

Tacto inteligente: El papel de las estrategias de exploración manual en el reconocimiento de objetos reales

Julio Lillo Jover^(*)

Universidad Complutense de Madrid

Resumen: Tras analizar porqué se dan ciertas relaciones entre el tipo de exploración manual y la naturaleza de la información obtenida mediante ella, se comentan los trabajos que muestran a las dimensiones sustanciales de los objetos reales como más salientes, fáciles de extraer e integrables que las espaciales, por lo que juegan un papel esencial en el uso cotidiano del tacto. Se analizan las implicaciones de estos resultados cara a entender mejor el mundo táctil del invidente y respecto a la polémica tacto activo-tacto pasivo.

Palabras clave. Percepción háptica. Procesamiento dimensional. Ciegos.

Abstract: The aim of this paper is to analyze the causes by which some strategies of manual exploration facilitate the acquisition of information about certain object properties. The available evidence shows that substantial properties are more salient, easier to obtain and integrate than the spatial properties, the former playing a fundamental role in the everyday use of the haptic sense. The main implications of these results for the understanding of blind people tactual perception and their consequences for the active vs pasive touch issue are also evaluated.

Key words: Haptic perception. dimensional processing. blind people.

1. Un sencillo experimento

En 1985 Klatzky y colaboradores realizaron un sencillo experimento de importantes consecuencias teóricas. En esencia no se trataba más que de presentar 100 objetos de uso común y fáciles de manejar manualmente, evaluándose la precisión y rapidez con la que era posible identificarlos. Podría esperarse, a la luz de otros experimentos en los que se habían utilizado gráficos en relieve o formas tridimensionales sin sentido (p. ej. Bryant y Ratz, 1975; Magee y Kennedy, 1980), bajos porcentajes de reconocimiento. Sin embargo, el nivel fué muy alto, no sólo en cuanto a la adecuación de las respuestas de identificación (95 %), sino también res-

pecto a la rapidez con la que éstas se produjeron (el 68% se dieron en menos de 3 segundos; sólo el 6% de las respuestas requirió más de 5 segundos).

La causa de la mayor eficacia en el reconocimiento de objetos reales que en el de otros materiales hay que buscarla en el gran número de fuentes informativas proporcionadas por ellos.

Cuando se trata de identificar formas sin sentido (Garbin, 1988; 1990; Garbin y Bernstein, 1984), todo el conjunto de formas suele construirse del mismo material, por lo que el sujeto no puede utilizar ningún tipo de información sustancial (dureza, temperatura, textura, etc) para diferenciarlas. Por el contrario, los objetos cotidianos suelen diferir en estos atributos. En esta misma línea, cuando un sujeto explora un gráfico tangible (un "dibujo táctil"

(*) **Dirección:** Deptº de Psicología Básica (Procesos Básicos). Facultad de Psicología. Universidad Complutense. Campus de Somosaguas. 28026 Madrid (Spain).

© Copyright 1992. Secr. de Public. e Interc. Cient. Universidad de Murcia. Murcia (Spain). ISSN: 0212-9728

en el que los contornos han sido sustituidos por elevaciones en relieve; vease Lillo 1992), además de tener muy restringida la información basada en variaciones sustanciales (como mucho, se emplean distintos tipos de texturas marcadas sobre el mismo material) habrá de manejarse con una información espacial muy ambigua). En síntesis, el reducido nivel de reconocimiento háptico hallado en ciertas investigaciones, ha sido más el fruto de enfrentar a este sistema perceptivo con estimulaciones poco informativas y poco relacionadas con su modo de funcionamiento cotidiano, que de sus posibles limitaciones.

2. Movimientos manuales y exploración táctil

2.1. Problemas por resolver

Aunque otros investigadores se hayan ocupado de estudiar la relación existente entre los movimientos de exploración manual y la obtención de información mediante el tacto; y aunque algunos de ellos hayan establecido ciertos nexos entre tipos de información y movimientos (vease, p.ej. Brodie y Ross, 1985), hayan analizado cómo el tipo de estrategia utilizada puede influir en la eficacia con la que se extrae información (Davidson, 1972; Gordon y Morison, 1982), o hayan descrito cambios evolutivos en las formas de exploración háptica (Ruff, 1984); es lícito atribuir al grupo de investigadores liderado por Susan Lederman las mayores aportaciones relacionadas con nuestra comprensión actual de este tema, ya que han sido ellos quienes más sistemática y acumulativamente han abordado la cuestión. A partir de sus concepciones, expuestas es-

pléndidamente en Klatzky y Lederman (1987a), puede considerarse que una comprensión plena del papel jugado por las estrategias exploratorias en el reconocimiento de objetos mediante el tacto requiere la contestación de las siguientes tres preguntas:

- (1) ¿Qué tipos de estrategias tienden a realizarse cuando se desea obtener un determinado tipo de información.
- (2) ¿Qué grado de necesidad-suficiencia se da entre una estrategia y la obtención de un determinado tipo de información?.
- (3) ¿Qué relación hay entre las estrategias de búsqueda y la *forma* en que se procesan los distintos atributos de un objeto.

Pasemos a ocuparnos de cada una de ellas

2.2. Estrategias espontáneas y búsqueda selectiva

Tres son, de acuerdo con Klatzky y Lederman (1987a) los tipos de propiedades de los objetos de los que el tacto nos permite obtener información: (a). Las referidas a su sustancia (Temperatura, Dureza, Textura y Peso); (b) las relacionadas con la ordenación espacial de sus superficies (Peso, Forma Global, Forma Concreta, Tamaño); y, finalmente, (c) las relacionadas con alguna propiedad funcional (por su indefinición, prescindiremos de esta categoría en lo que resta de artículo).

En virtud de los resultados obtenidos en investigaciones precedentes y de la propia naturaleza de la información que se ha de obtener, Lederman y Klatzky (1987) hipotetizaron que ciertas estrategias debían ser las más adecuadas para la obtención de ciertas informaciones (véase Tabla 1) entre otras, por las razones que expondremos a continuación.

Tabla 1.- Relaciones óptimas postuladas entre estrategias exploratorias y obtención de información dimensional.

ATRIBUTO DEL OBJETO	ESTRATEGIAS EXPLORATORIAS
PROPIEDADES SUSTANCIALES	
Temperatura	Contacto estático
Dureza	Presión
Textura	Movimiento lateral
Peso	Movimientos de sopesamiento
PROPIEDADES ESPACIALES	
Peso	Movimientos de sopesamiento
Forma Global	Movimiento de cierre
Forma Concreta	Seguimiento de contornos

(Basado en Lederman y Klatzky (1987, p. 345)

2.2.1. Definición de las estrategias exploratorias.

1. **Temperatura-Contacto Estático.** Se produce un "contacto estático" cuando un objeto se apoya externamente -por alguna superficie o por la otra mano- al tiempo que una mano se apoya pasivamente en él sin intentar amoldarse a su forma. Esta posición permite que los flujos térmicos relacionados con la naturaleza y temperatura del objeto puedan circular libremente entre la piel y el objeto contactado. Conviene recordar que lo que percibimos no es tanto la temperatura en sí, sino los flujos de temperatura (por eso los objetos metálicos a temperatura ambiente se perciben como "fríos"). Para más información al respecto consúltese Boring (1942) y Sherrick y Cholewiak (1986).

2. **Dureza-Movimiento de Presión.** Se produce un movimiento de "presión" cuando se aplica una fuerza con un componente vertical (o "normal") respecto a alguna de las partes de un objeto (p. ej., si la superficie está debajo de la mano, se presiona "hacia abajo"), la parte opuesta del objeto puede estar quieta o sometida a una fuerza opuesta a la anterior (presión en pinza). Cuanto mayor sea la dureza de un objeto, tanto menos se deformará ante la presión.

3. **Textura-Movimiento Lateral.** Se produce un "movimiento lateral" entre la piel y la superficie de un objeto cuando se produce un frotamiento entre las dos superficies. Al igual que cuando utilizamos una goma de borrar, el frotamiento suele concentrarse en una porción relativamente pequeña de la superficie del objeto. Este tipo de desplazamiento permite que se genere vibración en la superficie de la piel (Katz, 1925; el tipo de patrón de vibración estaría relacionado con el tipo de textura), y que la textura deforme en forma específica a la piel (Lederman, 1982).

4. **Peso-Movimientos de sopesamiento.** En los movimientos de "sopesamiento" la mano es la única parte que mantiene al objeto, lo que además hace sin intentar amoldarse a su forma. La manera en que se produce el sopesamiento dependerá del peso del objeto y este, a su vez, de su densidad (propiedad sustancial) y tamaño (propiedad espacial).

5. **Tamaño y Forma Global-Movimiento de cierre.** Durante la realización de un "movimiento de

cierre" la mano mantiene contacto simultáneo con tanta porción de la superficie de un objeto como le es posible. Es fácil observar durante la ejecución de este tipo de movimientos la realización de un esfuerzo para moldear la mano a la forma del objeto. Este tipo de movimiento permite utilizar la información espacial proporcionada por un área relativamente amplia de la piel (lo que sirve para compensar su baja resolución espacial; Loomis, 1982; Loomis y Lederman, 1986), *simultáneamente* a la información cinestésica derivada de la realización del movimiento y de la postura final adoptada (Clark y Horch, 1986). El resultado de este cúmulo informativo es la rápida, pero poco precisa, obtención de información sobre el volumen-tamaño del objeto y sobre su forma global.

6. **Forma concreta-Seguimiento de contornos.** En este tipo de movimiento la/s yema/s de los dedos se desplazan sucesivamente sobre los distintos contornos del objeto. La utilización de las yemas permite utilizar la máxima resolución espacial permitida por el tacto (Weinstein, 1968) para analizar los detalles de una forma; aunque al precio de reducir ostensiblemente la superficie dérmica en contacto y depender de la memoria táctil para derivar la estructura relacional de los contornos encontrados. Como diferentes investigaciones han demostrado (Lederman et al.; 1985; 1987b; Balakrishnan et al., 1989; Millar, 1975, 1981) la capacidad de la memoria háptica para manejar información espacial es muy inferior a la visual.

2.2.2. Estrategias exploratorias y Búsqueda selectiva: un estudio empírico.

Terminada la descripción de las estrategias contempladas por Lederman y Klatzky (1987a) y el análisis de las razones en favor de hipotetizar vínculos entre cada una de ellas y la extracción de un determinado tipo de información, podemos ocuparnos de los resultados obtenidos respecto a la adecuación de los vínculos propuestos.

La tarea y metodología empleada fueron, nuevamente, muy sencillas (Lederman y Klatzky, 1987a. Exp. 1): Se entregaron a los sujetos grupos de cuatro estímulos (un modelo y tres de comparación) teniéndose que seleccionar, mediante exploración táctil libre, cuál de ellos era más similar al modelo en una determinada dimensión (p.ej. en textura). Las filmaciones de los movimientos fueron ana-

lizados en términos de las categorías exploratorias ya descritas.

Con la excepción que más adelante comentaremos, se dió una concordancia máxima entre las relaciones predichas y las encontradas. Más aún, la realización de un análisis discriminante mostró que el nivel de especificidad de los movimientos registrados fué tan alto como para permitir determinar el tipo de información buscada a partir, sólo, del patrón de su contemplación y categorización en estrategias exploratorias.

La única desviación respecto a las predicciones fué la de que, a la hora de seleccionar a los objetos más próximos en su "temperatura", el movimiento exploratorio más utilizado no fué el de "contacto estático" sino el de "cierre". Siempre *a posteriori*, hay una buena razón para comprender el porqué de este resultado: al aumentar la superficie dérmica en contacto con el objeto, se aumenta la capacidad para detectar-discriminar cambios pequeños en los flujos térmicos (Kenshalo, 1972; Sherrick y Cholleviak, 1986).

Analizados los movimientos utilizados espontáneamente por sus sujetos, Lederman y Klazky pudieron dedicarse a estudiar el nivel de dependencia-flexibilidad de las relaciones encontradas.

2.3. Niveles de especificidad informativa de las categorías exploratorias.

Una cosa es decir que una estrategia es la que *predomina* cuando se busca una información y otra muy distinta decir que tal movimiento es "necesario" (el único adecuado) u "óptimo" (el más adecuado entre un conjunto de movimientos que proporcionan información "suficiente" para responder por encima del nivel del azar). Si queremos saber si un determinado tipo de movimiento es "suficiente", "óptimo", o "necesario" deberemos conocer que es lo que sucede cuando el sujeto atiende a la extracción de información sobre una determinada dimensión (p. ej. textura), al tiempo que se ve obligado a utilizar cada una de las estrategias posibles (p. ej. presión). Esta fué la situación a la que se enfrentaron los sujetos del segundo experimento de Lederman y Klazky (1987a). ¿Resultados?. Hubo una gran variedad en la especificidad informativa de los distintos movimientos. Así, mientras que el "movimiento de cierre" fue "suficiente" para obtener información sobre todas menos una de las dimensiones estudiadas (la "forma exacta"), los "movimien-

tos laterales", que fueron óptimos para obtener información sobre la textura sólo fueron capaces de ofrecer información suficiente sobre la dureza y la temperatura, al tiempo que fueron incapaces de proporcionar información sobre el peso, volumen, forma global y forma específica.

Los datos sobre la generalidad-especificidad informativa de las distintas estrategias tienen especial relevancia para comprender su secuenciación en tareas de reconocimiento. Así, en ausencia de expectativas por parte del sujeto, es lógico que la exploración se inicie mediante una estrategia ("movimiento de cierre") que proporcione una primera información sobre los distintos atributos de un objeto. Esta primera toma de contacto, servirá para seleccionar la siguiente estrategia, cuya finalidad será la de determinar con mayor precisión el grado en que se da un determinado atributo.

Además de por su alto grado de generalidad informativa, y de porque es casi inevitablemente realizado al coger un objeto, hay un motivo adicional para considerar conveniente que el inicio de la exploración se realice con un movimiento de clausura: el escaso tiempo requerido para su realización (3 segundos, aproximadamente). Si no tuviéramos en cuenta el factor tiempo, y también a partir de los datos de Lederman y Klazky, (1987a; véase Tabla 6 en el trabajo citado), podríamos pensar que el "seguimiento de contornos" es una estrategia más adecuada para empezar la exploración. En favor de esta idea estaría el dato de que este tipo de movimiento fué suficiente en todas aquellas dimensiones en las que también lo fué la clausura y, además, alcanzó el grado de "necesario" (el único suficiente) respecto a la forma exacta. Sin embargo, el tiempo medio preciso para la realización de este tipo de movimiento casi cuadruplicó (11 seg.) el correspondiente a la clausura. Por tanto, la baja latencia de reconocimiento de objetos comunes hallada en el experimento de Klazky y Lederman (1985) que comentamos en el punto anterior, nunca podría haberse conseguido de iniciarse la exploración mediante seguimiento de contornos, pero sí sustituyendo a éste por un movimiento de cierre.

2.4. Forma de procesamiento y estrategias de exploración.

Al ocuparnos de la secuencialización de las distintas estrategias hemos empezado ya a plantearnos cuestiones respecto a cómo se procesa la informa-

ción táctil. Sin embargo, son más los problemas que debemos abordar al respecto. En primer lugar, y partiendo de que existan diferencias discriminables en distintas dimensiones, ¿son éstas igual de efectivas a la hora de llamar la atención del perceptor? o, dicho en términos más formales, ¿difieren las dimensiones táctiles en su saliencia?

El segundo aspecto del procesamiento dimensional del que nos ocuparemos en este apartado se centra en la integrabilidad de las dimensiones y puede concretarse en una serie de preguntas relacionadas entre sí: ¿en que medida puede combinarse el procesamiento de una dimensión con el de otras?, ¿existen diferencias en la integrabilidad de las dimensiones? y, si es así, ¿a que se deben?

En el intento de dar respuesta a estas cuestiones, el equipo de Lederman realizó diferentes investigaciones (Klatzky et al, 1987b; 1989; 1990; Lederman et al, 1988; 1990) que continuaron a las ya mencionadas en apartados anteriores aunque, conviene indicarlo, introduciendo una importante diferencia en los estímulos utilizados: Se sustituyeron los objetos puramente tri-dimensionales por "formas planas" obtenidas al recortar de manera diferente una plancha rígida que servía de soporte a otros tipos de superficies diferentes en textura y dureza (imagínense formas similares a las porciones de un rompecabezas sobre las que se pegan superficies de distintos materiales). Aunque simplificó los diseños, esta variación redujo la variabilidad estimular respecto a la existente en los objetos cotidianos.

Con el fin de evaluar la saliencia relativa de diferentes dimensiones táctiles (tamaño, forma, textura y dureza), Klatzky y colaboradores (1987 b) confeccionaron un conjunto de 81 objetos empleando 3 niveles distintos en cada una de las dimensiones utilizadas ($3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$). Los niveles seleccionados fueron claramente discriminables entre sí y, a partir de los resultados de un estudio previo en estimación de magnitud, producían variaciones subjetivas equivalentes en las magnitudes de las distintas dimensiones (esto es, el nivel 3 de la dimensión "dureza" se percibía como, aproximadamente, 5 veces más duro que el nivel 1; lo mismo que el nivel 3 de la dimensión tamaño se percibía unas cinco veces mayor que el nivel 1, etc). El objetivo de esta forma de seleccionar los niveles fué el de lograr que cualquier dimensión *permitiese* clasificar a los objetos con facilidad cuando se les requería que lo hiciesen basándose en ella (Klatzky et al, 1987b; Exp. 1).

El resultado realmente importante de la investigación se obtuvo cuando se permitió a los sujetos

clasificar libremente los objetos en un cierto número de categorías prefijadas por el experimentador (Opus cit. Exp. 2), este tipo de tarea ("clasificación libre") permitió una evaluación directa de la saliencia relativa. Veamos porqué.

Supongamos que se pidiera a los sujetos que agrupasen a los objetos en tres categorías ("A", "B" y "C") y que, de las cuatro dimensiones utilizadas, una de ellas fuera mucho más saliente que las restantes. Lógicamente, el sujeto basaría en ella la clasificación y haría abstracción de las variaciones en las otras dimensiones; por lo que, en nuestro hipotético ejemplo, todos los estímulos que acabasen dentro de la misma categoría (p. ej. "A") tendrían un mismo nivel de la dimensión saliente (p. ej. nivel 1). Por el contrario, una dimensión que tuviera mínima saliencia no sería considerada a la hora de clasificar a los objetos y, por tanto, aparecerían todos sus niveles dentro de una categoría (esto es, dentro de "A", habrían estímulos con nivel 1, 2 ó 3). En síntesis, cuanto más variado fuese el número de niveles de una dimensión que compartiesen categoría, tanto menos saliente sería tal dimensión.

Cuatro fueron las condiciones en las que se evaluó la saliencia dimensional en el segundo experimento de Klatzky et al. (1987b); en todas ellas se pidió que el agrupamiento en categorías se basase en la "similaridad entre los objetos", pero esta se definió de manera diferente para cada condición. Así, mientras que en un grupo de sujetos (Grupo táctil no sesgado) no se la definió de ninguna manera, en otro (Grupo táctil sesgado táctilmente) se dijo que eran similares aquellos objetos que *se sentían* similares; en un tercero (grupo táctil sesgado visualmente) se les dijo que lo eran aquellos que *daban lugar a imágenes semejantes*. Por último, a diferencia de los tres grupos anteriores que sólo tuvieron acceso táctil a los objetos, un cuarto grupo pudo verlos al tiempo que los tocaba (grupo táctil-visual). Este grupo no fué sesgado mediante instrucciones específicas.

Los resultados mostraron claras diferencias en función de que se utilizase o no algún referente visual. Esto es, el grupo táctil no sesgado y el que lo fué táctilmente apenas se diferenciaron entre sí y mostraron elevadas saliencias para las dos dimensiones sustanciales empleadas (textura y dureza). Por otra parte, la forma (una dimensión espacial) fué la propiedad más saliente tanto para el grupo que tuvo acceso directo a la estimulación visual (grupo táctil-visual) como, *especialmente*, para aquel que interpretó visualmente los datos obtenidos

sólo mediante el tacto (grupo táctil sesgado visualmente). En contraposición, la restante dimensión espacial (el tamaño) no fué saliente para ninguno de los grupos. Para terminar, se dió una alta correlación general entre la saliencia relativa y la frecuencia de ciertos movimientos exploratorios. Esto es, a mayor saliencia de una dimensión tanto mas frecuente era la aparición del movimiento más relacionado con la obtención de información sobre ella (p. ej. textura-movimientos manuales).

En síntesis, existe una clara tendencia en el procesamiento táctil a otorgar una alta saliencia a las propiedades sustanciales que se ve reflejada en el tipo de movimientos exploratorios realizados. Por otra parte, esta tendencia puede alterarse mediante el acceso simultáneo a la estimulación visual o el uso de instrucciones que fomenten una interpretación visual de la estimulación. En tal caso, la información relacionada con la forma adquirirá una saliencia superior a la de las propiedades sustanciales.

Pasemos ahora a ocuparnos del segundo de los aspectos relacionados con el procesamiento dimensional de los que se ocupa este apartado: la integrabilidad de las dimensiones.

Lo primero que debe indicarse es que, a diferencia de lo que pasa con el sistema visual (véase, p. ej. Smith, 1988) el estudio de la integrabilidad dimensional en el tacto no ha hecho más que empezar (Klatzky et al. 1989) y, por ello, los datos que exponemos nos indicarán en qué medida y con qué grado de flexibilidad se produce este fenómeno, pero no nos dirán nada concluyente respecto a si se produce en las etapas tempranas de procesamiento o tras un cierto grado de procesamiento dimensional independiente (véase Gardner, 1974 o Ashby y Townsend, 1986; para profundizar en este tópico).

La tarea utilizada para determinar el grado de integrabilidad dimensional fué una de clasificación en la que las clases podían definirse en función de una sólo dimensión (p.ej. grado de dureza; clase 1, objetos duros; clase 2, objetos blandos) o mediante 2 o más dimensiones redundantes (clase 1, objetos duros y rugosos; clase 2, objetos blandos y lisos), reflejándose la existencia de integrabilidad en una reducción en los tiempos de clasificación de las condiciones redundantes respecto a las que no lo son (Gardner, 1974; Spoehr y Lehmkuhle, 1982).

Los resultados obtenidos (Klatzky et al, 1989; Exp. 1) mostraron que se daba integración entre cualquier par de las tres dimensiones manipuladas (textura, dureza y forma). Por otra parte, se dió una

mayor integrabilidad entre las dimensiones sustanciales reflejada en que su combinación produjo una mayor reducción en los tiempos de clasificación y en que la variación redundante en las tres dimensiones produjo efectos idénticos a la redundancia de las dos dimensiones sustanciales; incluso a nivel de estrategias exploratorias. Esto es, en ambos grupos se produjo un predominio de movimientos laterales y de presión.

Con el fin de profundizar en la especial integrabilidad de las dos dimensiones sustanciales, el segundo y tercer experimento de Klatzky et al (1989) hicieron seguir a una fase de clasificación con dos dimensiones redundantes, una segunda en la que la clasificación se basaba en una sólo de las dos, informándose a los sujetos de este cambio en uno de los experimentos (Exp. 3), pero no en el otro (Exp. 2). Los resultados confirmaron las expectativas al mostrar que la pérdida de la redundancia producía un empeoramiento en los tiempos de clasificación de la segunda fase para el grupo expuesto previamente a la redundancia en dos dimensiones sustanciales; tanto cuando esta desapareció sorpresivamente (Exp. 2), como cuando los sujetos ya estaban previamente informados del cambio (Exp. 3). Por el contrario, cuando la redundancia se dió en la primera fase entre la dimensión forma y una de las sustanciales (forma-textura; forma-dureza) el efecto fué mucho más débil (Exp. 2) o no apareció (Exp. 3).

Las estrategias exploratorias realizadas durante la tarea de clasificación merecen un comentario especial. En general, cuando ésta se basaba en dos dimensiones redundantes tendían a utilizarse en proporciones semejantes las estrategias más adecuadas a cada una de ellas. Por otro lado, cuando la categorización se basaba en una sólo dimensión, sólo apareció la estrategia exploratoria más adecuada a ella, *excepto cuando los sujetos habían sido previamente expuestos a una categorización redundante basada en las dos dimensiones sustanciales*. En este caso, los sujetos *persistían en la estrategia relacionada con la búsqueda de información en la dimensión ahora irrelevante*, aún y cuando (Exp. 3) se les hubiera informado con anterioridad sobre este hecho.

El tercer experimento nos proporciona una dato adicional respecto a la especial integrabilidad de las dimensiones sustanciales. Tras la realización del experimento propiamente dicho se pidió a los sujetos que constataran una serie de preguntas relacionadas con las dimensiones empleadas y se obtuvieron los siguientes resultados: ninguno de los sujetos

a los que se pidió que atendieran a una dimensión sustancial, presentada redundantemente con la dimensión forma, se dió cuenta de la manera en que se había presentado esta última. Por el contrario, aproximadamente la mitad de aquellos a los que se pidió que atendieran a la forma se dieron cuenta del carácter redundante de la dimensión sustancial acompañante. Respecto a los grupos en los que las dos dimensiones sustanciales actuaron redundantemente se dió una clara asimetría: 3/4 partes de los que atendieran a la dureza fueron también capaces de darse cuenta de la redundancia en textura. Sin embargo, solo 1/4 parte de los que atendieron a la textura se dieron cuenta de la redundancia en dureza.

¿Cuáles son las causas de que se produzca integración entre dimensiones y de que esta sea mayor entre las sustanciales?. Como ya indicamos al inicio de este apartado, todavía no podemos responder con seguridad a esta pregunta aunque sí adelantar algunas hipótesis.

El primer factor a considerar tiene que ver con el grado de especificidad informativa de los distintos tipos de movimientos manuales. Como vimos en el apartado 2.3, y aunque puedan ser "óptimas" para la obtención de un determinado tipo de información, todas las estrategias exploratorias permiten, además, obtener algún grado de información sobre otras dimensiones. Así, las dos estrategias consideradas "óptimas" respecto a las dos dimensiones sustanciales (movimientos laterales para la textura y de presión para la dureza) permiten obtener información "suficiente" respecto a la otra dimensión sustancial pero no sobre ninguna estructural (Lederman y Klatzky, 1987a). Por el contrario, las dos estrategias más relacionadas con la percepción de la forma (clausura y seguimiento de contornos) permiten, además, la obtención de información "suficiente" tanto sobre las restantes propiedades estructurales como, y esto es lo importante, sobre todas las propiedades sustanciales. La influencia de este factor permitiría, en principio, explicar porqué muchos de los sujetos a los que se pidió que atendieran a la forma fuesen también capaces de informar de la redundancia en la dimensión sustancial que le acompañara.

El segundo factor se refiere a la compatibilidad en la realización de movimientos. Algunas estrategias exploratorias son más compatibles que otras entre sí. Por ejemplo, es fácil simultanear la realización de movimientos laterales y de presión pero no producir movimientos laterales al tiempo que se da

otro de cierre. Más aún, en los experimentos comentados se observó con frecuencia una estrategia híbrida de mov.laterales-mov. de presión cuando los sujetos clasificaron los objetos en categorías en las que fueron redundantes textura y dureza.

El tercer y último factor se refiere a la compatibilidad geográfica entre las estrategias. Al basarse en la naturaleza de los objetos, aquellas relacionados con las propiedades sustanciales pueden efectuarse prácticamente en cualquier porción del objeto y considerarse, por tanto, como "locales". En contraposición, la obtención de información sobre la forma requiere, o el seguimiento sistemático de los contornos, o un movimiento de cierre lo más amplio posible, por lo que pueden denominarse como "globales". Resumiendo, la información local suele ser suficiente para la obtención de información sustancial pero no para la espacial-estructural.

3. Conclusiones e implicaciones aplicadas

No es infrecuente que las personas sin contacto previo con el mundo de la ceguera se sorprendan cuando contemplan por primera vez a un ciego reconociendo objetos cotidianos mediante el tacto. Sus manos parecen moverse muy rápidamente y, tras una exploración que parece mucho menos sistemática de lo que se supondría necesario, proporcionan información suficiente como para que su propietario nos indique con acierto la naturaleza del objeto contactado. Tras este comportamiento el observador ingenuo puede inmediatamente empezar a elucubrar teorías respecto a cómo los invidentes han desarrollado un tacto con propiedades milagrosas en compensación por la pérdida visual o, en su lugar, sobre su gran inteligencia para deducir, a partir de tan poca información como aquella de la que parece disponer, la naturaleza de objetos tan brevemente contactados. A la luz de la evidencia recogida en este artículo, debe ser obvia la inadecuación de estos planteamientos.

Es verdad que, como múltiples trabajos se han encargado de mostrar (Rock y Harris, 1967; Power, 1981; Welch, 1986, etc.) cuando se produce un conflicto en la información espacial proporcionada por el tacto y la visión ésta suele predominar y determinar como se interpreta la información táctil. Es verdad también que la capacidad del tacto para obtener información espacial es muy inferior a la de la vi-

sión y que, si el reconocimiento de objetos se hubiera de basar sólo en las propiedades espaciales, habría de ser lento y poco efectivo. Pero como demostró el experimento de Klatzky et al. (1985) que comentamos en el punto 2.1, este resultado dista de producirse al emplear objetos reales, puesto que con ellos el tacto puede aprovecharse de la rica *información sustancial* disponible para reconocerlos. Hay muchos motivos para que así se haga puesto que, como hemos visto, la información sustancial se procesa rápidamente, con eficacia, tiene una alta saliencia, sólo requiere una exploración local y presenta una alta integrabilidad entre sus distintas facetas (textura, dureza, temperatura). Por todo ello, no es de extrañar que tenga fácil acceso a la consciencia y que, puesto que suele ser suficiente para la identificación de los objetos reales, haga poco atractiva la lenta exploración precisa para obtener información espacial detallada.

Si todo lo dicho es cierto, ¿por qué muchos trabajos donde se ha comparado el tacto y la visión se han centrado en el procesamiento de información espacial y en su transferencia de uno a otro sistema perceptivo (vease p. ej. Jones, 1981 o Cohen, 1981). Probablemente, porque la mayor parte de tales investigaciones han sido realizadas por videntes que, como indica el estudio de Klatzky et al. (1987b), dan una alta saliencia a la forma cuando simultanean el uso del tacto y la visión. Pero, recuérdese, ésta no es la forma habitual de funcionamiento del tacto en solitario ni, con toda seguridad, la propia de los sujetos invidentes.

El que los ciegos tengan que basarse en las propiedades sustanciales para lograr tiempos de reconocimiento rápidos es, sin duda, uno de los factores que dificultan la difusión de los gráficos en relieve. Como ya indicamos, este tipo de material ha de limitarse a reproducir en forma tangible los contornos existentes en los gráficos visuales (además de valerse de un rango reducido de variaciones en textura; Lederman y Kinch, 1979) y, por tanto, representa una fuerte reducción informativa respecto al torrente dimensional presente en los objetos reales. Peor aún, esta reducción se centra esencialmente en las dimensiones sustanciales. Por tanto, para encontrar el paralelismo entre la percepción táctil de un objeto y su representación tangible, lo primero que ha de hacer el invidente es cambiar su atención a las propiedades espaciales de los objetos reales al tiempo que experimenta cómo éstas se plasman en sus representaciones (para un comentario más amplio sobre los gráficos tangibles véase Lillo, 1992).

Nuestro último comentario relacionado con la ceguera se reserva para las posibilidades aplicadas del análisis de las estrategias exploratorias. Hemos visto que existe una estrecha relación entre la realización de cada una de ellas y la información dimensional obtenida. Por tanto, su observación es un medio de acceso directo para averiguar la información manejada por un individuo y para elaborar hipótesis sobre las causas de las deficiencias en el manejo del tacto que puedan presentarse en ciertos sujetos ciegos. Más aún, teniendo en cuenta que algunos trabajos experimentales (Davidson, 1972; et al, 1974) han mostrado que las diferencias en la efectividad táctil de los buenos y malos palpadores pueden deberse a las diferencias en las estrategias exploratorias utilizadas por unos y otros y que, lo que es más importante, el entrenamiento en las estrategias adecuadas puede eliminar tales diferencias en la eficacia táctil. La disponibilidad de un sistema clasificatorio amplio y fiable, del tipo del proporcionado por Lederman y Klatzky (1987a), puede constituir una pieza clave en el desarrollo de programas de entrenamiento compensatorio.

Terminaremos estas conclusiones analizando cómo los resultados expuestos pueden aportar nueva luz a la polémica tácto activo-tacto pasivo.

Gibson (1962; 1966) acuñó el término de "tacto activo" para diferenciar las experiencias táctiles obtenidas al estimular pasivamente la piel de un observador, del tacto cotidiano en el que el observador palpa activamente las superficies. Entre otras diferencias, estos dos tipos de tacto tienden a producir experiencias fenomenológicas muy distintas. Además, y este es el punto más polémico, Gibson consideró al tacto activo como más informativo que al pasivo.

Por su propia naturaleza, el tacto activo implica un componente cinestésico añadido a la estimulación dérmica (tenemos que mover los dedos para poder tocar algo con nuestra mano). Por contra, *puede* darse tacto pasivo en ausencia de cinestesia (podemos ser tocados aunque no nos movamos). Sin embargo, y esto es algo que Gibson nunca consideró adecuadamente (Loomis & Lederman, 1986), *también puede* darse tacto pasivo en el que concurra un componente cinestésico (p. ej. si alguien flexiona nuestros dedos). En síntesis, además de una percepción háptica activa existe una percepción háptica pasiva y, por ello, la disponibilidad o ausencia de información cinestésica no puede considerarse como equivalente a hablar de tacto activo o pasivo.

Teniendo en cuenta lo que acabamos de decir, son fáciles de entender las críticas efectuadas a los clásicos estudios en los que Gibson (1962) se basó para defender la supuesta superioridad informativa del tacto activo. Por ejemplo, en uno de sus trabajos se comparó a sujetos que intentaban reconocer la forma de objetos palpando activamente *con sus dedos*; con otros sujetos en los que las formas eran presionadas pasivamente *en la palma de la mano*, obteniéndose una clara ventaja en favor de la primera condición (95% contra 49%). ¿Se debió la superioridad de la primera condición a su naturaleza activa?, ¿no pudo acaso deberse a las diferencias en agudeza táctil entre los dedos y la palma?, ¿no pudo deberse a la información asociada al movimiento de los dedos?; los resultados de un estudio realizado por Schwartz et al. (1975) mostraron a estos últimos dos factores como principales responsables, puesto que cuando se comparó a un grupo similar a la condición de tacto activo de Gibson con otro que sólo se diferenciaba de él en el carácter pasivo de los movimientos exploratorios (el experimentador movía los dedos del observador) desaparecieron las diferencias en el nivel de reconocimiento.

¿Puede concluirse de lo dicho que la única diferencia entre el tacto activo y el pasivo radica en la naturaleza de las sensaciones provocadas por ambos (Goldstein, 1984) y no en su eficacia informativa?. Desgraciadamente, hoy por hoy no podemos contestar a esta pregunta con seguridad. En principio, y realizando experimentos mejor controlados que los de Gibson, sigue existiendo una clara razón en favor de esperar una mayor eficacia informativa del tacto activo en ciertas ocasiones: sólo en él la copia coro-

laria (Clark y Horh, 1986) relacionada con el control de los movimientos puede proporcionar una información adicional a la cutánea y cinestésica (p. ej. a la hora de obtener información sobre la dureza de una superficie, el palpador activo podría combinar información sobre las ordenes motoras precisas para empujarla, con la referida a como se deforma). ¿Se concretan nuestras expectativas en resultados experimentales que favorezcan al tacto activo?. En algunos casos sí (Heller, 1980a; 1980b; 1984; 1986a); en otros no hay diferencias (Lamb, 1983; Heller, 1989); en otros, especialmente cuando hay problemas con el control de los movimientos, el tacto pasivo supera al activo (Heller, 1986 b; Heller y Boyd, 1984). ¿Cómo explicar esta dispersión en los resultados?.

En nuestra opinión, las diferencias en la efectividad informativa de las diferentes estrategias tienen bastante que ver al respecto. ¿Dejaremos moverse libremente las manos de los observadores activos?, ¿y si no están adoptando la estrategia más adecuada?, ¿deberemos siempre utilizar esta última en la condición pasiva?. Mientras no estemos seguros de la equivalencia de las estrategias en las condiciones activas y pasiva (algo que ya se ha empezado a hacer, véase Heller, 1989) no podremos interpretar adecuadamente las diferencias observadas entre ambas.

Como conclusión final: el estudio de los movimientos y su clasificación dentro de las categorías exploratorias propuestas por Lederman y Klatzky nos ha proporcionado un instrumento de grandes posibilidades teóricas y aplicadas. Sólo el tiempo nos dirá si las promesas se plasman en realidades.

Referencias

- Ashby, F.G. y Townsend, J.T. (1986). Varieties of Perceptual Independence. *Psychological Review*, 93, 154-179.
- Balakrishnan, J.D., Klatzky, R.L., Loomis, J. y Lederman, S. (1989). Length Distortion of Temporally Extended Visual Displays: Similarity to Haptic Spatial Perception. *Perception & Psychophysics*, 46, 387-394.
- Boring, E.G. (1942). *Sensation and Perception in The History of Experimental Psychology*. New York: Appelton-Century-Crofts.
- Brodie, E.E. y Ross, H.E. (1985). Jigging a Lilted Weight Does aid Discrimination. *American Journal of Psychology*, 98, 469-471.
- Bryant, P. y Ratz, I. (1975). Visual and Tactual Perception of Shape by Young Children. *Development Psychology*, 11, 111-114.
- Clark, F.J. y Horch, K.W. (1986). Kinesthesia. En B.F. Boff, L.L. Kaufman y J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of Human Perception and Performance. Vol I*. New York: John Wiley & Sons.
- Cohen, M.M. (1981). Visual-Proprioceptive Interactions. En R. Walk y H.L. Pick, H.L. *Intersensory Perception and Sensory Integración*. London: Plenum Press.
- Davidson, P.W. (1972). Haptic Judgements of Curvature by Blind and Sighted Humans. *Journal of Experimental Psychology*, 93, 43-55.
- Garbin, C.P. (1988). Visual-Haptic Perceptual Non-Equivalence for Shape Information and Its Impact Upon Cross-Modal Performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 547-553.

- Garbin, C.P. (1990). Visual-Touch Perceptual Equivalence for Shape Information in Children and Adults. *Perception & Psychophysics*, 48, 271-279.
- Garbin, C.P. & Berstein, I.H. (1984). Visual and Haptic Perception of Three-Dimensional Forms. *Perception & Psychophysics*, 36, 104-110.
- Gardner, W.R. (1974). *The Processing of Information and Structure*. Potomac, M.D: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (1962). Observations on Active Touch. *Psychological Review*, 69, 477-490.
- Gibson, J.J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Goldstein, E.B. (1984). *Sensation and Perception* (2nd Ed.). Belmont, CA: Wadsworth. (Trad. Esp. 1988, Ed. Debate)
- Gordon, I.E. y Morison, V. (1982). The Haptic Perception of Curvature. *Perception & Psychophysics*, 31, 446-450
- Heller, M.A. (1980a). Reproduction of Tactually Perceived Form. *Perceptual & Motor Skills*, 50, 943-946.
- Heller, M.A. (1980b). Tactile Retention: Reading with the Skin. *Perception & Psychophysics*, 27, 125-130.
- Heller, M.A. (1984). Active and Pasive Touch: The Influence of Exploration Time on Form Recognition. *Journal of General Psychology*, 110, 243-249.
- Heller, M.A. (1986a). Active and Pasive Tactile Braille Recognition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 24, 201-202.
- Heller, M.A. (1986b). Central and Peripheral Influences on Tactual Reading. *Perception & Psychophysics*, 39, 197-204.
- Heller, M.A. (1989). Texture Perception in Sighted and Blind Observers. *Perception & Psychophysics*, 45, 49-54.
- Heller, M.A. y Boyd, M.E. (1984). Touching with a Wand. *Perceptual and Motor Skills*, 58, 390.
- Katz, D. (1925) *Der Aufbau der Tastewelt*. Zeitschrift für Psychologie. Leipzig: Barth.
- Kenshalo, D.R. (1972). Psychophysical Studies on Temperature Sensitivity. En W.D. Neff (Ed.), *Contributions to Sensory Physiology*. New York: Academic Press.
- Klatzky, R.L., Lederman, S.J. y Metzger, V.A. (1985). Identifying Objects by Touch: An Expert System. *Perception & Psychophysics*, 37, 299-302.
- Klatzky, R.L. & Lederman, S. (1987a). The Intelligent Hand. *The Psychology of Learning and Motivation*, Vol. 21, 121-151.
- Klatzky, R.L., Lederman, S. y Reed, C. (1987b). There's more to touch than Meets the Eye: The Saliency of Object Attributes for Haptics with and without Vision. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116, 356-369.
- Klatzky, R.L., Lederman, S. y Reed, C. (1989). Haptic Integration of Object Properties: Texture, Hardness, and Planar Contour. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 45-57.
- Klatzky, R.L., Lederman, S., Pellegrino, J.W., Doherty, S y McCloskey, B.P. (1990). Procedures for Haptic Object Exploration vs Manipulation. En M.A. Goodale (Ed), *Vision and Action: The Control of Grasping*. New Jersey: Ablex.
- Lamb, G.D. (1983). Tactile Discrimination of Textured Surfaces: Psychological Performance Measurements in Humans. *Journal of Physiology (London)*, 338, 551-565.
- Lederman, S.J. (1982). The Perception of Texture by Touch. En W. Schiff y E. Foulke (Ed.), *Tactual Perception: A Sourcebook*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lederman, S.J. y Kinch, D.H. (1979). Texture in Tactual Maps and Graphics for the Visually Handicapped. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, Junio, 217-227.
- Lederman, S.J., Klatzky, R. y Barber, P. (1985). Spatial-and Movement-based Heuristics for Encoding Pattern Information through Touch. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 33-49.
- Lederman, S. y Klatzky, R.L. (1987a). Hand Movements: A Window into Haptic Object Recognition. *Cognitive Psychology*, 19, 342-368.
- Lederman, S. y Klatzky, R.L., Collins, A. y Wardell, J. (1987b). Exploring environments by Hand or Foot: Time Based Heuristics for Encoding Distance in Movement Space. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 606-614
- Lederman, S., Browse, R.A. y Klatzky, R.L. (1988). Haptic Processing of Spatially Distributed Information. *Perception & Psychophysics*, 44, 222-232.
- Lederman, S. y Klatzky, R.L. (1990). Haptic Exploration and Object Representation. En M.A. Goodale (Ed.), *Vision and Action: The Control of Grasping*. New Jersey: Ablex.
- Lillo, J. (1992). Dos Mitades de un Mismo Barril: Potencialidades y Limitaciones de los Dibujos hápticos. *Anales de Psicología*, 8(1),
- Loomis, J.M. (1982). Analisis of Tactile and Visual Confusion Matrices. *Perception & Psychophysics*, 31, 41-52.
- Loomis, J.M. & Lederman, S. (1986). Tactual Perception. En B.F. Boff, L.L. Kaufman y J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of Human Perception and Performance. Vol I*. New York: John Willey & Sons.
- Magee, L.E. y Kennedy, J.M. (1980). Exploring Pictures Tactually. *Nature*, 283, 287-288.
- Millar, S. (1975). Spatial Memory for Blind and Sighted Children. *British Journal of Psychology*, 66, 449-459.
- Millar, S. (1981). Self-Referent and Movement Cues in Coding Spatial Localitation by Blind and the Sighted. *Perception*, 10, 255-264.
- Power, R.P. (1981). The Dominance of Touch by Vision: Occurs with Familiar Objects. *Perception*, 10, 29-33.
- Rock, I. y Harris, C.S. (1967). Vision and Touch. *Scientific American*, 216, 96-104.
- Ruff, H.A. (1981). Infant's Manipulative Exploration of Objects: Effects of Age and Objects Characteristics. *Development Psychology*, 20, 9-20.
- Schwartz, A.S., Perey, A.J. y Azulay, A. (1975). Further Analysis of Active and Pasive Touch in Pattern Discrimination. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 6, 7-9.
- Sherrick, C.E. y Cholewiak, R.W. (1986). Cutaneous Sensitivity. En B.F. Boff, L.L. Kaufman y J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of Human Perception and Performance. Vol I*. New York: John Willey & Sons.

- Smith, J.D. (1988). Los Procesos Analíticos y Holísticos en la Categorización. En J.L. Trespalacios, B.E. Shepp y S. Ballesteros (Eds.), *Percepción del Objeto: Estructura y Procesos*. Madrid: U.N.E.D.
- Spoehr, K.T. y Lehmkuhle, S.W. (1982). *Visual Information Processing*. San Francisco, CA: Freeman.
- Weinstein, S. (1968). Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex and Laterality. En D.R. Kenshalo (Ed.), *The Skin Senses*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Welch, R.B. (1986). Adaptation of Space Interaction. En B.F. Boff, LL. Kaufman y J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of Human Perception and Performance. Vol I*. New York: John Willey & Sons.
- Welch, R.B. & Warren, D.H. (1980). Immediate Perceptual Response to intersensory Discrepancy. *Psychological Bulletin*, 88, 638-667.

(Original recibido: 18-10-1991)

(Original revisado y aceptado: 13-12-91)

