le hemos pedido al observador que lo nombre inmediatamente después. Podemos extender este procedimiento requiriendo que el observador retenga su respuesta hasta que le hayamos dado varios estímulos seguidos. Luego, al final de la secuencia de estímulos, da su respuesta. Todavía tenemos el mismo tipo de situación de entrada-salida que se requiere para la medición de la información de transmisión. Pero ahora hemos pasado de un experimento de juicio absoluto a lo que tradicionalmente es llamado experimento de memoria inmediata.

Antes de analizar cualquier dato sobre este tema, creo que debo advertirle para ayudarlo a evitar algunas asociaciones obvias que pueden resultar confusas. Todo el mundo sabe que existe una capacidad finita de memoria y que para muchos tipos diferentes de materiales de testeo, esta capacidad es de aproximadamente siete elementos de longitud. Yo acabo de mostrarle que existe un margen de juicio absoluto que puede distinguir alrededor de siete categorías y que hay una capacidad de atención que abarcará unos seis objetos de un vistazo. ¿Qué es más natural que pensar que estas tres capacidades son aspectos diferentes de un solo proceso subyacente? Y eso es un error fundamental, como me esforzaré en demostrar. Este error es una de las maliciosas persecuciones a las que me ha sometido el mágico número siete.

Mi error fue algo como esto. Hemos visto que la característica invariante en la capacidad de juicio absoluto es la

cantidad de información que el observador puede transmitir. Existe una similitud operativa real entre el experimento de juicio absoluto y el experimento de memoria inmediata. Si la memoria inmediata es como el juicio absoluto, entonces debería seguirse que la característica invariante en la capacidad de la memoria inmediata es también la cantidad de información que puede retener un observador. Si la cantidad de información en la capacidad de la memoria inmediata es una constante, entonces la capacidad debe ser corta cuando los elementos individuales contienen una gran cantidad de información y la capacidad debe ser larga cuando los elementos contienen poca información. Por ejemplo, los dígitos decimales valen 3.3 bits cada uno. Podemos recordar alrededor de siete de ellos, para un total de 23 bits de información. Las palabras en inglés aisladas valen unos 10 bits cada una. Si la cantidad total de información debe permanecer constante a 23 bits, entonces deberíamos ser capaces de recordar sólo dos o tres palabras elegidas al azar.

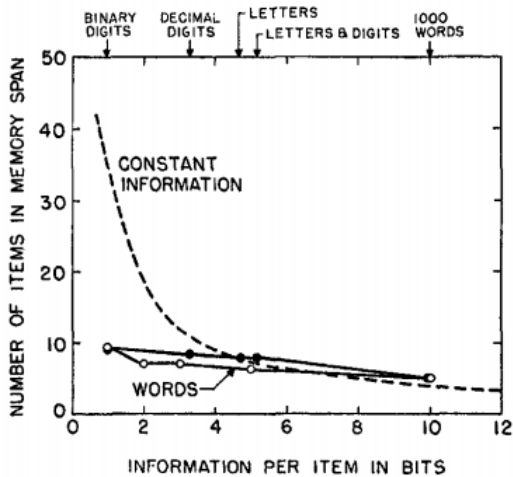


FIG. 7. Data from Hayes (10) on the span of immediate memory plotted as a function of the amount of information per item in the test materials.

En esta línea yo generé una teoría sobre cómo la capacidad de la memoria inmediata debería variar en función de la cantidad de información por elemento en los materiales de testeo.

Las mediciones de la capacidad de memoria en la literatura son sugerentes en esta pregunta, pero no definitivas. Y entonces era necesario hacer el experimento para ver. Hayes (10) lo probó con cinco tipos de materiales de prueba: dígitos binarios, dígitos decimales, letras del alfabeto, letras más dígitos decimales y con 1000 palabras monosilábicas. Las listas se leyeron en voz alta a una velocidad de un elemento por segundo y los sujetos tenían todo el tiempo que necesitaban para dar sus respuestas. Se utilizó un procedimiento descrito por Woodworth (20) para calificar las respuestas.

Los resultados se muestran mediante los círculos rellenos (negros) en la Fig. 7. Aquí la línea punteada indica cuál debería haber sido la capacidad si la cantidad de información en la capacidad fue constante. Las curvas sólidas representan los datos. Hayes repitió el experimento utilizando vocabularios de prueba de diferentes tamaños pero todos conteniendo sólo monosílabos en inglés (círculos abiertos en la Fig. 7). Este material de prueba más homogéneo no cambió la foto significativamente. Con elementos binarios, la capacidad es de aproximadamente nueve y, aunque desciende a cinco con palabras monosilábicas en inglés, la diferencia es mucho menor que la que la hipótesis de información constante requeriría.

No hay nada de malo en el experimento de Hayes, porque Pollack (16) lo repitió mucho más elaboradamente y consiguió esencialmente el mismo resultado. Pollack se tomó la molestia de medir la cantidad de información transmitida y no se basó en el procedimiento

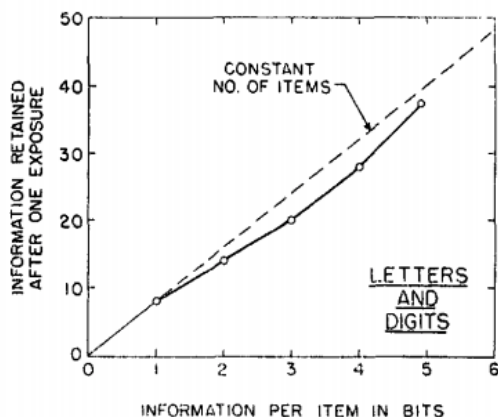


FIG. 8. Data from Pollack (16) on the amount of information retained after one presentation plotted as a function of the amount of information per item in the test materials.

tradicional para puntuar las respuestas. Sus resultados se representan en la figura 8. Aquí está claro que la cantidad de información transmitida no es una constante, pero aumenta casi linealmente a medida que se incrementa la cantidad de información por elemento en la entrada.

Y así el resultado es perfectamente claro. A pesar de la coincidencia de que el número mágico siete aparece en ambos lugares, la capacidad del juicio absoluto y la capacidad de memoria inmediata son tipos de limitaciones bastante diferentes que se imponen a nuestra capacidad para procesar información. El juicio absoluto está limitado por la cantidad de información. La memoria inmediata está limitada por el número de elementos. Para capturar esta distinción en términos algo pintorescos, he caído en la costumbre de distinguir entre *bits* de información y *chunks* (trozos) de información. Entonces puedo decir que el número de bits de información es constante para un juicio absoluto y el número de chunks de información es constante para la memoria inmediata. La capacidad de la memoria inmediata parece ser casi independiente del número de bits por chunk, al menos sobre el rango que se ha examinado hasta la fecha.

El contraste de los términos *bit* y *chunk* también sirve para resaltar el hecho de que no estamos muy definidos

sobre lo que constituye un *chunk* de información. Por ejemplo, la capacidad de memoria de cinco palabras que obtuvo Hayes cuando cada palabra se extrajo al azar de un conjunto de 1000 monosílabos en inglés, podría haberse denominado igualmente una capacidad de memoria de 15 fonemas, ya que cada palabra tenía alrededor de tres fonemas en él. Intuitivamente, está claro que los sujetos estaban recordando cinco palabras, no 15 fonemas, pero la distinción lógica no es evidente de inmediato. Estamos tratando aquí con un proceso de organización o agrupamiento de la entrada en unidades familiares o chunks, y una gran cantidad de aprendizaje se ha invertido en la formación de estas unidades familiares.

RECODIFICACIÓN

Para hablar con más precisión, por lo tanto, debemos reconocer la importancia de agrupar u organizar la secuencia de entrada en unidades o chunks. Dado que la capacidad de memoria es un número fijo de fragmentos, podemos aumentar la cantidad de bits de información que contiene simplemente creando chunks cada vez más grandes, conteniendo cada chunk más información que antes.

Un hombre que recién comienza a aprender el código radiotelegráfico escucha cada *dit* y *dah* como un chunk separado. Pronto él es capaz de organizar estos sonidos en letras y luego puede tratar las letras en chunks. Entonces las letras se organizan como palabras, que son chunks aún más grandes, y comienza a escuchar frases completas. Yo no me refiero a que cada paso es un proceso discreto, o que deben aparecer mesetas en su curva de aprendizaje, porque seguramente los niveles de organización se logran a diferentes ritmos y se superponen durante el proceso de aprendizaje. Simplemente estoy señalando el hecho obvio de que los dits y dahs se organizan aprendiendo en patrones y que a medida que emergen estos chunks más grandes, la cantidad de mensaje que el operador puede recordar

aumenta en consecuencia. En los términos que propongo utilizar, el operador aprende a aumentar los bits por chunk.

En la jerga de la teoría de la comunicación, este proceso se llamaría *recodificación*. La entrada se da en un código que contiene muchos chunks con pocos bits por chunk. El operador recodifica la entrada en otro código que contiene menos chunks con más bits por chunk. Hay muchas formas de hacer esta recodificación, pero probablemente lo más simple es agrupar los eventos de entrada, aplicar un nuevo nombre al grupo y luego recordar el nuevo nombre en el lugar de los eventos de entrada originales.

Como estoy convencido de que este proceso es muy general e importante para la psicología, quiero contarles sobre un experimento de demostración que debería dejar perfectamente explícito de lo que estoy hablando. Este experimento fue realizado por Sidney Smith y fue reportado por él ante la Eastern Psychological Asociación en 1954.

Comience con el hecho observado de que las personas pueden repetir ocho dígitos decimales, pero solo nueve dígitos binarios. Dado que existe una gran discrepancia en la cantidad de información recordada en estos dos casos, sospechamos de inmediato que podría usarse un procedimiento de recodificación para aumentar el espacio de memoria inmediata para dígitos binarios. En la Tabla 1 se ilustra un método para agrupar y renombrar. En la parte superior hay una secuencia de 18 dígitos binarios, muchos más de los que cualquier sujeto podía recordar después de una sola presentación. En la siguiente línea estos mismos dígitos binarios se agrupan por pares. Pueden producirse cuatro pares posibles: 00 se renombra 0, 01 se renombra 1, 10 es renombrado 2, y 11 es 3. Es decir, recodificamos de una aritmética en base dos a una aritmética en base cuatro. En la secuencia recodificada ahora hay solo nueve dígitos para recordar, y esto está casi dentro de

la capacidad de la memoria inmediata. En la siguiente línea se muestra la misma secuencia de dígitos binarios reagrupados en chunks de tres. Hay ocho posibles secuencias de tres, por lo que le damos a cada secuencia un nuevo nombre entre 0 y 7. Ahora hemos recodificado de una secuencia de 18 dígitos binarios a una secuencia de 6 dígitos octales, y esto está dentro de la capacidad de la memoria inmediata. En las dos últimas líneas los dígitos binarios se agrupan por cuatro y por cinco y reciben nombres de dígitos decimales del 0 al 15 y del 0 al 31.

Es razonablemente obvio que este tipo de recodificación aumenta los bits por chunk y empaqueta la secuencia binaria en una forma que se pueda retener dentro de la capacidad de la memoria inmediata. Smith reunió 20 sujetos y midió sus capacidades para dígitos binarios y octales. Los intervalos fueron 9 para binarios y 7 para octales. Luego le dio cada esquema de recodificación a cinco de los sujetos. Estudiaron la recodificación hasta que dijeron que la entendieron, durante unos 5 o 10 minutos. Luego probó su capacidad de dígitos binarios de nuevo mientras intentaron utilizar los esquemas de recodificación que habían estudiado.

Los esquemas de recodificación aumentaron su rango de dígitos binarios en todos los casos. Pero el aumento no fue tan grande como esperábamos en base a su capacidad de dígitos octales. Dado que la discrepancia aumenta a medida que aumenta la tasa de recodificación, razonamos que los pocos minutos que los sujetos habían dedicado a aprender los esquemas no habían sido suficientes. Aparentemente, la traducción de un código a otro debe ser casi automática o el sujeto perderá parte del siguiente grupo mientras intenta recordar la traducción del último grupo.

Dado que las proporciones 4:1 y 5:1 requieren un estudio considerable, Smith decidió imitar a Ebbinghaus y hacer el experimento él mismo. Con paciencia

TABLE 1
WAYS OF RECODING SEQUENCES OF BINARY DIGITS

Binary Digits (Bits)	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
2:1 Chunks	10	10	00	10	01	11	00	11	10									
Recoding	2	2	0	2	1	3	0	3	2									
3:1 Chunks	101	000	100	111	001	110												
Recoding	5	0	4	7	1	6												
4:1 Chunks	1010	0010	0111	0011	10													
Recoding	10	2	7	3														
5:1 Chunks	10100	01001	11001	110														
Recoding	20	9	25															

germánica se dedicó a cada recodificación sucesivamente, y obtuvo los resultados que se muestran en la Fig. 9. Aquí los datos se encuentran muy en línea con los resultados que podríamos predecir sobre la base de su capacidad para dígitos octales. Él podía recordar 12 dígitos octales. Con la recodificación 2:1, estos 12 chunks valían 24 dígitos binarios. Con la recodificación 3:1 valían 36 dígitos binarios. Con las recodificaciones 4:1 y 5:1, valían alrededor de 40 dígitos binarios.

Es un poco dramático ver a una persona obtener 40 dígitos binarios seguidos y luego repetirlos sin error. Sin embargo, si piensa en esto simplemente como un truco mnemotécnico para ampliar la capacidad de memoria, se perderá el punto más importante que está implícito en casi todos estos dispositivos mnemotécnicos. La cuestión es que la recodificación es un arma extremadamente poderosa para aumentar la cantidad de información con la que podemos tratar. De una forma u otra usamos la recodificación constantemente en nuestro comportamiento diario.

En mi opinión, el tipo de recodificación más habitual que hacemos todo el tiempo es traducir un código verbal. Cuando hay una historia o un argumento o una idea que queremos recordar, normalmente tratamos de

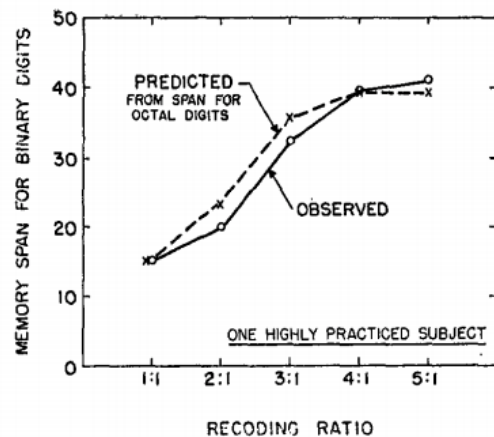


FIG. 9. The span of immediate memory for binary digits is plotted as a function of the recoding procedure used. The predicted function is obtained by multiplying the span for octals by 2, 3 and 3.3 for recoding into base 4, base 8, and base 10, respectively.

reformularlo "con nuestras propias palabras". Cuando nosotros presenciamos algún evento que queremos recordar, hacemos una descripción verbal del evento y luego recordamos nuestra verbalización. Al recordar, recreamos mediante una elaboración secundaria los detalles que parecen consistentes con la recodificación verbal particular que hemos hecho. El conocido experimento de Carmichael, Hogan y Walter (3) sobre la influencia que los nombres tienen en el recuerdo de figuras visuales es una demostración del proceso.

La inexactitud del testimonio de los testigos oculares es bien conocida en

psicología jurídica, pero las distorsiones del testimonio son aleatorios, se derivan naturalmente de la particular recodificación que utilizó el testigo, y la recodificación particular que utilizó depende de toda su historia de vida. Nuestro lenguaje es tremendamente útil para reempaquetar material en algunos chunks ricos en información. Sospecho que las imágenes también son una forma de recodificación, pero las imágenes parecen mucho más difíciles de conseguir operativamente y de estudiar experimentalmente que los tipos de recodificación más simbólicos.

Parece probable que incluso la memorización pueda estudiarse en estos términos. El proceso de memorizar puede ser simplemente la formación de chunks, o grupos de elementos que van juntos, hasta que haya pocos chunks suficientes para que podamos recordar todos los elementos. El trabajo de Bousfield y Cohen (2) sobre la ocurrencia de agrupamiento en el recuerdo de las palabras es especialmente interesante a este respecto.

RESUMEN

He llegado al final de los datos que quería presentar, por lo que ahora me gustaría hacer un resumen de comentarios.

Primero, la capacidad del juicio absoluto y la capacidad de la memoria inmediata imponen severas limitaciones a la cantidad de información que podemos recibir, procesar y recordar. Organizando la entrada de estímulos simultáneamente en varias dimensiones y sucesivamente en una secuencia de chunks, logramos romper (o al menos estirar) este cuello de botella informativo.

En segundo lugar, el proceso de recodificación es muy importante en la psicología humana y merece mucho más atención de la que ha recibido. En particular, el tipo de recodificación lingüística que hace la gente parece ser la

esencia misma de los procesos de pensamiento. Los procedimientos de recodificación son una preocupación constante para clínicos, psicólogos sociales, lingüistas y antropólogos y sin embargo, probablemente porque la recodificación es menos accesible a la manipulación experimental que las sílabas sin sentido o los laberintos en T, el psicólogo experimental tradicional ha contribuido poco o nada a su análisis. Sin embargo, las técnicas experimentales pueden ser utilizadas, métodos de recodificación pueden ser especificados, indicadores comportamentales pueden ser encontrados. Y anticipo que encontraremos un conjunto muy ordenado de relaciones que describen lo que ahora parece un desierto de diferencias individuales.

En tercer lugar, los conceptos y medidas proporcionadas por la teoría de la información proporcionan una forma cuantitativa de llegar a algunas de estas preguntas. La teoría nos proporciona un criterio para calibrar nuestros materiales de estímulo y para medir el desempeño de nuestros sujetos. En interés de la comunicación he suprimido los detalles técnicos de la medición de la información y he intentado expresar las ideas en términos más familiares; espero que esta paráfrasis no le lleve a pensar que no son útiles en la investigación. Los conceptos informativos ya han demostrado su valor en el estudio de la discriminación y del lenguaje; ellos prometen mucho en el estudio del aprendizaje y la memoria; e incluso se ha propuesto que pueden ser útiles en el estudio de la formación de conceptos. Muchas preguntas que parecían infructuosas hace veinte o treinta años ahora puede valer la pena volver a examinarlas. De hecho, siento que mi historia aquí debe detenerse justo cuando comienza a ponerse realmente interesante.

Y finalmente, ¿qué pasa con el número mágico siete? ¿Qué hay de las siete maravillas del mundo, los siete mares, los siete pecados capitales, las

siete hijas de Atlas en las Pléyades, las siete edades del hombre, los siete niveles del infierno, los siete colores primarios, las siete notas de la escala musical y los siete días de la semana? ¿Qué pasa con la escala de calificación de siete puntos, las siete categorías para el juicio absoluto, los siete objetos en la capacidad de atención y los siete dígitos en la capacidad de la memoria inmediata? Por el momento yo propongo no juzgar precipitadamente. Quizás haya algo profundo detrás de todos estos sietes, algo que nos pide que lo descubramos. Pero sospecho que es sólo una perniciosa, pitagórica coincidencia.

REFERENCIAS

- 1 BEEBE-CENTER, J. G., ROGERS, M. S., & O'CONNELL, D. N. Transmission of information about sucrose and saline solutions through the sense of taste. *J. Psychol.*, 1955, 39, 157-160.
- 2 BOUSFIELD, W. A., & COHEN, B. H. The occurrence of clustering in the recall of randomly arranged words of different frequencies-of-usage. *J. gen. Psychol.*, 1955, 52, 83-98.
- 3 CARMICHAEL, L., HOGAN, H. P., & WALTER, A. A. An experimental study of the effect of language on the reproduction of visually perceived form. *J. exp. Psychol.*, 1932, 15, 73-86.
- 4 CHAPMAN, D. W. Relative effects of determinate and indeterminate Aufgaben. *Amer. J. Psychol.*, 1932, 44, 163-174.
- 5 ERIKSEN, C. W. Multidimensional stimulus differences and accuracy of discrimination. VSAF, WADC Tech. Rep., 1954, No. 54-165.
- 6 ERIKSEN, C. W., & HAKE, H. W. Absolute judgments as a function of the stimulus range and the number of stimulus and response categories. *J. exp. Psychol.*, 1955, 49, 323-332.
- 7 GARNER, W. R. An informational analysis of absolute judgments of loudness. *J. exp. Psychol.*, 1953, 46, 373-380.
- 8 HAKE, H. W., & GARNER, W. R. The effect of presenting various numbers of discrete steps on scale reading accuracy. *J. exp. Psychol.*, 1951, 42, 358-366.
- 9 HALSEY, R. M., & CHAPANIS, A. Chromaticity-confusion contours in a complex viewing situation. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1954, 44, 442-454.
- 10 HAYES, J. R. M. Memory span for several vocabularies as a function of vocabulary size. In *Quarterly Progress Report*, Cambridge, Mass.: Acoustics Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Jan.-June, 1952.
- 11 JAKOBSON, R., FANT, C. G. M., & HALLE, M. Preliminaries to speech analysis. Cambridge, Mass.: Acoustics Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, 1952. (Tech. Rep. No. 13.)
- 12 KAUFMAN, E. L., LORD, M. W., REESE, T. W., & VOLKMANN, J. The discrimination of visual number. *Amer. J. Psychol.*, 1949, 62, 498-525.
- 13 KLEMMER, E. T., & FRICK, F. C. Assimilation of information from dot and matrix patterns. *J. exp. Psychol.*, 1953, 45, 15-19.
- 14 KÜLPE, O. Versuche über Abstraktion. *Ber. u. d. I Kongr. f. exper. Psychol.*, 1904, 56-68.
- 15 MILLER, G. A., & NICELY, P. E. An analysis of perceptual confusions among some English consonants. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1955, 27, 338-352.
- 16 POLLACK, I. The assimilation of sequentially encoded information. *Amer. J. Psychol.*, 1953, 66, 421-435.
- 17 POLLACK, I. The information of elementary auditory displays. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1952, 24, 745-749.
- 18 POLLACK, I. The information of elementary auditory displays. II. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1953, 25, 765-769.
- 19 POLLACK, I., & FICKS, L. Information of elementary multidimensional auditory displays. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 1954, 26, 155-158.
- 20 WOODWORTH, R. S. *Experimental psychology*. New York: Holt, 1938.

(Received May 4, 1955)