

DEPARTAMENTO DE METODOLOGÍA DE LAS CIENCIAS  
DE COMPORTAMIENTO

MODELOS TEÓRICOS DE LOS PROCESOS DE  
CATEGORIZACIÓN Y APRENDIZAJE DISCRIMINATIVO

SERGIO MURGUI PÉREZ

UNIVERSITAT DE VALENCIA  
Servei de Publicacions  
2005

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 25 de Maig de 2005 davant un tribunal format per:

- D. José Díaz Esteve
- D<sup>a</sup>. María Dolores Frías Navarro
- D<sup>a</sup>. Diana Pérez Martínez
- D. Alejandro Ibarra Cuellar
- D. Ángel García Ferriol

Va ser dirigida per:  
D. Fernando García Pérez

©Copyright: Servei de Publicacions  
Sergio Murgui Pérez

---

Depòsit legal:  
I.S.B.N.:84-370-6285-3

Edita: Universitat de València  
Servei de Publicacions  
C/ Artes Gráficas, 13 bajo  
46010 València  
Spain  
Telèfon: 963864115

# Universitat de València

Facultad de Psicología



## **MODELOS TEÓRICOS DE LOS PROCESOS DE CATEGORIZACIÓN Y APRENDIZAJE DISCRIMINATIVO**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:  
**Sergio Murgui Pérez**

Dirigida por:  
Dr. D. José Fernando García Pérez

Marzo de 2005



“Procura en tus estudios no saber más que los otros, mas saberlo mejor”

(Lucio Anneo Séneca, 4 a.C.-65 d.C.)

“Todavía no he visto ningún problema, simple o complejo, que, al analizarlo, la solución no se convirtiera aún en más complicada”

(Poul Anderson, 1926-2001)



# Tabla de contenido

---

TABLA DE CONTENIDO.....	V
INTRODUCCIÓN .....	9
<b>CAPÍTULO I: DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.....</b>	<b>11</b>
CATEGORIZACIÓN, CATEGORÍAS Y CONCEPTO.....	11
OTROS CONCEPTOS RELACIONADOS .....	15
CATEGORIZACIÓN UNIDIMENSIONAL Y MULTIDIMENSIONAL .....	17
<b>CAPÍTULO II: CATEGORIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN</b>	
<b>UNIDIMENSIONAL.....</b>	<b>19</b>
CATEGORIZACIÓN UNIDIMENSIONAL .....	19
EL JUICIO COMPARATIVO .....	22
LA ELECCIÓN DE RESPUESTA .....	26
EL RANGO Y LA FRECUENCIA.....	29
EL ESTÍMULO PRECEDENTE COMO ESTÁNDAR .....	34
LA RESOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD .....	37
EL RANGO CRITICO .....	44
LA RAZÓN DE RESPUESTA.....	46
LAS BANDAS DE ATENCIÓN.....	49
LA INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN.....	53
LA CONFIGURACIÓN DEL CRITERIO.....	55
EL MAPEADO DE ESTÍMULOS .....	60

LA TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	66
EL ORDEN Y EL ESTÍMULO ANTERIOR .....	69
HACIA LA COMPLEJIDAD DEL ESTÍMULO Y ANALÍTICA.....	72
<b>CAPÍTULO III: CATEGORIZACIÓN MULTIDIMENSIONAL .....</b>	<b>75</b>
EL ENFOQUE CLÁSICO.....	75
LA IMPORTANCIA DEL PROTOTIPO .....	79
EL PAPEL DE LOS EJEMPLARES .....	87
LOS LÍMITES DE LAS CATEGORÍAS .....	104
EL APRENDIZAJE E-R .....	116
LA CATEGORIZACIÓN RACIONAL.....	128
EL APRENDIZAJE DE CATEGORÍAS .....	139
REGLAS DE CATEGORIZACIÓN.....	152
DIFERENTES PROBLEMAS EN CATEGORIZACIÓN .....	158
Un mismo modelo para un mismo fenómeno .....	159
Categorización no dimensional .....	165
Crítica a la similitud pura.....	165
La similitud cuestionada.....	166
Factores internos de categorización y conocimiento previo.....	171
Factores internos de categorización .....	172
Importancia de los conocimientos previos.....	178
Categorización unidimensional y multidimensional.....	180
<b>CAPÍTULO IV: MODELOS DE CATEGORIZACIÓN .....</b>	<b>185</b>
PRINCIPALES TEORÍAS .....	186
DE ESTÍMULOS A ESCALAS .....	188
DE EJEMPLARES A CATEGORÍAS .....	192
EL DESARROLLO DE LAS CATEGORÍAS .....	195
SITUACIONES DE CATEGORIZACIÓN.....	198
<b>CAPÍTULO V: EXPERIMENTOS.....</b>	<b>221</b>
METODOLOGÍA .....	221
EXPERIMENTO 1: IDENTIFICACIÓN .....	222



Método.....	224
Participantes .....	224
Aparatos y materiales .....	224
Procedimiento y diseño.....	224
Instrucciones .....	226
Resultados .....	226
Evolución de las respuestas a los estímulos.....	226
Evolución de la escala psicológica.....	233
Discusión.....	237
<b>EXPERIMENTO 2: CATEGORIZACIÓN DEL SEGMENTO INFERIOR .....</b>	<b>240</b>
Método.....	241
Participantes .....	241
Aparatos y materiales .....	242
Procedimiento y diseño.....	242
Instrucciones .....	243
Resultados .....	244
Respuesta al estímulo X.....	247
Ajuste.....	249
Discusión.....	253
<b>EXPERIMENTO 3: CATEGORIZACIÓN DEL SEGMENTO SUPERIOR.....</b>	<b>255</b>
Método.....	256
Participantes .....	256
Aparatos y materiales .....	256
Procedimiento y diseño.....	257
Instrucciones .....	257
Resultados .....	257
Respuesta al estímulo X.....	260
Ajuste.....	262
Discusión.....	264
<b>EXPERIMENTO 4: CATEGORIZACIÓN SIN INCERTIDUMBRE.....</b>	<b>266</b>
Método.....	268
Participantes .....	268
Aparatos y materiales .....	268
Procedimiento y diseño.....	268
Instrucciones .....	269
Resultados .....	269
Ensayos previos.....	269
Respuesta los estímulos .....	269
Ajuste.....	271
Aprendizaje de las categorías .....	272
Discusión.....	273
<b>EXPERIMENTO 5: CATEGORIZACIÓN CON INCERTIDUMBRE</b>	
<b>PARCIAL .....</b>	<b>274</b>
Método.....	276

Participantes.....	276
Aparatos y materiales .....	276
Procedimiento y diseño.....	277
Instrucciones .....	277
Resultados .....	278
Ensayos previos.....	278
Respuesta los estímulos .....	278
Ajuste.....	279
Aprendizaje de las categorías .....	280
Discusión.....	281
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>285</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>293</b>

# Introducción

---

LA investigación que aquí presentamos pretende analizar los procesos de categorización humana. Es decir, cómo las personas organizan el mundo que les rodea en categorías que les permitan manejar la información que, constatemente, reciben.

El estudio de la categorización humana se ha dividido, tradicionalmente, en dos distintas áreas. Por una parte, el estudio de la categorización se ha centrado en los estímulos unidimensionales. Estos estímulos, los más sencillos que se pueden utilizar, pueden ser líneas o sonidos y trabajar con ellos supone analizar la tarea de identificación. La identificación es un aprendizaje discriminativo en el que se pide a los participantes que distingan entre un conjunto de estímulos que se les presentan.

En la categorización multidimensional, los estímulos están compuestos por más de una dimensión y puede tratarse de semicírculos en los que se ha dibujado el radio, por ejemplo. Aquí también se asume que la categorización implica identificación, si bien los trabajos se han centrado más en explicar los procesos de categorización de estímulos tan complejos.

La interrelación entre ambos campos de estudios, pese a que investigan el mismo proceso cognitivo, es escasa. Así, se han desarrollado teorías que se aplican a un solo tipo de estímulos y, en contadas ocasiones, se extiende su estudio a otras situaciones o configuraciones de estímulos.

Por tanto, es importante analizar y conocer las relaciones entre los procesos psicológicos que dirigen la categorización de cualquier clase de estímulos. Este análisis implica, necesariamente, comparar la adecuación de las teorías y modelos ya que éstos son la representación de dichos procesos. Poder explicar estos procesos, y las teorías que los representan, en un marco teórico común puede ser una herramienta de indudable utilidad para conseguir dicho objetivo debido a la multiplicidad de enfoques y perspectivas.

La presente Tesis Doctoral está compuesta de seis capítulos, organizados según el orden que se describe a continuación. En el primer capítulo se definen los conceptos que se utilizarán en este trabajo, conceptos como categorización, identificación o categoría. A continuación, en el capítulo 2, se presentan los principales paradigmas teóricos de la categorización unidimensional analizados, realizándose una revisión de los trabajos más relevantes acerca de la identificación y sus efectos sobre la categorización. Se establece, además, la distinción entre identificación, identificación absoluta y categorización. En el tercer capítulo, se examinan los modelos surgidos dentro del estudio de la categorización con estímulos formados por más de una dimensión. Hablaremos también de la importancia de la similitud dentro de la teoría de prototipo y de ejemplares. En el capítulo 4, se presenta un análisis detallado de la categorización unidimensional, partiendo de un nuevo enfoque que permita integrar a las distintas teorías de categorización multidimensional, y revisando críticamente sus fundamentos teóricos básicos. Los supuestos planteados en el capítulo se contrastan experimentalmente en el capítulo 5 (Experimentos). Este capítulo se presentan los resultados obtenidos en cinco experimentos cuya finalidad es comprobar la validez teórica de los tres paradigmas fundamentales de la categorización. En el último de los capítulos, el número 6, se discuten los resultados obtenidos a la luz de las principales teorías de categorización y se extraen las conclusiones de este trabajo, planteándose nuevas líneas de investigación.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a las personas que han facilitado este trabajo. En primer lugar, quisiera agradecer a los participantes en los experimentos su colaboración. También quiero agradecer la ayuda en distintas tareas de Carmen, Carlos y Guillermo así como de Lidón. Finalmente, quiero agradecer su apoyo y dedicación al director de este trabajo, al Dr. José Fernando García Pérez de la Universidad de Valencia.

**Sergio Murgui Pérez**  
Valencia, Marzo de 2005

# Capítulo I

## Definición de conceptos

---

El presente capítulo tiene como objetivo definir los términos que vamos a emplear delimitando las propiedades y características de cada uno de ellos. Así, estableceremos las diferencias entre una categoría y un concepto, repasaremos las distintas concepciones de la categorización dentro de las diferentes teorías. Además, exponemos un esquema básico de este proceso en el que insertar cada uno de los marcos teóricos según el énfasis en cada una de las fases de la categorización. También nos referimos a otros conceptos relacionados con la categorización como la distinción entre dimensión y atributo o el significado de tipicidad. Finalmente, en la última parte se introducen brevemente las características de la categorización unidimensional y multidimensional.

### Categorización, categorías y concepto

La categorización, que para algunos autores comienza en el mismo momento en que cualquier percepción sensorial es asociada a una categoría abstracta (Van Mechelen y Michalski, 1993), es la habilidad para organizar información en clases de equivalencia (Knapp y Anderson, 1984) siendo de gran importancia ya que permite a las personas resumir, para poder manejarla, la información que nos llega a través de los sentidos (Anderson, 1991; Shepard, 1987; Smith y Medin, 1981). Aparentemente, la simplicidad de esta definición no debería crearnos ningún problema, sin embargo, existen varias cuestiones que cabe plantearse, ¿Cuáles son las características de ese proceso? ¿Qué son, al fin y al cabo, las categorías? ¿Qué diferencia existe entre una categoría (por ejemplo, nuestra idea de la *categoría coche*) y un concepto (por ejemplo, nuestra idea del *concepto coche*)?

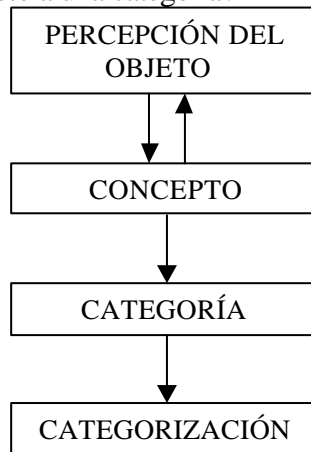
Comencemos por responder a la última de las preguntas, la distinción entre categoría y concepto. Un concepto es una idea por la cual una inteligencia es capaz de entender algún aspecto del mundo y es parte integrante del entendimiento de orden superior (Murphy y Medin, 1985), entrañando alguna teoría ideal del mundo (Putman, 1975); estas ideas o conceptos pueden descomponerse a su vez en otros conceptos —lo que podría dar lugar a un círculo vicioso, como indican Fodor, Garrett, Walker y Parker (1980)— o atributos, elementos representacionales más primitivos (Smith et al. (1981)—. Un concepto también puede, además, definirse como una idea que incluye todo lo que está asociado a él característicamente (Medin, 1989) o como las representaciones mentales subyacentes que los sujetos poseen de los diferentes tipos de entidades, objetos o eventos del mundo (Howard, 1992). Finalmente, tener un concepto sobre una entidad, un objeto o un evento significa conocer algo sobre sus propiedades (Smith y Medin, 1981, página 8) y comportarse de forma similar ante objetos similares (Keller y Schoenfeld, 1950).

Por otra parte, una categoría es una clase o conjunto de entidades que hay en el mundo (Howard, 1992), consideradas equivalentes y que generalmente se designan por nombres (Rosch, 1978; Rosch, Mervis, Gray, Johnson y Boyes-Braem, 1976), agrupadas conjuntamente por algún criterio o regla (Hampton y Dubois, 1993) a las cuales puede aplicarse alguna afirmación o grupo de afirmaciones (Medin, 1989).

Así pues, y tras este breve repaso, podemos comprobar que un concepto es principalmente una idea, una representación abstracta a la que se le atribuye diferentes características mientras que una categoría puede considerarse como un conjunto de objetos que poseen algo en común, una serie de atributos compartidos (Smith y Medin, 1981). De hecho, Smith define un concepto como una representación mental de una clase o individuo que indica cómo está representado y cómo la información es típicamente usada durante la categorización (Smith, 1989, pág. 502), definición ésta que nos lleva a la necesidad de aclarar qué es la categorización.

En efecto, ya sabemos que la categoría *coche* está formada por la representación mental de cierto número de objetos (ejemplares) observables en el mundo real que comparten una serie de características —no necesariamente todas, como veremos más

adelante— propias de la idea (concepto) de coche, pero ¿En qué consiste asignar un objeto a una categoría?



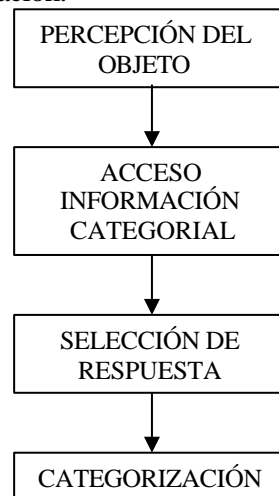
**Figura 1** *Relación entre objeto, concepto, categoría y categorización*

La categorización puede definirse como la habilidad que posee el sujeto para asignar objetos u otros patrones estímulares a categorías (Murphy et al., 1985), ésta se produce, según los diferentes marcos teóricos, al comparar el estímulo con el prototipo de la categoría (Medin, 1989; Hampton, 1987; Rosch, 1975; Rosch et al., 1976; Smith y Medin, 1981), al comparar el estímulo con los diferentes ejemplares de las categorías (Medin y Schaffer, 1978; Nosofsky, 1984, 1986), al situarse la representación del estímulo en cierta área perteneciente a cierta categoría (Ashby y Perrin, 1988; Ashby y Townsend, 1986), o al comprobar si el estímulo se ajusta a la regla que define la categoría (Sloman, 1996). Cabe señalar que, dentro del marco teórico de Anderson (1991) en el que la categorización es entendida como la predicción de la probabilidad que un objeto posea cierta característica, la categorización se produce al calcular las diferentes probabilidades condicionadas entre el objeto y la característica a partir de la estructura observada en el ambiente.

Por otra parte, conviene recordar que las explicaciones mencionadas más arriba se inscriben dentro de la investigación con estímulos formados por dos o más dimensiones; la categorización con estímulos unidimensionales presenta una serie de características diferenciadoras, como veremos en el próximo capítulo. En términos

experimentales, la categorización es un experimento de elección en el que los sujetos clasifican distintos ítems en grupos (Nosofsky, 1990, pág. 363).

Finalmente, según Massaro y Friedman (1990), la categorización puede ser dividida en dos partes; por un lado, el acceso a la información categorial y, por otro lado, la selección de una respuesta en función de esa información.



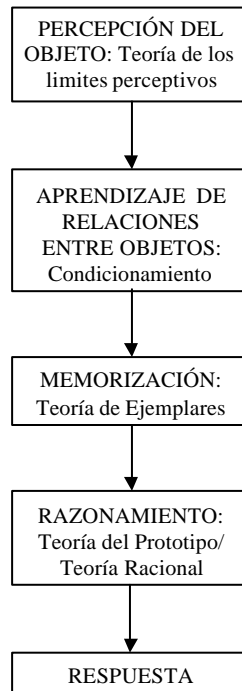
**Figura 2** Categorización según Massaro y Friedman (1990)

No obstante, al margen del proceso general señalado por Massaro y Friedman, es evidente la diversidad de enfoques existentes, ello es debido a que el hecho de categorizar implica diferentes procesos que pueden ser tomados de forma conjunta por todas las teorías (algunas de ellas los tienen en cuenta de forma separada y otras no) como el almacenamiento en memoria, el razonamiento y la toma de decisiones, etc.

Tal y como podemos apreciar en la Figura 3, cada marco teórico tiende a fijarse principalmente en una de las fases si bien debe entenderse la figura como una representación esquemática de las diferentes teorías, es decir, ninguna de ellas se ocupa única y exclusivamente de uno de los procesos indicados. Finalmente, debe tenerse en cuenta que es precisamente la diversidad de procesos que pueden ocurrir en la categorización la que da lugar a los diferentes enfoques lo que, como es lógico, constituye una ventaja —la existencia de las diferentes teorías— y un inconveniente —la



imposibilidad aparente de poder establecer un marco globalizador—de difícil superación.



**Figura 3** Incidencia de las principales teorías en los componentes de la categorización

## Otros conceptos relacionados

Para finalizar, es conveniente definir algunos de los términos que vamos a manejar, al margen de los conceptos básicos ya comentados, como son las dimensiones, los atributos, las características, los prototipos y la tipicidad.

Para referirse a las entidades que componen las categorías se suele hablar de ejemplares, objetos o estímulos, siendo su única diferencia el contexto en el que se emplean; así, ejemplares u objetos se utiliza habitualmente cuando hablamos de las categorías naturales, es decir, las formadas a partir del medio (como por ejemplo, *coche*) mientras que estímulo se reserva para los objetos que componen las categorías creadas en el laboratorio.

Los componentes de las categorías, a su vez, pueden estar formados por características, atributos o dimensiones, siendo su distinción más sutil. Siguiendo a Lamberts (1994) y a Tversky (1977), un atributo tiene carácter nominal (por ejemplo, un atributo es el color del coche) y a las diferentes alternativas que puede tomar el atributo (siguiendo con el ejemplo, rojo, azul, amarillo, etc.) se le denominan valores (Hampton et al., 1993, pág. 15), aunque algunos autores (Bierwisch, 1971; Garner, 1978) denominan característica a los valores de un atributo si este último es binario (presencia/ausencia; por ejemplo, con aire acondicionado o si aire acondicionado). Finalmente, según Smith y Medin (1981, pág. 10-12) una dimensión se refiere a las variaciones cuantitativas en cierto rasgo (por ejemplo, longitud entre ejes), siendo las variaciones cualitativas las correspondientes a las características. No obstante, compartimos la opinión de Estes (1986) que no hace distinción entre estos términos por lo que los emplearemos indistintamente a lo largo del presente trabajo.

En cuanto al prototipo y la tipicidad son conceptos utilizados principalmente en la teoría de prototipo y de ejemplares aunque su utilización también es frecuente dentro del resto de las teorías. El prototipo —responsable del denominado del efecto de prototipo que ocurre en diversos campos (Hampton, 1993) y por el cual el prototipo no visto anteriormente de una categoría es reconocido con mayor rapidez y menor error que otros ejemplares ya vistos (por ejemplo, Franks y Bradford, 1971; Knapp y Anderson, 1984; Posner y Keele, 1970, 1968)— es el mejor ejemplar de la categoría, el más representativo y central (Rosch, 1978), son los ejemplares que más atributos comparten con el resto de componentes de su categoría y los que menos atributos comparten con los ejemplares de las otras categorías (Rosch y Mervis, 1975) y reflejan la tendencia central de las propiedades de los ejemplares (Smith et al., 1982, página 169).

El prototipo, por tanto, es una creación del sujeto a partir de los diferentes ejemplares que se le presentan, tanto el prototipo (que no debe confundirse con la teoría de prototipo) como su efecto existen al margen del marco explicativo que utilizemos.

En cuanto a la tipicidad —también citada como prototipicidad, representatividad o bondad del ejemplar—, siguiendo a Hampton y Dubois (1993), se refiere al grado en que cierto ejemplar se ajusta a la idea o concepto de su categoría (por ejemplo, un coche con tres ruedas

podría ajustarse poco a lo que entendemos por *coche*), esta tipicidad varía, por tanto, en función de la similitud entre el ejemplar (el coche con tres ruedas) y el centro de la categoría (el prototipo). La tipicidad es máxima en el prototipo.

## Categorización unidimensional y multidimensional

El fenómeno de la categorización, así como las diferentes explicaciones que de él se han propuesto, puede dividirse según el número de dimensiones que forman los estímulos. Esta distinción, que pudiera parecer algo extraña ya que es lógico esperar que una teoría que explique ese fenómeno con estímulos formados por varias dimensiones también pueda explicar los resultados con objetos formados por una única dimensión, es debido a dos factores: en primer lugar, las características propias del fenómeno según las dimensiones que forman el estímulo. En efecto, la categorización unidimensional ha sido poco estudiada debido a distintos efectos que se producen con estímulos de tales características, estos fenómenos (por ejemplo, el efecto  $7\pm 2$ ) no se encuentran en los estudios con estímulos multidimensionales.

El segundo motivo por el que podemos basarnos en el número de dimensiones para clasificar las teorías sobre categorización es la escasa aplicación de éstas en un ámbito a partir del cual no han sido desarrolladas. Así, por ejemplo, la teoría de ejemplares ha sido puesta a prueba en escasas ocasiones con estímulos unidimensionales. Esta poco frecuente “interacción” solo puede ser explicada en parte por el primero de los motivos mencionados —las particulares características del fenómeno según el número de dimensiones del estímulo— y que no dejan de constituir un claro indicio de falta de generalización y validez externa de tales teorías, especialmente de aquellas desarrolladas dentro del estudio de estímulos multidimensionales.

No obstante, y al margen de las características de los estímulos, podemos establecer una serie de propiedades tanto comunes como diferenciadoras para el fenómeno de la categorización. Así, en ambos casos, las categorías están formadas por estímulos por lo que, a cada subconjunto de los estímulos presentados, les corresponde una única respuesta. No obstante, en la categorización unidimensional los

ejemplares que forman las categorías se sitúan entre, al menos, dos límites. Dentro de estos límites pueden generarse infinito número de ejemplares en tanto la dimensión por la que están formados puede considerarse como continua. Usualmente, en categorización multidimensional las dimensiones presentan valores discretos. Por último, en categorización unidimensional los estímulos pueden ser ordenados y se les puede asignar un rango mientras que en la categorización multidimensional esta tarea resulta más compleja.

Una vez definido qué es un concepto, una categoría y qué la categorización así como las características principales de los componentes categoriales (prototipo, ejemplares, dimensiones, tipicidad, etc.) tenemos las herramientas conceptuales para enfrentarnos a los diferentes modelos explicativos de categorización.

# Capítulo II

## Categorización e identificación unidimensional

---

En este capítulo nos centraremos en los diferentes modelos surgidos en la categorización e identificación de estímulos unidimensionales. Los modelos detallados en el presente capítulo comienzan con Thurstone (1927) y su influyente ley del juicio comparativo. A continuación, se explica una de las pocas teorías de categorización unidimensional, la teoría del rango-frecuencia (Parducci, 1965) centrada, como la de Gravetter y Lockhead (1973), en el rango. Otra característica importante de estos estímulos es la secuencia de presentación, en ello incide el modelo de Holland y Lockhead (1968) y el de Laming (1997). Además, en este capítulo se incluyen las aportaciones de Luce y colaboradores, los modelos de razón de respuesta y de bandas de atención (Luce y Green, 1974). También se detalla el completo modelo de percepción de la intensidad de Braida y Durlach (1969). Finalmente, se presentan dos desarrollos recientes como el modelo de mapeado (Lacouture y Marley, 1991) y el de transmisión de la información (Mori, 1989).

No obstante, y como paso previo, se establece la distinción básica entre identificación y categorización para comprobar que ambos fenómenos se relacionan entre sí muy estrechamente.

### Categorización unidimensional

La categorización de estímulos unidimensionales consiste en la clasificación de una serie de objetos compuestos por una única dimensión física; así, unas líneas de diferente longitud pueden ser

juzgadas dentro de dos categorías, pequeña o larga. Este tipo de categorización es conocido por el nombre de identificación absoluta cuando existen tantos estímulos como categorías de respuesta. De esta forma, si se presentan tres estímulos a los que hemos de clasificar como *pequeño*, *mediano* y *grande* estamos identificando cada uno de ellos (dando por supuesto que cada etiqueta corresponde a un único estímulo) pero, no obstante, estamos clasificando los estímulos ya que entre el estímulo pequeño y el estímulo mediano se nos podría presentar uno nuevo que podríamos asignar a la categoría *pequeño* o a la categoría *mediano*.

Por tanto, la distinción entre categorización e identificación es que en la segunda a cada uno de los estímulos le corresponde únicamente una respuesta en una relación de 1 a 1 mientras que en la categorización diferentes estímulos pueden recibir idéntica respuesta (Nosofsky, 1990, pág. 363) o —siguiendo a Kornbrot (1978)— en un experimento de categorización establecemos  $n$  número de estímulos y  $m$  categorías de forma tal que  $n > m$ , mientras que en un experimento de identificación  $n = m$  (la ya mencionada identificación absoluta).

Por otra parte, en un reciente trabajo se clasifican los modelos de categorización en dos tipos: modelos de límites de decisión de parametrización thurstoniana y los modelos de ejemplares no paramétricos (Stewart, Brown y Chater, 2002). Mientras que los primeros parten del trabajo de Thurstone, los segundos se basan en la teoría de ejemplares de Medin y Schaffer (Medin y Schaffer, 1978; Nosofsky, 1986). No debe olvidarse que, como toda clasificación, no es definitiva y constantemente surgen nuevos modelos que se salen de esta definición (por ejemplo, los de transmisión de la información).

No obstante, gran parte de los modelos que se incluyen dentro de este capítulo se basan en el marco teórico desarrollado por Thurstone por lo que en primer lugar describiremos los fundamentos de esta teoría para luego desarrollar los modelos posteriores.

Además, los diferentes modelos propuestos para dar cuenta de la categorización unidimensional se han centrado en diversos fenómenos propios de este tipo de experimentos. Así, las investigaciones han buscado explicación principalmente a los siguientes hechos que describimos a continuación.

El efecto  $7\pm 2$  y efecto del rango. Referido a los bien conocidos resultados obtenidos por Pollack (1953) y Miller (1956) en sus

experimentos con sonidos. El primero de ellos encontró que un participante podía identificar perfectamente 5 tonos suaves en un experimento y otro conjunto de 5 tonos altos en un experimento posterior —también de forma perfecta—. Sin embargo, en un experimento en el que se presentaban los 5 tonos altos y los 5 tonos bajos, los participantes mostraban los muchos errores. En cuanto a Miller, sus resultados han sido ampliamente difundidos; los participantes son incapaces de discriminar correctamente más allá de  $7 \pm 2$  estímulos. En efecto, Miller presentaba dos señales separadas por 5 decibelios que eran perfectamente discriminadas por los participantes. Por tanto, los participantes deberían poder identificar 20 estímulos espaciados equivalentemente a lo largo de un rango de 95 decibelios. Sin embargo, los resultados mostraron que solo 7 estímulos separados por una distancia de 15 decibelios son perfectamente distinguibles para un rango de 95 decibelios.

El efecto de anclaje. También conocido como el efecto de posición serial, el efecto de concavidad, el efecto de los límites. Este efecto se refiere al hecho que los estímulos situados en los extremos del continuo dimensional son identificados con mayor acierto y con mayor rapidez que los estímulos situados en el centro del continuo (Lacouture y Marley, 1995).

Los efectos de secuencia. Se refieren a la influencia en la respuesta ( $R_n$ ) ante un estímulo por parte del estímulo presentado anteriormente ( $S_{n-1}$ ). Los efectos de secuencia pueden ser de dos tipos: *asimilación*, en la que el participante tiende a reducir la distancia entre  $S_{n-1}$  y  $R_n$  y, por otro lado, *contraste*, en el que el participante tiende a aumentar la distancia entre  $R_n$  y  $S_{n-1}$ . Los dos tipos de efectos se ven alterados por la retroalimentación que se proporcione a los participantes (Lacouture, 1997; Parducci y Marshall, 1962). Conviene recordar que estos fenómenos son los responsables que uno de los supuestos del modelo de Thurstone (independencia del contexto) sea finalmente descartado, como veremos en la próxima sección.

## El juicio comparativo

La ley de juicios comparativos, como su propio nombre indica, se refiere a la comparación de estímulos pareados. El modelo de Thurstone (1927) parte del supuesto de que los estímulos que se presentan al participante poseen un atributo en común —en mayor o menor medida— siendo el conjunto de valores que cada estímulo posee de este atributo un continuo psicológico. De esta forma, si se nos presenta, por ejemplo, el dibujo esquemático de una puerta con diferentes distancias entre la hoja y el marco, los diferentes estímulos compartirán una misma característica en menor o mayor grado, esto es, los grados del ángulo que forman las dos partes de la puerta. Ahora bien, la evaluación de este ángulo es variable y el participante no siempre lo juzga de la misma forma por lo que, finalmente y con varios participantes, el ángulo de la puerta tendrá no un único valor en el continuo si no diferentes valores.

El conjunto total de estos valores adopta la forma de una distribución normal. Así, esta distribución posee una media, cuyo valor en la escala representa al estímulo en cuestión, y una desviación típica, o dispersión discriminativa, y que representa el grado de variación asociado a ese estímulo. A cada estímulo le corresponde diferentes valores a lo largo del continuo psicológico, siendo la diferencia entre dos estímulos la denominada diferencia discriminativa. Por tanto, cuando dos estímulos se comparan, no se están comparando dos únicos valores si no que se están comparando dos conjuntos distintos de valores (las distribuciones correspondientes a cada uno de los estímulos).

Una vez que admitimos que cada estímulo genera una distribución normal, es evidente que dos estímulos muy cercanos compartirán una parte considerable de sus respectivas áreas y, de la misma forma, dos estímulos muy alejados entre sí tendrán áreas muy distanciadas entre sí llegando a no solaparse entre ellas. Así pues, la ley de juicios comparativos afirma que la diferencia entre los dos valores que representan a los estímulos es igual a la diferencia de sus dos áreas.

Matemáticamente, la comparación de los dos estímulos queda expresada en la siguiente ecuación

$$\mu_1 - \mu_2 = z_{12} \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2r\sigma_1\sigma_2} \quad [1]$$



Donde  $\mu_1$  y  $\mu_2$  corresponden a las medias de las distribuciones,  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  son la dispersión discriminativa de los estímulos,  $r$  la correlación entre las desviaciones discriminativas de cada estímulo y  $z_{12}$  la diferencia tipificada de los dos estímulos.

Sin embargo, ¿cómo podemos conocer el valor de  $\sigma_1$  o  $\sigma_2$ ? Para solventar esta cuestión, Thurstone añade nuevos supuestos. El primero de ellos es que no existe relación entre las desviaciones discriminativas de cada estímulo o que es tan pequeña que es despreciable; es decir, que el grado de exactitud con que el participante percibe el estímulo 1 no se relaciona con el grado de exactitud con que percibe el estímulo 2; por tanto,  $r\sigma_1\sigma_2 = 0$ . Este supuesto puede cumplirse cuando la serie de estímulos es homogénea.

Además, si suponemos que las dispersiones de ambos estímulos son iguales ( $\sigma_1 = \sigma_2$ ), la expresión se ve simplificada de forma que

$$\mu_1 - \mu_2 = 1,4142 z_{12} \quad [2]$$

Así pues, el método de Thurstone permite escalar los estímulos en una única dimensión cuando los estímulos son comparados de dos en dos (es decir, el ángulo 1 es mayor que el ángulo 2). La diferencia entre estos estímulos se distribuye, a su vez, de forma normal cuyo valor medio equivale a la diferencia entre las medias de los dos estímulos y una varianza equivalente a la suma de las varianzas de los estímulos más sus covarianzas.

No obstante, diferentes autores (Dawes, 1994; Luce, 1977 y 1994) plantean la existencia de algunos problemas en la formulación de Thurstone. En efecto, el modelo contiene demasiados parámetros (es decir, la ecuación 1) por lo que debe ser simplificado (es decir, la expresión 2). Además, el modelo no puede incluir probabilidades de discriminación con un valor de 0 o de 1 ya que las dos distribuciones se solapan en algún grado (descartando la discriminación perfecta).

Por otra parte, el modelo requiere estimaciones muy exactas de las probabilidades de discriminación lo que incrementa el número de observaciones requeridas, tal como indica Dawes (1994). Además, Thurstone no considera la existencia de ningún criterio de respuesta en el participante ya que su respuesta parece depender totalmente del efecto psicofísico del estímulo en el participante (Luce, 1994).

También el supuesto sobre el continuo dimensional ha sido discutido y en la actualidad existen diferentes opiniones sobre su

existencia real ocurriendo lo mismo con las distribuciones gaussianas, consideradas muy poco plausibles (Luce, 1994). Thurstone también asume que cada una de estas distribuciones es independiente del contexto experimental en el que aparece la señal, lo que es refutado por los experimentos realizados por Miller (1956) comentados en el apartado anterior.

La gran aportación de Thurstone fue establecer la posibilidad de una medición representacional, es decir, crear una representación convirtiendo una probabilidad de discriminación en una distancia y la posibilidad de comprobar la consistencia de esta representación mediante distintas medidas de ajuste (Dawes, 1994).

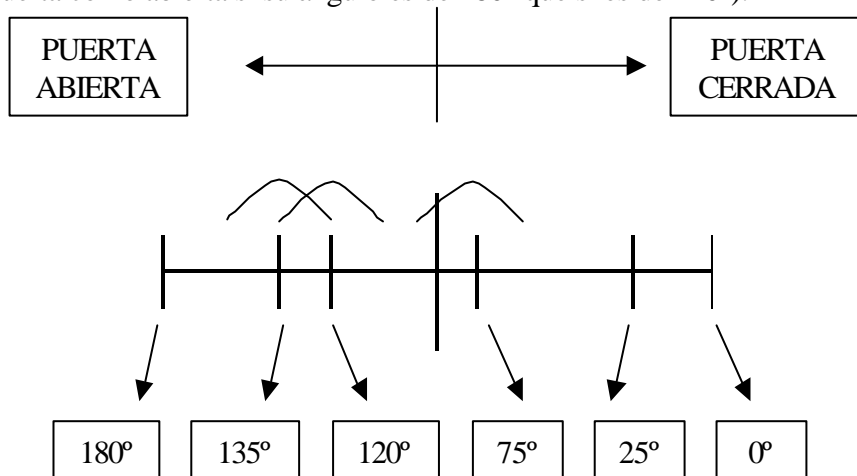
Para Luce (1994), la principal influencia de las ideas de Thurstone en los modelos sobre categorización unidimensional se ha producido en la discriminación de estímulos y de los límites categoriales. Dentro del estudio de las categorías, su aplicación directa más importante se ha producido dentro de la identificación absoluta, cuando existen tantos estímulos como categorías. Además, constituye el precedente claro de algunas de las teorías de categorización multidimensional, como la de los límites perceptivos de Ashby, que veremos en el siguiente capítulo.

La mayoría de teorías de categorización unidimensional parten del trabajo de Thurstone para explicar algunas de sus limitaciones como, por ejemplo, el hecho que la habilidad de los participantes no aumenta al hacerlo el rango. Es por ello que 8 tonos que se distribuyen en un rango de 400 Hz no son mejor identificados que 8 tonos que ocupan 800 Hz; dos estímulos son mejor distinguidos cuando se encuentran rodeados por estímulos que se distribuyen en un rango menor que cuando está rodeado por estímulos que forman un rango mayor. En estas teorías —tales como la teoría del rango-frecuencia de (Parducci, 1965), la teoría de la resolución de intensidad (Durlach y Braidá, 1969) o el modelo del rango crítico (Gravetter y Lockhead, 1973)— los efectos de los estímulos son denominados ruido sensorial (o estimular) considerándose que el participante divide el continuo dimensional en regiones de respuesta según un criterio que puede variar por diferentes factores (por ejemplo, memoria). A esta fuente de variabilidad se le denomina ruido criterial o de memoria (Shiffrin y Nosofsky, 1994). De hecho, las teorías que acabamos de mencionar podrían dividirse en dos tipos: las que se centran en la varianza del

criterio y las que lo hacen en la varianza de los estímulos (Nosofsky, 1983).

Finalmente, para ilustrar el modelo de Thurstone podemos volver al ejemplo esbozado anteriormente. Supongamos que nos encontramos frente a una puerta cuya hoja está situada a una cierta distancia del marco (o, de manera equivalente, forma cierto ángulo). Este ángulo varía de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  y podemos dividir todas las posibles posiciones de la hoja en dos categorías: puerta abierta y puerta cerrada situándose el punto de corte en los  $90^\circ$ .

Según Thurstone, cada uno de estos ángulos poseerá su distribución de valores tal y como puede apreciarse en la Figura 4. El juicio efectuado en la comparación de dos de estos ángulos dependerá, como se ha dicho, de la superposición de las áreas de cada uno de ellos. El modelo no incluye ningún tipo de proceso decisional por lo que la respuesta depende únicamente del efecto físico del estímulo descartándose, por tanto, cualquier influencia como, por ejemplo, la posición de los estímulos en el continuo (es más fácil juzgar una puerta como abierta si su ángulo es de  $180^\circ$  que si es de  $120^\circ$ ).



**Figura 4** Categoría puerta cerrada / abierta con diferentes ángulos entre la hoja y el marco y tres de sus distribuciones

## La elección de respuesta

El modelo de elección de respuesta (Luce, 1963) no se inscribe dentro de los trabajos desarrollados a partir de las hipótesis de Thurstone de forma directa si bien parte de supuestos parecidos. Así, el modelo SCM (Similarity Choice Model) también se desarrolla a partir de la medición de la distancia entre pares de estímulos pero de una forma muy distinta.

En efecto, se parte del supuesto de que los estímulos (en este caso, se utiliza líneas de diferente longitud) que están separados por una distancia pequeña son fáciles de confundir mientras aquellos estímulos que están separados por grandes distancias serán fácilmente distinguibles. Obviamente, la pregunta siguiente es cómo podemos medir esta distancia.

Para Luce todo es una cuestión de comparación entre las diferentes alternativas de respuesta que posee el participante, por tanto, la probabilidad de emitir la respuesta  $i$  ante un estímulo  $j$  (es decir, confundir el estímulo  $i$  con el  $j$ ) equivaldrá a la siguiente expresión,

$$P(R_i/S_j) = \frac{b_j s_{ij}}{\sum_{k=1}^n b_k s_{ik}} \quad [3]$$

En la que  $b_j$  es un parámetro de sesgo y  $s_{ij}$  es la similitud entre ambos estímulos.

En consecuencia, la probabilidad de confundir dos estímulos, o de emitir la respuesta correcta, es una función de la similitud entre el estímulo presentado y el resto de estímulos situados en el continuo.

En cuanto a la similitud, se da por supuesto que es simétrica (es decir que la similitud entre el estímulo  $i$  frente al estímulo  $j$  es igual a la similitud del estímulo  $j$  frente al estímulo  $i$ ) y que la similitud entre un estímulo y sí mismo es igual a 1 (en el siguiente capítulo estos supuestos son ampliamente discutidos ya que la similitud es una parte fundamental de los modelos de categorización de prototipo y de ejemplares).

Por tanto, para responder a la pregunta sobre la distancia entre estímulos en el continuo psicológico debemos responder a la pregunta sobre la similitud entre esos mismos estímulos. A ella responde Luce

con los trabajos de Shepard (1957) en los que este autor postula que la relación entre la similitud y la distancia es la siguiente

$$s_{ij} = f(d_{ij}) \quad [4]$$

Donde  $d_{ij}$  es la distancia psicológica entre dos valores y  $f$  es una función monotónica decreciente.

En resumen, cuanto más parecidos son los estímulos, menor es la distancia que les separa unos de otros y cuanto menor es la distancia entre ellos, más posible es que el participante se equivoque a la hora de identificarlo. Así, a la hora de emitir un juicio, el participante tiene en cuenta todos los estímulos del continuo que ha percibido, cada uno de los cuales está asociado a una respuesta (al  $S_j$  le corresponde  $R_j$ ).

La aplicación de la de teoría de Luce en identificación unidimensional ha sido enfrentada a la de Thurstone por Kornbrot (1978) empleando estímulos sonoros. Los resultados favorecen la teoría thurstoniana debido, según la autora, a que el modelo de Thurstone ordena los estímulos en un continuo unidimensional, lo que no es posible incorporar en el modelo de Luce. No obstante, los resultados obtenidos por esta investigadora fueron objeto de polémica y discusión (Nosofsky, 1985) en los que se acusa a la autora de haber ajustado erróneamente el modelo de Luce.

Recientemente, la teoría ha sido aplicada comparando su poder explicativo en la identificación absoluta de estímulos (formados por una línea) frente a la identificación de letras (Rouder, 2001) en función del número de estímulos totales presentados. Así, uno de los supuestos del modelo de Luce es que a mayor número de estímulos en el continuo, la distancia entre los pares de estímulos decrece (debido a un procesamiento limitado de la información). No obstante, esto solo ocurre con las líneas mientras que con las letras la distancia entre ellas (letras  $W$  y  $E$ ) es percibida mayor cuando se comparan entre sí en ausencia de otras letras que cuando están acompañadas de otras letras ( $E, Q, R, T$  e  $Y$ ).

Los resultados de Rouder, como veremos en el próximo capítulo, pueden ser fácilmente explicados desde la teoría de Tversky (1977) e inciden directamente sobre uno de los elementos más cuestionados de este modelo: la similitud. De hecho, el modelo de Luce es uno de los puntos clave de la teoría de ejemplares desarrollada por Nosofsky y

que analizaremos con mayor detalle en el siguiente capítulo junto con las críticas a la aplicación multidimensional de los supuestos de Luce.

Por parte, el propio Luce desarrolló otras dos teorías —teoría de la razón de respuesta (Luce y Green, 1974) y teoría de las bandas de atención (Luce, Green y Weber, 1976)— para explicar los fenómenos de secuencia y de anclaje, teorías de las que hablaremos posteriormente.

Volviendo a nuestro ejemplo de la puerta (y a la Figura 4), podemos ver cómo la teoría de Luce es una explicación alternativa a la de Thurstone. Los estímulos más similares son vistos por el participante como más cercanos, lo que equivale a decir que las áreas de dichos estímulos se encuentran más próximas entre sí y, por tanto, tienden a confundirse.

No obstante, el presente desarrollo teórico no puede explicar que el ángulo de  $180^\circ$  sea mejor identificado que el de  $95^\circ$  grados pese a que ambos puedan compartir idéntico número de características con los ángulos cercanos (por ejemplo,  $135^\circ$  y  $120^\circ$ ).

## El rango y la frecuencia

La teoría del rango-frecuencia (Parducci, 1965) parte de la localización de los estímulos y los límites categoriales en una escala en términos similares a los de Thurstone a los que se añade la importancia de la totalidad de valores de la dimensión destacada por Luce.

Así, al igual que para Thurstone, cada valor escalar de la dimensión se concibe como una distribución de valores dimensionales. A partir de este valor se ponen en marcha dos procesos en los que, por un lado, el valor del estímulo es localizado en el continuo dimensional y, por otro lado, un proceso en el que son considerados todos los valores de los estímulos que forman el continuo. Sin embargo, Parducci emplea juicios comparativos de dos estímulos no para que se evalúe su similitud, si no para que se asigne una categoría uno de estos estímulos (por ejemplo, si se trata de líneas estas categorías pueden ser muy corta, corta, mediana, larga y muy larga).

Para este autor, las respuestas que el participante emite ante los estímulos que se le presentan son el resultado de considerar la frecuencia y el rango de los estímulos y categorías empleados. Así, Parducci establece dos principios por los cuales se rige la actuación del participante: el principio del rango y el principio de la frecuencia.

El primero de los principios planteados por este autor, el del rango, se refiere a la tendencia a evaluar el estímulo ( $S_i$ ) según la proporción de rango que deja tras de sí (Parducci y Wedell, 1986), es decir, según los extremos que delimitan el continuo.

De esta forma,

$$R_{ik} = \frac{(S_i - S_{min,k})}{(S_{max,k} - S_{min,k})} \quad [5]$$

Donde  $R_{ik}$  es el rango del valor del estímulo  $i$  en el contexto  $k$ ,  $S_i$  es el valor en la escala del estímulo y  $S_{max}$  y  $S_{min}$  es el máximo y el mínimo de los estímulos que forman el continuo. Con ello, el participante divide el rango psicológico (continuo) en subrangos (categorías). Esta división no se altera si los estímulos se presentan con distinta frecuencia.

El segundo de los principios, el de la frecuencia, refleja la tendencia del participante a evaluar el estímulo según la proporción de estímulos que deja tras de sí.

De esta forma,

$$F_{ik} = \frac{(r_{ik} - I)}{(N_k - I)} \quad [6]$$

Donde  $F_{ik}$  es el valor de frecuencia del estímulo  $i$  en el contexto  $k$ ,  $r_{ik}$  es el rango del estímulo dentro del continuo y  $N_k$  y  $I$  son el rango de los estímulos máximos y mínimos que definen el continuo. Con ello el participante tiende a usar cada categoría en una proporción fija. Este juicio puede ser alterado por la frecuencia con que se presenta cada estímulo.

Así, si tenemos dos categorías —*grande* y *pequeño*, *abierto* y *cerrado*— y los estímulos de la primera son presentados con mayor frecuencia, *grande* tenderá a ser un subrango más estrecho.

A partir de estos dos principios, el participante elabora un juicio interno sobre el estímulo según la siguiente expresión,

$$J_{ik} = wR_{ik} + (1 - w)F_{ij} \quad [7]$$

Donde  $J_{ik}$  representa el juicio del participante, siendo  $w$  y  $(1 - w)$  el peso asignado a cada fuente de información.

Finalmente, el juicio (categoría) que se asigna al estímulo es el resultado de la relación entre el juicio interno del participante y el número de categorías en las que ha dividido la escala. Ello se resume en la siguiente expresión,

$$C_{ik} = g(J_{ij}, b) \quad [8]$$

En la que  $b$  es el número de categorías que dividen el continuo y  $g$  es una función que separa linealmente la escala.

La teoría afirma que el juicio del participante es una combinación equilibrada de ambos principios, tanto el de frecuencia como el del rango —es decir,  $w = 0,5$  (Parducci y Perrett, 1971)— pero si esto no ocurre será claramente detectable mediante la alteración del continuo dimensional. En efecto, si el participante tiende a emplear en mayor medida el principio del rango, las diferencias entre dos estímulos no variarán ni se alterará el contexto, al tratarse de una transformación



lineal independiente de ese contexto (es decir, el valor  $S$  es idéntico si se varía la amplitud del continuo). En cambio, si el participante se basa más en los valores de frecuencia las diferencias entre dos estímulos —si se altera el continuo— provocarán alteraciones en el orden de los estímulos. O sea, si a lo largo del continuo de estímulos situamos un punto  $B$  entre el punto  $A$  y  $C$  el hecho de incluir nuevos estímulos entre  $A$  y  $B$  no alterará la evaluación según su rango pero si lo hará si el juicio se basa en los valores de frecuencia (Wedell, 1996).

Los resultados obtenidos por Parducci se basan en experimentos en los que se manipula la frecuencia de presentación de los estímulos que forman el continuo dimensional. Así, suele presentar los mismos estímulos en dos grupos distintos: negativo, en el que los estímulos más pequeños son los menos frecuentes y positivo, en el que los estímulos más pequeños son los que se presentan con mayor frecuencia. La tarea de los participantes consiste en evaluar de la forma indicada estos estímulos.

Además, al hablar de categorización, este autor plantea dos efectos distintos: el efecto de categoría y el efecto del estímulo. El primero de estos efectos se refiere a la influencia del número de categorías empleados en el experimento sobre las respuestas a los estímulos. Así, al aumentar el número de categorías los participantes tienden a asignar valores menores y más próximos entre sí a los mismos estímulos. Es decir, al disponer de una escala de calificación más detallada las diferencias entre los estímulos tienden a disminuir. Por ejemplo, si representamos el valor asignado a cada estímulo utilizando 2 categorías y 9 categorías, los valores que estiman los participantes tienden a ser más similares en segundo caso. El efecto de incrementar los estímulos es similar, y los participantes perciben las diferencias entre los estímulos de una forma más gradual cuando el número de estímulos aumenta (Parducci, 1986). Estos efectos también se producen cuando los participantes emplean sus propias categorías de evaluación.

Los dos efectos mostrados por las investigaciones de Parducci han sido relacionados recientemente con el efecto de anclaje y el tiempo de categorización (Lacouture, Li y Marley, 1998).

Dos aspectos interesantes de los experimentos de Parducci son, por una parte, la densidad de estímulos —es decir, la distribución de los estímulos a lo largo del continuo— y, por otra parte, el papel que el

proceso de identificación tiene en la teoría propuesta. De la última de las cuestiones se ha ocupado el propio Parducci (Parducci, 1986) y, más recientemente, Haubensak (Haubensak, 1992).

El trabajo de Haubensak parte de una interpretación alternativa del principio de la frecuencia (el mismo número de estímulos es asignado a las distintas categorías) ya que para este autor el participante lo que realmente hace es, por una parte, ser consistente con los primeros juicios emitidos y, por otra parte, tiende a olvidarse de los estímulos que se presentan con menor frecuencia antes de que se vuelvan a repetir. De esta forma, si el continuo tiene 7 categorías, el participante puede asignar la categoría 3 o la categoría 4 al estímulo *a*. Si el segundo de los estímulos (*b*) es mayor que el primero, puede asignarlo a la categoría 6. Si el estímulo *c* es igual o mayor que *b*, puede asignarlo a la categoría 7, pero si este se sitúa entre *a* y *b*, lo asignara a la categoría 5. Así, cuando el primero de los estímulos se vuelve a presentar puede haber sido olvidado por el participante que lo asigna a las categorías 1, 2, 3 o 4. De esta forma, todo depende del orden en que se presenten los estímulos ya que la escala que el participante tiene en mente es alterada por cada uno de los estímulos que se le presentan. Una vez la escala desarrollada por el participante coincide con el continuo dimensional, este únicamente se limita a ser consistente con las respuestas anteriores, es decir, se limita a identificar cada uno de los estímulos que se le presentan. Finalmente, es interesante destacar que la escala desarrollada por el participante puede ser alterada por las instrucciones del experimentador y que este mismo autor (Haubensak y Petzold, 2003) propone un modelo de identificación en el que los dos estímulos precedentes constituyen el máximo y el mínimo —dos anclajes o puntos de referencia— con el que comparar el estímulo presentado y evaluar su valor.

Wedell (1996) también se centra en los problemas de la identificación previa y posterior a la construcción que elabora el participante de la escala, pero, en este caso, desde el punto de vista de la asociación entre el estímulo y la respuesta. Así, el conflicto planteado por Hausekbank (la diferencia de juicio para un mismo estímulo) es resuelto asumiendo que existen dos tipos de categorías para un mismo estímulo. Por tanto, al principio el estímulo es asignado a una categoría ( $C_{ik}$ ), categoría que acabara asociándose a ese estímulo (ahora denominada  $A_{ik}$ ) tras varios juicios si el contexto

no cambia. Si esta condición se produce, entonces  $C_{ik}^* = A_{ik}$ . Si el contexto y, por tanto, la escala desarrollada por el participante, se altera se produce un conflicto que es resuelto mediante la selección de una nueva categoría de entre todas aquella que se le pueden asignar al estímulo. Formalmente, esto queda expresado de la siguiente forma;

$$C_{ik}^* = h(C_{ik}, A_{ik}) \quad [9]$$

Donde  $C_{ik}$  es la categoría a la que se había asignado previamente el estímulo, siendo  $h$  la función de selección de la categoría; esta categoría se incluye dentro del rango que va de  $C_{ik}$  a  $A_{ik}$ .

Además, la similitud entre dos estímulos puede ser evaluada por el participante bien basándose en los valores asociados a ellos o bien pueden basarse en los juicios emitidos ( $A_{ik}$  o  $C_{ik}$ , respectivamente).

Apliquemos ahora la teoría de Parducci a nuestro ejemplo. En primer lugar (ver Figura 4), podemos establecer dos categorías: puerta cerrada y puerta abierta, tal y como hemos explicado. En segundo lugar, si presentamos con mayor frecuencia los ángulos que forman la categoría puerta abierta esta categoría tenderá a verse más estrecha, es decir, el participante conoce mejor los ejemplares de la citada categoría. Además, si en un primer momento omitimos el ángulo de  $140^\circ$  y lo añadimos posteriormente, el participante seguirá evaluando el resto de estímulos de igual forma si se basa en el rango (el ángulo de  $75^\circ$  sigue perteneciendo a la categoría puerta cerrada) pero el juicio cambiará si el participante se ha basado en la frecuencia (ya que el uso de ambas categorías es una proporción fija). Por otra parte, si presentamos este nuevo estímulo, el participante tenderá a evaluar los estímulos  $120^\circ$  y  $180^\circ$  como más similares (es decir, a la hora de identificarlos o evaluar sus ángulos la distancia entre ellos es juzgada menor).

Si introdujéramos una categoría intermedia (entre los  $60^\circ$  y los  $120^\circ$ , categoría puerta entornada), la distancia entre estos dos mismos estímulos disminuye llegando a ser idéntica al ángulo cuando el número de categorías es igual al número de estímulos. En cuanto a los efectos de secuencia, debemos recurrir a las ampliaciones comentadas de Wedell y Hausekbank. Así, el participante puede acabar identificando cada ángulo de puerta cuando ya conoce todos los componentes del continuo (Hausekbank) o bien cambiar su juicio

inicial para adecuarlo a los cambios —como la presentación del ángulo 140° ya mencionada— como afirma Wedell.

Es interesante destacar que el trabajo de Wedell también se refiere al efecto de la densidad de estímulos en el continuo. Los resultados muestran que al aumentar la densidad los estímulos son percibidos como más diferentes. Ello se relaciona, de nuevo, con la teoría de Tversky y con su crítica a los modelos multidimensionales de categorización, por lo que lo trataremos de forma más detallada en el capítulo siguiente.

## **El estímulo precedente como estándar**

El modelo propuesto por Holland y Lockhead (1968) se centra específicamente en los efectos de secuencia en identificación absoluta, los ya mencionados asimilación y contraste.

Los resultados de estos autores —cuyos experimentos incluyen retroalimentación— muestran que los participantes utilizan la magnitud recordada del estímulo precedente así como el valor numérico (los estímulos están numerados del 1 al 10) como un estándar para identificar el estímulo siguiente (en este caso, sonidos). Cuanto mayor es la diferencia entre el estímulo que se presenta al participante y el estímulo que le ha precedido, mayor es la variabilidad de la respuesta.

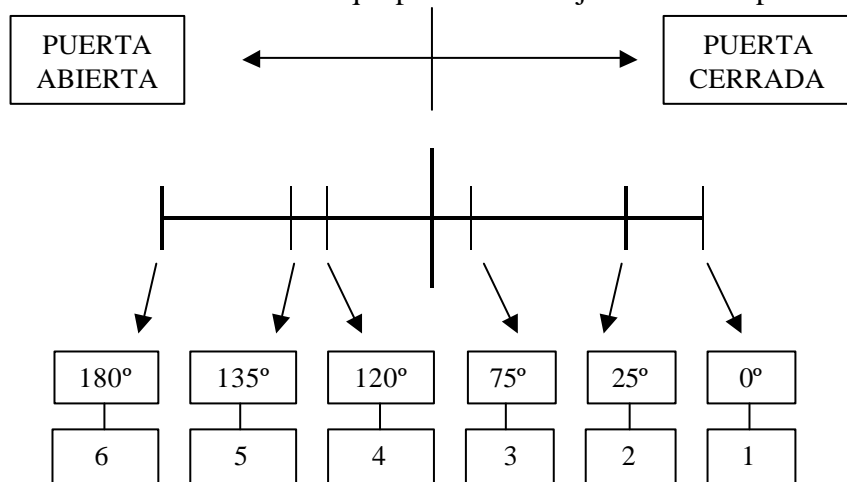
Si bien los errores en la respuesta pueden ser debidos a distintas fuentes tales como el recuerdo del estímulo precedente (su valor en la dimensión que lo forma), la percepción de la magnitud del estímulo presente, la comparación (en posición, recuérdese que los estímulos están ordenados) entre los dos estímulos o a causa de un error en el recuerdo de la retroalimentación asignada al estímulo estándar (de nuevo con respecto a su posición en el continuo) el modelo asume que estos errores son debidos únicamente al recuerdo de la magnitud del estímulo estándar.

Los dos supuestos principales postulados por estos autores para su modelo son los que detallamos a continuación.

En primer lugar, la representación de un evento sensorial simple en la memoria se asume que está contaminada por la traza residual de estímulos anteriores de forma que el contexto estimular (los estímulos

precedentes) está representado por una distribución de trazas residuales en la memoria. La magnitud recordada del estímulo precedente al actualmente presentado —contaminada por las trazas residuales de estímulos previos— es alterada hacia la media de la distribución de las trazas residuales (efecto de tendencia central; el valor recordado se desplaza hacia el promedio de la serie de estímulos).

En segundo lugar, se asume que las trazas de memoria de los estímulos precedentes decaen por lo que la contribución de un estímulo es mayor cuanto más recientemente ha sido presentado. De esta forma, si la traza decae, la media de distribuciones estará influida por el tiempo transcurrido desde que se han presentado los estímulos. Por ello, el valor recordado de un estímulo precedente es afectado más por el estímulo anterior a este que por otro más lejano en el tiempo.



**Figura 5** Categoría puerta cerrada/abierta, ángulos y posición en el continuo de los mismos

Teniendo en cuenta los dos supuestos, y dando por sentado que el recuerdo del valor numérico en el ensayo anterior es verídico, el proceso propuesto es el siguiente. En primer lugar, el participante determina la diferencia (en posiciones) entre la magnitud del estímulo que se le presenta y el precedente, teniendo en cuenta que conoce la respuesta correcta al estímulo precedente (proporcionada por la retroalimentación), y emite la respuesta al estímulo actual. Si la diferencia entre el estímulo precedente y el actual es cercana a cero, la respuesta al presente estímulo será igual a la retroalimentación (valor

verdadero). Además, las respuestas tenderán a ser erróneas, en promedio, cuanto más difiera el estímulo precedente del actual.

Por otro lado, el estímulo tenderá a ser estimado —en promedio— como de un valor bajo si sigue a un estímulo también bajo y como de un valor alto si sigue a un estímulo también alto en la escala (asimilación). Esto es debido el valor recordado de un estímulo bajo se mueve hacia la media de la distribución de trazas residuales desde el estímulo precedente. Cuanto mayor es esta media, mayor es el cambio hacia arriba. Cuanto mayor es el cambio hacia arriba de la memoria del estándar, más se tiende a infravalorar el estímulo actual

Finalmente, a mayor media de la distribución del contexto, menor la respuesta promedio al presente estímulo. A menor media de esta distribución, mayor respuesta al estímulo (contraste). El contraste se produce entre la respuesta y el estímulo precedente dos o tres posiciones, es decir, se incrementa en función de lo reciente que sean los estímulos.

De esta forma, si observamos la Figura 5, podemos establecer el proceso de influencia en la respuesta del participante a, por ejemplo, el estímulo 5 (ángulo entre la hoja y el marco de  $135^\circ$ ). Así, y suponiendo que todos los estímulos han sido presentados en orden creciente (el primero de ellos el ángulo de  $0^\circ$ , el segundo el de  $25^\circ$ , etc. y vuelta a empezar) al llegar al estímulo 5 por segunda vez, el participante estará influido por el estímulo número 4, cuya magnitud es de  $120^\circ$ . Puesto que la diferencia entre la posición del estímulo precedente y del estímulo actual es muy reducida (la diferencia es de 1), el participante tenderá a dar una respuesta cercana a 4 (posición que ocupa el estímulo de  $120^\circ$ ).

Si la distribución de estímulos únicamente llegara hasta el número 5 (en cuyo caso el ángulo de  $135^\circ$  se encontraría en el extremo) la respuesta ante este estímulo tendería a ser mayor ya que el resto de estímulos (no únicamente el precedente) serían siempre de menor magnitud (al igual que la media de la distribución).

Los resultados obtenidos por los autores, junto con una formulación más precisa —y más compleja— de la influencia del estímulo en los juicios posteriores serán de gran importancia en los modelos surgidos posteriormente. En efecto, hasta este momento hemos visto como los diferentes modelos bien se centraban en el análisis de la secuencia (como el modelo de Holland y Gravetter), bien en identificación de

estímulos desde la similitud (el trabajo de Luce) o el rango y la frecuencia de presentación (Parducci). Salvo en el segundo de los citados, el rango de los estímulos es de vital importancia, es decir, la distribución de los valores de los diferentes estímulos que se presentan al participante.

Sin embargo, ninguno de los modelos anteriores ha considerado el efecto de anclaje pese a su relación directa con el rango; el efecto es causado por la posición en los extremos de los estímulos, es decir, en los extremos del rango de estímulos presentados. El modelo de Durlach y Braida, al centrarse desde el principio en el rango como factor principal de la identificación no tuvo dificultades en incluir posteriormente este efecto, como veremos a continuación.

## La resolución de la intensidad

La teoría de la percepción de la intensidad desarrollado en una larga serie de detallados artículos por Braida y Durlach (Braida y Durlach, 1972; Braida, Lim, Berliner, Durlach, Rabinowitz y Purks, 1984; Chase, Bugnacki, Braida y Durlach, 1983; Durlach y Braida, 1969; Purks, Callahan, Braida y Durlach, 1980;) se centra especialmente en el rango como fuente de explicación de la variabilidad de la respuesta incluyendo, con un modelo específico, el efecto de anclaje.

La teoría original tiene dos partes: un modelo de decisión y un modelo referente al ruido interno. El primero no es más que una aplicación de los juicios comparativos de Thurstone. Así, cada presentación del estímulo determina un valor de una variable real aleatoria (variable de decisión) y el participante responde según la relación de este valor con cierto criterio en el eje de decisión. Además, existe un sesgo de respuesta el cual está determinado por la localización del criterio y la separación de las funciones de densidad.

Matemáticamente, el modelo de decisión queda expresado de la siguiente forma. Dado un continuo dimensional  $X$  con  $N$  estímulos y  $M + 1$  respuestas, el participante responderá  $R_m$  si  $C_{m-1} < X \leq C_m$  donde  $C$  se refiere al criterio de respuesta. La función de densidad de la probabilidad  $P(X/I_i)$  es normal con media  $\mu(I_i)$  y varianza  $\sigma^2$  (independiente de  $i$ ). Estas funciones y el criterio  $C_m$  se consideran constantes. De esta forma, para dos estímulos  $I_i$  e  $I_j$  obtendremos que

$$Z_i(m) = Z_j(m) + d'(I_i; I_j) \quad [10]$$

Y ya que  $Z_i(m) = [\mu(I_i) - C_{m-1}]/\sigma$  obtenemos que la sensibilidad —o resolución entre dos estímulos; diferencia detectable entre dos estímulos— es igual a

$$d'(I_i; I_j) = \frac{\mu(I_i) - \mu(I_j)}{\sigma} \quad [11]$$

La transformación de las propiedades físicas a la variable de decisión requiere dos pasos: de las propiedades físicas —longitud de onda— a la sensación y de la sensación a la variable de decisión se produce. En cada paso existe una parte de error o de ruido y, por tanto, existen dos tipos de ruido implicados en la creación de la variable de decisión: el ruido debido a la sensación y el causado por la memoria.

El primero de ellos se refiere a los elementos aleatorios implicados en el paso del estímulo a la variable de decisión. Dependen del participante y del estímulo y no del paradigma experimental. Matemáticamente, constituyen un continuo unidimensional  $Y$  en la que cada estímulo  $I$  provoca un valor  $Y$  siendo  $p(Y/I)$  normal con media  $\alpha(I)$  y varianza  $\beta^2$  (independiente de  $I$ ) y que se asume constante.

En cuanto al segundo tipo de ruido —ruido de memoria— en él operan dos modos de memoria que se corresponden a 2 tipos de ruido de memoria: el ruido de traza sensorial y el ruido de contexto.

En primer lugar, tenemos el modo de traza sensorial, basado parcialmente en los supuestos de Kinchla y Smyzer (1967), en el que se asume que el participante intenta mantener la imagen (traza) de la sensación. El ruido es el resultado de la evolución de la traza sensorial en el tiempo. Matemáticamente, la sensación  $Y$  causa una traza  $Y^*(t)$  donde  $t$  es el tiempo transcurrido desde la aparición del estímulo con una función  $P[Y^*(T)/Y]$  donde  $t=T$  con media  $Y$  siendo su varianza igual a

$$p^2(T) = \int_0^T f^2(t) dt \quad [12]$$



Finalmente, en el modo de codificación del contexto, el participante intenta comparar la sensación con el contexto general de estímulos y recordar una representación verbal de esta comparación. Este ruido es independiente del paso del tiempo y es causado por la falta de exactitud para determinar la relación sensación-contexto. Asimismo, se asume que la representación de la comparación es inmediatamente posterior a la sensación y recordada perfectamente. Las características del contexto pueden variar según el conjunto de estímulos y su frecuencia. Matemáticamente, la sensación  $Y$  es comparada con el contexto de sensaciones lo que da como resultado el valor  $Q$ . La función de densidad  $p(Q/Y)$  es normal con media  $Y$  siendo su varianza  $\gamma^2$  (independiente de  $I$ ) =  $H^2W^2$  en la que  $H$  es una constante y  $W$  es el tamaño del contexto (rango efectivo). Se asume, además, que  $W = D[\alpha(I_{max}) - \alpha(I_{min})]$  y que  $\alpha(I) = K \log I$  (siendo  $K$  una constante) donde  $D$  y  $K$  son constantes y  $I_{max}$  y  $I_{min}$  son los extremos del continuo dimensional; la inclusión del logaritmo proviene de la ley de Weber (1834) (recuérdese que  $d'$  mide sensibilidad o discriminación entre estímulos).

Si se presentan dos estímulos, el participante puede operar en el modo de contexto, en el de traza o en un modo combinado. En el de traza, se restan las dos sensaciones para formar la variable de decisión. En el de contexto, el participante toma la diferencia entre las dos representaciones de contexto de los estímulos. En el combinado, se sintetizan las dos anteriores.

En cambio, si se presenta un estímulo, el participante utilizará el modo de contexto, comparando la sensación con el contexto estimular correspondiente. Aquí intervienen el ruido del contexto y de la sensación, los cuales únicamente dependen del conjunto de estímulos (y no del tipo de experimento).

Matemáticamente, el modo de contexto queda expresado de la siguiente forma. Se asume que la variable  $X$  se identifica con la representación  $Q$  y que, por tanto,  $p(X/I) = p(Q/I)$ ,  $\mu(I) = \alpha(I)$ ,  $\sigma^2 = \beta^2 + H^2W^2$ , en consecuencia, la sensibilidad será igual a

$$d'(I_i; I_j) = \frac{\alpha(I_i) - \alpha(I_j)}{[(\beta K)^2 + (G/K)^2 R^2]^{1/2}} \quad [13]$$

Donde  $R = \log(I_{max}/I_{min})$  es el rango de la intensidad de los estímulos,  $G = HDK$  es una constante,  $\beta$  es el ruido de la sensación y  $G$  el ruido

de contexto. La función de sensibilidad acumulada es  $d'(I; I_{min})$ . La sensibilidad total derivada es igual a

$$\Delta = d'(I_{max}; I_{min}) = \frac{R}{[(\beta K)^2 + (G/K)^2 R^2]^{1/2}} \quad [14]$$

Mientras que la sensibilidad es igual a

$$\delta' = \frac{\Delta'}{R} = \frac{1}{[(\beta K)^2 + (G/K)^2 R^2]^{1/2}} \quad [15]$$

Por tanto, el valor de  $\Delta'$  y de  $\delta'$  depende del rango  $R$  y son independientes del número de estímulos dentro de ese rango.

De esta manera, si el rango de estímulos es amplio, el ruido de contexto predomina sobre el de la sensación y determina la respuesta. Al aumentar la separación de un número fijo de estímulos la resolución aumenta en menor medida ya que el ruido de contexto crece al aumentar la separación de intensidades. Si el rango de estímulos es reducido, el ruido de la sensación domina y determina la percepción de la intensidad. La habilidad para dos estímulos cercanos es la misma si solo son dos que si son un subconjunto.

Matemáticamente, si  $R$  tiende a disminuir, entonces  $\delta'$  depende de  $\beta$  (ruido de sensación), mientras que si el rango aumenta,  $\Delta'$  depende de  $G$  (ruido de contexto).

El modelo que hemos visto hasta aquí no contempla la influencia de los estímulos precedentes en la respuesta del participante por lo que tuvo que ser ampliado posteriormente. Básicamente, esta ampliación consiste en añadir un sesgo de respuesta. En efecto, a la ya conocida  $d'$  de sensibilidad se le añade  $b'$  que, matemáticamente, queda expresada de la siguiente forma

$$b'_i = \frac{C_i - (\mu_i - \mu_{i+1})}{2\sigma} \quad [16]$$

Donde  $C_i$  es el criterio de decisión. Así,  $b'$  trata de medir el grado en el que el criterio de decisión del participante se ha desplazado desde su posición ideal.

Finalmente, el efecto de anclaje es objeto de un análisis más detallado hasta el punto de que el modelo de percepción de la

intensidad que acabamos de ver pasa a ser un caso especial del modelo de anclaje perceptivo que detallamos a continuación.

El efecto de anclaje es explicado de la siguiente forma: el participante codifica la sensación en relación con su contexto según la posición de ese estímulo relativa con respecto a uno o varios (en cuyo caso la distancia entre los estímulos y los distintos anclajes son combinadas entre sí) anclajes perceptivos. En esta comparación también se produce ruido —ruido de medida— y ruido debido a la variabilidad de la localización de los anclajes (ruido de anclaje). En un continuo unidimensional se asume que los anclajes utilizados por los participantes son los extremos superiores e inferiores de este continuo.

Matemáticamente se expresa de la siguiente manera. El participante mantiene un anclaje perceptivo superior e inferior ( $A_L$  y  $A_H$ ) con varianza  $e^2$  y con medias  $A_L^* = \alpha(I_{min}) - n$  y  $A_H^* = \alpha(I_{max}) + n$  siendo  $n$  una constante. La distancia entre  $A_L$  y  $A_H$  —denominada  $R^*$ — no varía estadísticamente y equivale a la expresión  $\alpha(I_{min}) - \alpha(I_{max}) + 2n$ . Se asume que la distancia entre cada uno de los anclajes e  $Y$  es calculada mediante pasos ( $S$ ), los cuales son variables independientes de densidad exponencial de forma que

$$P(S) = O/R^* \exp[-(O/R^*) S] \quad [17]$$

Donde  $O$  es una constante que representa el número de pasos ( $N$ ) medio entre los anclajes,  $R^*/O$  es la media y la desviación típica de esta función.

Los valores de  $N$  vienen determinada por la siguiente función de Poisson

$$P(N_L/Y, A_L) = \frac{(hD)^{N_L} \exp - (hD)}{N_L!} \quad [18]$$

Para el anclaje inferior, mientras que para el anclaje superior,

$$P(N_H/Y, A_L) = \frac{[h(R^* - D)]^{N_H} \exp - [h(R^* - D)]}{N_H} \quad [19]$$

En las que  $h = O/R^*$  y  $D = Y - A_L$ , siendo las medias y varianzas iguales a  $O(Y - A_L)/R^*$  y  $O(A_H - Y)/R^*$ , respectivamente.

Los valores  $N$  de cada anclaje se combinan con la variable de decisión de la siguiente forma

$$Q = \frac{(N_L A_H^*) + (N_H A_L^*)}{N_L + N_H} \quad [20]$$

En la que  $Q$  es una estimación de la media de la sensación,  $\alpha(I)$ , del estímulo con intensidad  $I$  asumiendo que el participante ignora tanto el ruido producido por la sensación como el ruido producido por el anclaje. Igual que en el caso anterior, el participante escogerá una respuesta comparando el valor de  $Q$  con un criterio fijo en el eje  $Q$ .

Finalmente, la sensibilidad es descrita en la siguiente expresión

$$d'(I_i; I_j) = \frac{\alpha(I_i) - \alpha(I_j)}{\left[ \frac{\beta^2 + e^2 + [A_H^* - \alpha(I_i)] [\alpha(I_j) - A_L^*]}{O} \right]^{1/2}} \quad [21]$$

Por tanto, la sensibilidad del participante será proporcional a la diferencia de sensaciones entre estímulos (en este caso los autores no utilizan la expresión  $\log(I_i/I_j)$  como en los casos anteriores con el fin de prevenir posibles desviaciones en la ley de Weber).

La principal similitud del modelo de anclaje perceptivo con el modelo de percepción de la intensidad es que ambos asumen que  $d'(I_i, I_j)$  es independiente del tipo de experimento y que el total de sensibilidad no aumenta incrementando el rango de los estímulos (efecto  $7 \pm 2$ /rango).

Por el contrario, presentan algunas diferencias como son: (1) Mientras que  $d'(I, I_{min})$  es considerado como una escala de intervalo válida para diferentes experimentos (que solo difiere por un factor constante), sin embargo el modelo de anclaje predice que la forma de esta función varía con el rango de intensidad usado en el experimento. (2) La estimación de  $\delta'$  debido al efecto desigual del error de medida en la sensibilidad. (3) Las predicciones son distintas para experimentos de rango pequeño; mientras que en el modelo de percepción de la intensidad  $d'(I_i, I_j) = [\alpha(I_i) - (I_j)] / \beta$  para el modelo de anclaje tenemos que  $d'(I_i, I_j) = [\alpha(I_i) - (I_j)] / (\beta^2 + e^2)^{1/2}$ . El segundo modelo limita la sensibilidad añadiendo el ruido del anclaje.

Volviendo a nuestro ejemplo de la puerta (y a la Figura 5), y partiendo del mismo caso que en el modelo anterior (orden de presentación de los estímulos y ordenación de los estímulos), el modelo de Braida y de Durlach afirma que el participante establecerá

dos anclajes perceptivos que le serán de utilidad para localizar el estímulo presentado (por ejemplo, el ángulo de  $120^\circ$ ) dentro del contexto (es decir, del rango que formado por los ángulos). Además, distinguimos entre la sensación y el proceso de decisión. En cuanto a la primera, la localización de estos anclajes y la comparación de las mismas ( $0^\circ$  y  $180^\circ$ ) con el estímulo que se presenta genera ruido. La distancia entre los dos anclajes, lo que equivale al rango de los estímulos, así como la distancia entre estos anclajes y el estímulo que se le presenta al participante serán calculadas según las posiciones. Es decir, el ángulo de  $120^\circ$  ocupa la posición 4 en el continuo, mientras que los anclajes superior e inferior ocupan, respectivamente, la posición 6 y 1.

Para tomar una decisión, el participante debe calcular el número de pasos entre los anclajes y el estímulo que se le presentan. Estos valores se relacionan con los valores medios de cada uno de los extremos ( $180^\circ$  y  $0^\circ$ ). Una vez hecho esto, el participante tomará una decisión al comparar el resultado con el criterio establecido. La capacidad de discriminar entre dos estímulos (por ejemplo, el ángulo de  $120^\circ$  y el ángulo de  $135^\circ$ ) estará mediatizada por, de nuevo, los pasos y las características de los dos anclajes.

Además, debemos tener en cuenta la influencia del estímulo precedente en el proceso. Así, antes de presentar el estímulo número 4, al participante se le ha presentado el número 3. Esta influencia no es más que el cambio que causan los estímulos precedentes en el criterio.

Uno de los supuestos del modelo ha sido puesto a prueba recientemente (Parker, Murphy y Schneider, 2002). Así, en este trabajo los autores sugieren que los efectos del contexto afectan a la naturaleza de la representación sensorial y no únicamente a la varianza en memoria como postulan Braida y Durlach. Dicho de otra forma, los efectos producidos por aumentar el rango no se limitan exclusivamente a un incremento del ruido si no que tienen efectos en el tipo de representación que el participante posee del continuo.

El modelo de estos autores tiene un descendiente directo en el trabajo de Marley y Cook para identificación absoluta (Marley y Cook, 1984) y para la estimación de la magnitud (Marley y Cook, 1986). En este modelo, se propone igualmente un anclaje o puntos de comparación —el rango de los estímulos— el cual es puesto en

marcha por un sistema de capacidad fija. Esta capacidad limitada se relaciona, a su vez, con las limitaciones en la transmisión de la información, perspectiva ésta que será retomada directamente por Mori y que analizaremos con posterioridad.

## El rango crítico

El modelo de rango crítico (Gravetter y Lockhead, 1973), al igual que el de Braida y Durlach, incide en la importancia del rango en la identificación. Así, el modelo planteado por estos autores también parte de los supuestos ya enunciados por Thurstone (es decir, los objetos son evaluados en la dimensión que los forman; los estímulos son percibidos de forma distinta cada vez que son vistos distribuyéndose sus valores de forma normal, etc.) pero, a la hora de dar cuenta de las respuestas de los participantes, establece dos tipos de rangos: el referido a los estímulos (eje del modelo anterior) y el rango del criterio.

El modelo asume que los límites de las categorías de respuesta — criterio que separa los estímulos— están distribuidos normalmente a lo largo del continuo dimensional. Además, la variabilidad de estos límites es proporcional al rango del continuo ya que dependen de la distancia entre los estímulos: a un mismo número de estímulos, estos se sitúan más cerca cuanto menor es el rango dimensional (y a mayor distancia, si aumenta el rango). Cuanto mayor es la distancia entre los estímulos, mayor es la variabilidad de los límites. Por lo tanto, el total de variabilidad de la posición de un estímulo con respecto a los límites de la categoría ( $SD_T$ ) es equivalente a la suma de la variabilidad de la dispersión del estímulo ( $SD_a$ ) y la dispersión de los límites de la categoría ( $SD_c$ ).

Matemáticamente, la expresión es la siguiente

$$SD_T = \sqrt{SD_a^2 + SD_c^2} \quad [22]$$

La relación entre esta expresión y la expresión de Thurstone es obvia. En este caso, la relación del estímulo con la categoría de respuesta —en el caso de Thurstone, entre dos estímulos— no es más que la suma de la variabilidad del estímulo más la variabilidad del

límite categorial (es decir, la variabilidad de los dos componentes, en la ley del juicio comparativo, los dos estímulos comparados).

La variabilidad del criterio es proporcional al rango, lo que equivale a la expresión,

$$SD_T = aR \quad [23]$$

Siendo  $a$  una medida la actuación del participante. Por tanto, tendremos que

$$SD^* = \sqrt{k^2 + a^2 R^2} \quad [24]$$

En la que  $SD^*$  es la predicción de  $SD_T$  y  $k$  es la dispersión de los estímulos (se asume que es equivalente en todos ellos). Para determinar los valores de  $a$  y de  $k$ , los autores mantienen constante la posición de los estímulos e incorporan la varianza del estímulo dentro de la dispersión de cada límite categorial. De esta forma, calculando  $SD^*$  para dos rangos distintos es posible despejar las dos incógnitas ( $a$  y  $k$ ).

En resumen, la variabilidad es atribuida a, por un lado, el estímulo y, por otro lado, al criterio, el cual depende del rango del continuo dimensional. No obstante, en este caso no se tienen en cuenta los efectos de secuencia y, en contraste con el modelo de Braida y Durlach, las especiales características de los estímulos situados en los extremos del continuo.

La división de la variabilidad es similar al modelo de anclaje. En el presente modelo, encontramos dos fuentes de variación, el estímulo y el límite categorial mientras que en el modelo de Braida y Durlach la variación es atribuida —tal y cómo hemos visto— al ruido sensorial (también constante) y al ruido procedente de memoria el cual depende del tamaño del continuo dimensional.

Así, el modelo propuesto por estos autores es capaz de explicar de forma sencilla el efecto  $7 \pm 2/\text{rango}$ . Cuanto mayor es el rango en que se sitúan los estímulos —el número de estímulos se mantiene constante— los resultados obtenidos por los participantes empeoran debido al aumento de la variabilidad.

Tras la aparición de un modelo tan completo como el de la resolución de la intensidad (Shiffrin y Nosofsky, 1994) el cual puede dar cuenta de los tres efectos característicos de la identificación

unidimensional y el simple modelo desarrollado por Gravetter y Lockhead Luce y sus colaboradores propusieron distintos marcos teóricos que podía explicar el efecto del rango, el efecto de anclaje y los efectos de secuencia (estos últimos, de forma parcial). El modelo de razón de respuesta fue su primer intento.

## La razón de respuesta

El modelo de razón de respuesta (Luce y Green, 1974) se centra en los efectos de secuencia en identificación absoluta —especialmente la asimilación— proporcionando una explicación alternativa a la de Holland y Lockhead (1968) incluyendo el modelo de Cross (1973) como un caso especial.

El modelo puede resumirse de la siguiente forma. Al emitir una respuesta ante el estímulo en una tarea de estimación de la magnitud del estímulo (tarea de evidentes similitudes con la de identificación absoluta) el participante activa una representación interna numérica de las señales de tal modo que la proporción entre las representaciones de los estímulos presentados sucesivamente determina la proporción de respuesta que emite el participante. Por tanto, la razón entre las respuestas en estímulos sucesivos es un reflejo de la razón de las representaciones internas del participante de los mismos estímulos.

Así pues, un mismo estímulo produce diferentes representaciones internas algunas de las cuales se pierden al utilizarse y otras son almacenadas para ser usadas más tarde (representaciones a corto y largo plazo, respectivamente). De esta forma, la representación de un estímulo  $S$  provoca dos representaciones independientes entre sí,  $X_{(s)}$  y  $X^*_{(s)}$  (variables aleatorias). Mientras que  $X_{(s)}$  se refiere a la representación del estímulo utilizada al emitir la respuesta en el ensayo  $n$ ,  $X^*_{(s)}$  hace referencia a la representación en el ensayo  $n-1$ . La proporción entre estas representaciones es utilizada para emitir una respuesta en el siguiente estímulo en la forma

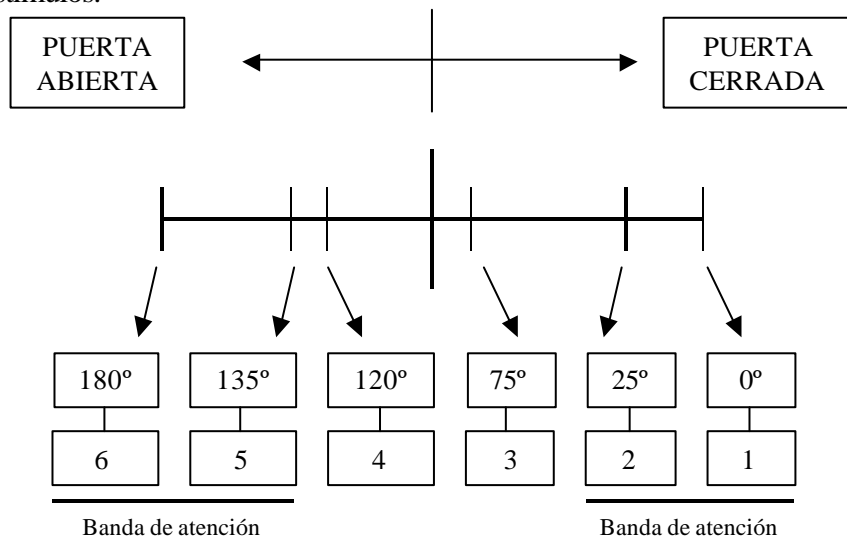
$$\frac{R_n}{R_{n-1}} = \frac{CX(S_n)}{X^*(S_{n-1})} \quad [25]$$

Donde  $C$  es una constante. En consecuencia, deben existir efectos tanto de respuesta como de estímulo (no se tiene en cuenta el posible



efecto en la respuesta del participante de todo estímulo que no sea el precedente).

Volviendo a nuestro ejemplo de la puerta (ver Figura 6), el participante al que se le presente el ángulo de 135° activará dos representaciones internas correspondientes a esa magnitud. Una vez presentado el estímulo siguiente (ángulo de 180°), la proporción entre la respuesta dada a los estímulos mencionados (digamos que 180/135) será igual a la proporción entre la representación del estímulo de 180° —representación a corto plazo— y la representación del ángulo de 135° (representación a largo plazo). Por tanto, la respuesta al estímulo de 180° está determinada por la respuesta al estímulo anterior (135°), la representación a largo plazo del mismo y por la representación a corto plazo del estímulo de 180°. Es decir, la evaluación de la magnitud del ángulo de 180° que se haga en el presente momento depende del recuerdo de la magnitud del estímulo anterior y de la representación del estímulo presente (180°) ya que la proporción entre ambos es idéntica a la existente entre las respuestas a ambos estímulos.



**Figura 6** Categoría puerta cerrada/abierta, ángulos, orden de presentación y bandas de atención

La comprobación experimental del modelo podemos encontrarla unos años después (Jesteadt, Luce y Green, 1977). En este trabajo, los autores utilizan la regresión múltiple para comprobar su modelo

siendo la variable dependiente el logaritmo de la respuesta del participante ( $\log R_n$ ) mientras que las variables dependientes son las siguientes: la intensidad del estímulo que se presenta (en logaritmo,  $\log I_n$ ), la intensidad de los estímulos previos (en logaritmo,  $\log I_{n-k}$ ) y la respuesta previa (en logaritmo,  $\log R_{n-k}$ ). Por tanto, la ecuación es la siguiente

$$\log R_n = \alpha \log I_{n-k} + \beta \log R_{n-k} + \gamma \log I_{n-k} + \delta \quad [26]$$

Siendo  $\delta$  una constante. Rescribiendo la ecuación de la razón de la respuesta en logaritmos, llegamos a esta otra

$$\log R_n = \log R_{n-1} + \log \frac{X(S_n)}{X^*(S_{n-1})} + \log C \quad [27]$$

La cual es similar a la ecuación de regresión presentada más arriba. Nótese, por tanto, que si el modelo propuesto es correcto, el valor de  $\beta$  debe ser 1, sin embargo, esto no es así. Los resultados muestran que añadir las respuestas a estímulos que no sean el precedente no aportan nada a la relación con la respuesta ante el estímulo que se presenta, cosa que sí ocurre al introducir la respuesta y las características del estímulo inmediatamente anterior.

Además, estos resultados también se aplican a la identificación absoluta obtenidos en otros trabajos (Luce et al., 1976). Así, los resultados simplifican el efecto de secuencia ya que la variable independiente de mayor importancia en la ecuación de regresión se refiere a las características físicas del estímulo (en este caso, decibelios) mientras que la aportación de la respuesta al estímulo precedente es mucho menor y se aleja considerablemente del valor previsto de 1, lo que plantea problemas para el modelo propuesto por estos autores.

## Las bandas de atención

El modelo de las bandas de atención es el intento definitivo para explicar, en primer lugar, el efecto  $7\pm 2$ /rango (Luce et al., 1976) y, posteriormente, dar cuenta del efecto de anclaje y del efecto de secuencia (Luce, Nosofsky, Green y Smith, 1982) —parcialmente, como se dijo— en identificación absoluta.

Los autores plantean las bandas de atención como un modelo alternativo al de Braidá y Durlach centrado en la atención que los participantes dirigen a ciertos estímulos. En efecto, los autores asumen que el participante tiende a dirigir su atención hacia los estímulos situados al final del continuo, lo que hace que pueda identificarlos más rápida y acertadamente. La idea central del modelo de bandas de atención afirma que cuanto más atención se dedica a un estímulo menos variable será su representación. Por último, la región de estímulos hacia la que se dirige la atención tiende a ser la misma en la que se sitúa el estímulo precedente al actual.

Así, en el modelo se asume que la señal es representada en  $J$  canales como procesos independientes de Poisson con un parámetro  $\mu$  que se incrementa cuando aumenta la intensidad del estímulo. El participante —si dispone de bastante tiempo— toma una muestra  $x$  de cada canal que utiliza para estimar el valor de  $\mu$  (intensidad del estímulo); esta muestra tiene un tamaño  $k$  ( $k = Jx$ ). Puesto que el participante no puede abarcar toda la información, lo que hace es centrar su atención en la localización del estímulo precedente alterando, si es preciso, la distribución de señales.

Las operaciones supuestas por el modelo son, pues, las siguientes.

(1) El intervalo de atención se centra en una banda de  $A$  decibelios independientemente de cual sea su localización.

(2) Si una señal cae fuera de la banda de atención, el tamaño de la muestra es  $K_0$ ; si cae dentro del intervalo es  $K_1$  ( $K_1 > K_0$ ).

(3) El parámetro de Poisson es función de la intensidad de la señal elevada a  $\gamma$ .

(4) Los límites categoriales son la media geométrica del parámetro de Poisson entre señales sucesivas.

(5) El participante responde dando número a la categoría que incluye la estimación del parámetro de Poisson calculado con la muestra.

Matemáticamente, debe calcularse  $P_m(j/I_i)$  o, lo que es lo mismo, la probabilidad de que la respuesta a la señal de intensidad  $I_j$  sea la categoría  $j$  o menor cuando el tamaño de la muestra es  $K_m$  teniendo en cuenta que

$$P_m(j/I_i) \equiv \int_{-\infty}^{K_m \theta_{i,j}} \phi(0,1) \quad [28]$$

En la que  $\phi(0,1)$  se refiere a la función de densidad normal con media 0 y varianza 1,  $\theta_{i,j}$  es igual a la siguiente expresión

$$\theta_{i,j} = 1 - 10^{\frac{10\gamma R}{n-1}(i-j-0,5)} \quad [29]$$

Así, cuando se presenta un estímulo, la probabilidad que se encuentre dentro del intervalo de atención será  $A/R$ ; la probabilidad de respuesta media,  $\bar{P}(j/I_i)$  —en el caso de que  $A$  sea menor que  $R$ — es igual a

$$P_1(j/I_i) \frac{A}{R} + P_0(j/I_i) \left(1 - \frac{A}{R}\right) \quad [30]$$

Si  $A \geq R$ , entonces  $\bar{P}(j/I_i)$  es igual a

$$P_1(j/I_i) \quad [31]$$

Finalmente, la información transmitida será igual a

$$T = - \frac{1}{n} \sum_i \sum_j \bar{P}(j/I_i) \log_2 \frac{\bar{P}(j/I_i)}{\bar{P}(j)} \quad [32]$$

Los pronósticos realizados en este trabajo tanto por el modelo de bandas de atención como por el modelo de Braida y Durlach se ajustan de forma similar a los datos, pudiendo explicar ambos el efecto de anclaje. Así, la diferencia entre ambas teorías es principalmente la importancia del rango: mientras que en este caso su papel es indirecto, en el modelo de la resolución de la intensidad el rango actúa de forma más directa. En consecuencia, los dos modelos

serán contrastados de nuevo debido al buen ajuste mostrado por ambos en este trabajo.

Veamos una aplicación del modelo propuesto por los autores volviendo de nuevo a nuestro ejemplo (ver Figura 6) de los ángulos formados por el marco y la hoja de una puerta. En primer lugar, la banda de atención inicialmente se refiere a sonidos mientras que, en nuestro caso, operamos con percepción de distancias (ángulos); podemos considerar que la banda de atención se sitúa entre los  $0^{\circ}$ - $25^{\circ}$  y entre los  $135^{\circ}$ - $180^{\circ}$  tal y como afirma la teoría. Obviamente, el participante cometerá menos errores con estos estímulos que con el resto, por prestarles más atención. El estímulo presentado puede situarse dentro o fuera de esta banda de atención, como el ángulo de  $135^{\circ}$  si bien la banda de atención en el momento de presentarse el citado estímulo tenderá a moverse desde su posición original (ángulos  $0^{\circ}$ - $25^{\circ}$  y  $135^{\circ}$ - $180^{\circ}$ ) hacia la localización del estímulo precedente, es decir, en torno al ángulo de  $120^{\circ}$ .

En resumen, la atención del participante se centra en determinados ángulos al comienzo del experimento de estimación de la magnitud. Estos ángulos son los situados en los extremos mientras que al resto de estímulos se tienden a ignorar en parte. Los efectos de secuencia se producen debido a los cambios en la banda de atención. Finalmente, cuantos más ángulos de puerta introduzcamos (aumentando con ello el rango o no), la probabilidad que caigan dentro de la banda de atención disminuye aumentando los errores; es el efecto  $7 \pm 2/\text{rango}$ .

Tras la presentación de su teoría, Luce y sus colaboradores enfrentan de nuevo sus ideas al modelo de Braida y Durlach centrándose en los efectos de secuencia en la identificación absoluta calculados a partir de los valores  $d'$  entre dos estímulos consecutivos (Luce et al., 1982). No obstante, los resultados muestran que las bandas de atención —recuérdese el supuesto sobre la región del estímulo precedente— no son adecuadas para explicar los efectos de secuencia obtenidos (cosa que sí hace el modelo de resolución de la intensidad).

Por otra parte, la teoría de Luce plantea nuevas preguntas ya que si los estímulos de los extremos se identifican mejor es debido a que se les presta más atención en tal caso, debe sustituirse la pregunta ¿por qué se identifican mejor los estímulos situados en los extremos? por

esta otra ¿por qué se presta más atención a los estímulos situados en los extremos?

No obstante, el trabajo de Luce incluye un concepto de vital importancia en la categorización de estímulos multidimensionales y que veremos en el siguiente capítulo, la atención.

Así pues, un modelo thurstoniano (como el de Braida y Durlach) es el más adecuado para dar cuenta de los diferentes efectos en identificación absoluta (frente a los diferentes modelos propuestos por Luce). No obstante, el trabajo de Nosofsky (Nosofsky, 1983) que detallamos a continuación supera esta dicotomía, aportando una visión integradora de ambas perspectivas.

## La integración de información

El modelo de Nosofsky (1983) pretende discriminar entre los dos ejes centrales de las teorías existentes en ese momento: las que se centran en las características del criterio de decisión (el modelo de Braida y Durlach y la propuesta de Gravetter y Lockhead) y aquellas que se centran en las características de los estímulos (el modelo de Luce, Green y Weber que acabamos de detallar).

La aportación de Nosofsky consiste, básicamente, en asumir que el participante, conforme el mismo estímulo se repite una y otra vez, obtiene mayor información sobre su valor verdadero por lo que la varianza de la representación interna de este estímulo se reduce. Además, estas repeticiones no deben afectar a la variabilidad del criterio. Nosofsky asume que los estímulos se distribuyen normalmente en torno a una media con una varianza común que es función del rango ( $R$ ) y del número de observaciones de cada estímulo ( $N$ );  $\sigma_s^2(R, N)$ . Los límites de la categoría se distribuyen normalmente con una varianza que es función únicamente del rango e independiente de la varianza de los estímulos. A partir de esto puede calcularse  $d^*$ . Es evidente que el modelo aglutina las diversas aportaciones comentadas en los modelos anteriores.

Los supuestos del modelo quedan reflejados en la siguiente expresión matemática

$$d_{1,2}^* = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\sigma_s^2(R, N) + \sigma_c^2(R)}} \quad [33]$$

El modelo también asume que la representación final del estímulo es el promedio de las representaciones internas percibidas hasta ese momento ( $\mu_i$ ) siendo su varianza  $\sigma_s^2/N$ . Por lo tanto,  $d^*(R, N)$  equivale a la siguiente expresión

$$d_{1,2}^*(R, N) = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\sigma_s^2(R)/N + \sigma_c^2(R)}} \quad [34]$$

De la cual, y teniendo en cuenta que la unidad de medida es arbitraria ( $\mu_1 - \mu_2 = 1$ );

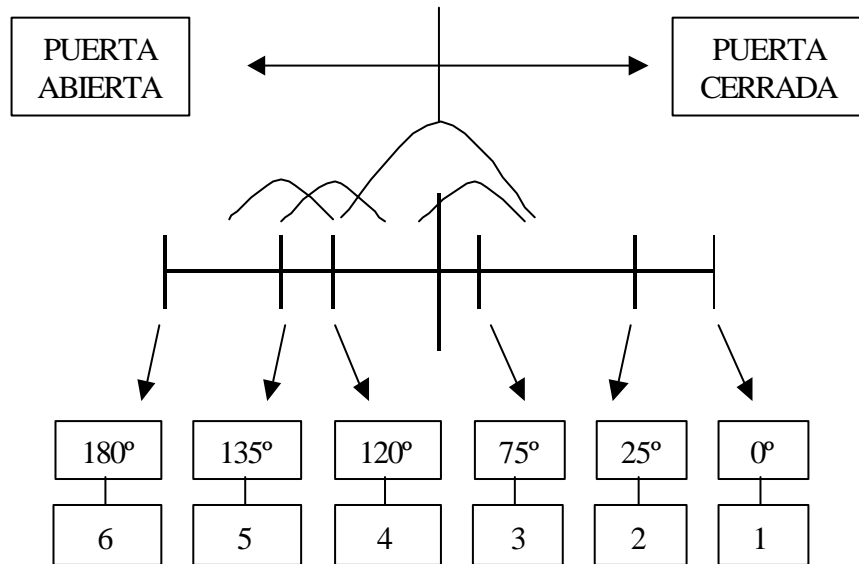
$$\left[ \frac{1}{d_{1,2}^*(R, N)} \right]^2 = \frac{\sigma_s^2(R)}{N} + \sigma_e^2(R) \quad [35]$$

De esta forma, el autor pretende observar los efectos del aumento del rango en la varianza del estímulo y del criterio. Un supuesto adicional efectuado por el autor es el de —al contrario que Braida y Durlach— asumir que el ruido de memoria aumenta con el número de observaciones.

Volviendo al ejemplo de la puerta (Figura 7), cada vez que el ángulo de  $120^\circ$  es presentado, el participante tiende a verlo de forma más exacta por lo que la dispersión de su valor final —promediado— disminuirá progresivamente. No obstante, la variabilidad de estas representaciones dependerá del rango que ocupan los estímulos. Cuanto mayor es la variabilidad debida al rango y el número de estímulos, menor será la capacidad del participante para discriminar entre dos estímulos al incrementarse el ruido de memoria (efecto  $7 \pm 2/\text{rango}$ ). Finalmente, el límite de la categoría (en el centro de la Figura 7) permanecerá en torno a los  $90^\circ$  siempre que no se altere el rango de los estímulos.

Es interesante resaltar la propiedad del límite de las categorías. Según el modelo, un aumento en el número de estímulos no producirá cambio alguno en el límite categorial, éste solo puede variar si lo hace el rango de los estímulos. Así, si el límite de los ángulos está situado en los  $90^\circ$  grados, este límite no variará al introducirse nuevos estímulos lo que se verá alterada será la capacidad de discriminar entre estímulos. Si es así, y los estímulos se encuentran cercanos al límite categorial —por ejemplo,  $89^\circ$  y  $91^\circ$ —, la posible confusión entre ambos ángulos (que no era posible anteriormente, al no haberse presentado) debe conllevar un cambio en la frontera entre las dos categorías.





**Figura 7** Categoría puerta cerrada/abierta, representaciones de ángulos (75°, 120° y 135°), límite categorial (centro figura) y orden de presentación

La principal conclusión del trabajo es que para ser explicados los efectos producidos por la manipulación del rango se requiere tener en cuenta tanto la variabilidad del estímulo, como el ruido producido por el criterio.

En resumen, el modelo de Nosofsky representa un intento de conciliar las dos perspectivas del análisis de la identificación unidimensional dentro de un enfoque thurstoniano. El modelo planteado por el autor, por tanto, tiene como objetivo fundamental el poder distinguir entre la influencia del ruido del criterio y del ruido del estímulo.

## La configuración del criterio

El modelo de identificación absoluta de Treisman (1985), se inscribe dentro de una teoría sobre el establecimiento del criterio (Treisman y Williams, 1984) partiendo asimismo de los supuestos de Thurstone.

Las características principales de las que se compone la teoría del establecimiento del criterio son compartidas por muchos de los modelos revisados hasta este momento. Así, por ejemplo, los

estímulos generan una distribución normal y las respuestas son seleccionadas según su relación con un criterio. Además, se asume que el participante establece un criterio aproximado al ideal y que mantiene el valor de este criterio mientras realiza la tarea: es el llamado sistema de referencia en el que se almacena las características de la tarea (como el rango de los valores de los estímulos, número de respuestas) y la experiencia previa.

El participante, a partir del sistema de referencia y a causa de ruido interno y externo, debe poner en marcha dos mecanismos que le permiten ejecutar la tarea de forma óptima. Uno de estos mecanismos es el denominado de estabilización que permite al criterio mantenerse centrado en torno a un valor. Así, si una serie de estímulos son presentados y se sitúan por encima del criterio, ello significa que el criterio utilizado se encuentra por debajo de la distribución de *inputs* sensoriales; la estabilización permite que, por ejemplo, en una tarea de SÍ/NO la probabilidad del SÍ sea similar a la del NO. La estabilización maximiza la información transmitida por las respuestas del participante.

Además de la estabilización, el participante utiliza el mecanismo de rastreo. Este mecanismo implica que la detección de un estímulo por parte del participante, le informa que su criterio es más bajo que el estímulo presentado, mientras que, si no lo detecta, ello significa que su criterio está por encima del estímulo. El rastreo altera la posición del criterio, esta alteración es mayor cuanto más cerca se encuentra el estímulo del criterio establecido por el participante.

El modelo también establece la importancia de la retroalimentación en el proceso. El autor se inclina por el modelo de independencia de traza (*IT*): todo cambio en el criterio es almacenado como un indicador de traza (que tiende a decaer hasta 0). El efecto de la retroalimentación puede sustituir al mecanismo de estabilización eliminándolo. Además, selecciona las respuestas que deben ser tenidas en cuenta por el mecanismo de rastreo. En este tipo de retroalimentación, los indicadores —producto de los mecanismos de rastreo, estabilización y retroalimentación— son aplicados al criterio en el momento de hacer efectivo el juicio.

A partir de estos supuestos, el autor establece el modelo de identificación absoluta. Los supuestos principales de este modelo son los siguientes. En primer lugar, un estímulo de magnitud  $I$  presentado

en el ensayo  $t$  produce un efecto  $S$  (con las características ya mencionadas, media  $\bar{S}$  y varianzas consideradas constantes).

Así, la media de  $S$  se relaciona con la intensidad  $I$  de la siguiente forma ( $p$  es una constante)

$$\bar{S}_i = p \ln I \quad [36]$$

Otro supuesto se refiere al criterio. En un ensayo  $t$ ;  $S_{c,j}(t)$  es mantenido y reemplazado en la escala sensorial por los mecanismos mencionados arriba: estabilización y rastreo. Para cada criterio existe un componente de referencia en el que se incluye el rango de los estímulos, el número de respuestas y la experiencia previa. Se trata de un mecanismo almacenado a largo plazo (el sistema de referencia). Los criterios se encuentran distribuidos normalmente en intervalos regulares a lo largo de la escala de efectos  $S$ . El criterio es utilizado para diferenciar un estímulo de otro.

Por lo que respecta al rastreo, se asume que una respuesta reciente es una prueba de que su correspondiente estímulo es capaz de producir un efecto sensorial similar puede presentarse de nuevo; se trata de un mecanismo a corto plazo que tiende a decaer estableciendo una traza que afecta a la posición del criterio. La magnitud de la traza es  $T$ , la cual puede expresarse como  $T_r(e, f; g, h)$  siendo  $r$  la traza de la respuesta previa,  $e$  el criterio  $S_{c,e}$  modificado por la traza,  $f$  el origen de la traza del criterio anterior ( $S_{c,f}$ ) y  $g$  es el número de ensayo en el que la traza fue creada, y, finalmente,  $h$  es el número de ensayo.

El valor de la traza inicial rastreada es  $\Delta$ , por lo tanto, al inicio del experimento

$$T_r(j, j; I, 0) = \Delta \quad [37]$$

El valor de  $\Delta$  puede ser negativo según el criterio se mueva en una dirección u otra del continuo.

Otro de los supuestos del modelo se refiere al paso del tiempo. Así, cuanto más tiempo pasa, el cambio que indica una traza tiende a decrecer hasta llegar a 0. Este cambio  $\delta$  puede reducir una traza positiva al máximo o una negativa al mínimo.

De esta forma,

$$\max(\Delta - k\delta, 0) \text{ o bien, } \min(-\Delta + k\delta, 0) \quad [38]$$

El proceso no solo afecta a los criterios que rodean al estímulo (inferior y superior) si no que incide en el resto de criterios establecidos por el participante a lo largo del continuo; el cambio es mayor cuanto más cercanos se encuentran ambos criterios.

La estabilización también está incluida en otro supuesto. Mediante ella se produce un indicador de traza determinado sensorialmente para cada ensayo  $t$ ,  $T_s(j', j; t, 0)$ . La cantidad de traza de estabilización depende de la separación entre el *input* sensorial y el criterio más cercano; el cambio inicial es el producto del parámetro  $\Delta_s$  y la distancia que separa el *input* y el criterio que se está utilizando. Así, si el *input*  $S_{i,t}$  se sitúa entre  $S_{c,j}(t)$  y  $S_{c,j+1}(t)$  el indicador de traza para el criterio  $j$  será igual a

$$T_s(j, j; t, k) = \max[\Delta_s (S_{i,t} - S_{c,j}(t)) - k\delta_s, 0] \quad [39]$$

La traza correspondiente al criterio  $j+1$  será igual a

$$T_s(j+1, j; t, k) = \min[\Delta_s (S_{i,t} - S_{c,j+1}(t)) - k\delta_s, 0] \quad [40]$$

Siendo los argumentos incluidos dentro de  $T$ , el criterio afectado por la traza ( $j$ ), el límite inferior del criterio ( $j$ ), el ensayo de origen ( $t$ ) y el número de ensayos transcurrido ( $k$ ).

Si el estímulo posee un valor alto la estabilización indica que el criterio es demasiado bajo, la importancia de esta información depende de la diferencia entre el criterio y el estímulo presentado; a mayor diferencia, mayor estabilización.

La diferencia principal entre la estabilización y el rastreo es que la primera opera bajo el principio de que un exceso de *inputs* sensoriales relevantes en un lado del criterio es una evidencia de que el criterio está lejos de la media y debe mover este criterio hacia estos *inputs*; un *input* a la derecha del criterio causa una traza que provoca que el criterio se mueva hacia ese mismo lado ocurriendo lo mismo con un *input* situado a la izquierda. Además, las trazas de la estabilización se debilitan más lentamente que las trazas de indicación de respuesta, la suma de estas trazas refleja el promedio sensorial a largo plazo siendo muy estables.

El último supuesto se refiere al valor efectivo del criterio en un ensayo. Este valor es la suma de sus valores de referencia, la respuesta

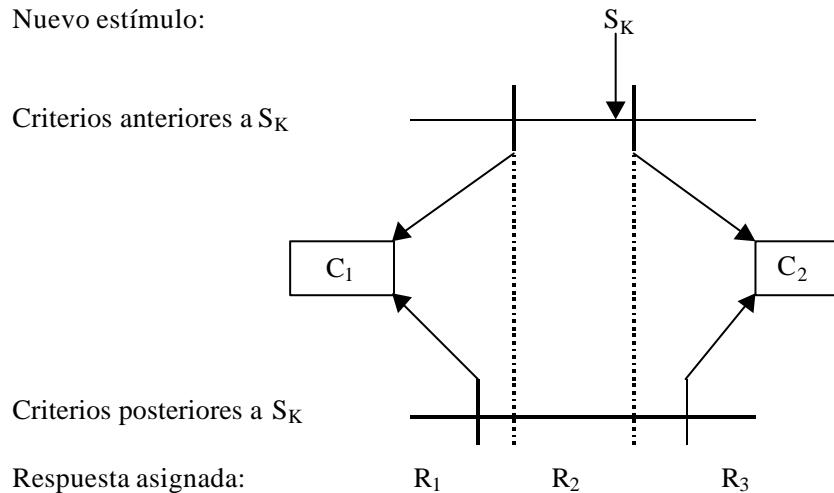
al estímulo y el indicador de traza sensorial. Este valor  $—S_{c,j}(t)—$  es, por tanto, igual a

$$S_{c,j}(t) = S_{0,j} + \sum_{h=1}^{t-1} T_r(j,j'(h);h,t-h) + \sum_{h=1}^{t-1} T_s(j,j'(h);h,t-h) \quad [41]$$

Así, al valor de referencia  $S_{0,j}$  se añade los valores de las trazas de las respuestas y los *inputs* anteriores, siendo  $j'(h)$  el criterio situado a la izquierda del *input* en el ensayo  $h$ .

Volviendo a nuestro ejemplo, y a la Figura 7, veamos cual es el modo de representación propuesto por estos autores. Cada uno de los estímulos posee una frontera por cada uno de los estímulos que le rodean. Por ejemplo, el ángulo de  $135^\circ$  posee un criterio que le separa del estímulo superior ( $180^\circ$ ) y otro que le diferencia del estímulo de  $120^\circ$ , en cambio, el ángulo de  $180^\circ$  solo tiene un criterio que es el que le separa del ángulo de  $135^\circ$ . Evidentemente, todo estímulo cuyo valor en la escala sensorial se sitúe dentro del área del ángulo de  $135^\circ$  será identificado como un ángulo de  $135^\circ$ . En cuanto a los efectos de secuencia, la aparición de ciertos estímulos pondrá en marcha los mencionados mecanismos de estabilización y de rastreo. No obstante, para observar detalladamente el efecto de éstos debemos fijarnos en la Figura 8.

En la Figura 8, puede observarse cómo el participante ha establecido dos criterios, la respuesta ante el estímulo será distinta según el efecto en la escala sensorial se sitúe en una posición u otra, tal y como se indica en el dibujo. Si el estímulo presentado se encuentra entre los dos criterios, la respuesta del participante será 2 lo que provocará que el criterio  $C_2$  se mueva hacia la derecha mientras que el criterio  $C_1$  se moverá hacia la izquierda ya que el rastreo favorece la repetición de la misma respuesta. Sin embargo, el criterio  $C_1$  se moverá en menor medida debido al mecanismo de estabilización. En efecto, la estabilización hace que este criterio tienda a moverse hacia la derecha, lo que contrarresta el rastreo. Así, mientras que el rastreo amplía el área de la respuesta 2, la estabilización tiende a restringirla. Además, el efecto de la presentación del estímulo  $S_K$  será mayor en el criterio más próximo ( $C_2$ ) que en el criterio situado más lejos ( $C_1$ ).



**Figura 8** Criterios ( $C_1$  y  $C_2$ ), regiones de respuesta ( $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ ) y estímulo ( $S_2$ )

El modelo propuesto por Treisman es una detallada descripción de los movimientos que, a lo largo del continuo, efectúan los criterios establecidos por el participante. Sin embargo, la aportación más importante del modelo es la distinción, dentro del efecto de anclaje, de dos subtipos de fenómenos: el efecto de anclaje referido al porcentaje de aciertos y el efecto de anclaje referido a la sensibilidad ( $d'$ , la calculada por Braida y Durlach). Así, el nivel de aciertos (mayor en los extremos) depende del lugar donde se haya situado el criterio mientras que el efecto de anclaje para  $d'$  depende de las diferencias en el total de varianza que limitan las discriminaciones de diferentes partes del rango del continuo. Es decir, si el criterio no varía, éste puede producir el mencionado efecto en porcentaje de aciertos, pero no en  $d'$ .

## El mapeado de estímulos

A partir de las aportaciones de Treisman, los modelos basados en el esquema de Thurstone fueron dejados de lado (en parte debido al completo modelo de Braida y Durlach) buscándose formas más sofisticadas de análisis de las respuestas de los participantes en

identificación absoluta. De este modo, los modelos que se centran en los estímulos unidimensionales pasan a ser más complejos matemáticamente que sus antecesores y surgen nuevas formas de enfrentarse a los mismos fenómenos, bien retomando marcos teóricos descartados anteriormente frente al modelo thurstoniano o bien — como en este caso— haciendo más compleja la representación de los estímulos. Esta evolución (en sus dos formas) también ocurrirá entre las teorías que tienen como objeto los estímulos multidimensionales. Así, el modelo de mapeado propuesto por Lacouture y Marley (1991, 1995) parte de un supuesto principal y es que la representación de un estímulo unidimensional es transformada en categorías de respuesta multidimensionales.

El modelo de estos autores se centra, principalmente, en el proceso de selección de respuesta del participante como origen del efecto de anclaje o de los efectos de secuencia. Así, el *input* sensorial es ajustado, siguiendo un proceso en el que se incluye ruido, a una escala interna que se desarrolla a lo largo de cierto rango. A su vez, se desarrolla una escala para el *output* estableciéndose un proceso dinámico entre ambas que acaba produciendo la respuesta del participante ante el estímulo. Veamos detalladamente el modelo.

El modelo se compone de tres tipos de unidades, las de *input*, las ocultas —en las que el valor está restringido a un cierto rango— y las de *output*, siendo estas últimas múltiples. En un ensayo, por tanto, muestras múltiples de un mismo estímulo son recogidas por el participante. Estas muestras varían cada vez que son recogidas —un supuesto claramente thurstoniano— debido al ruido ( $k$ ). El valor de  $k$  del estímulo  $i$  es igual a la siguiente expresión

$$k = S_N(i) + N^k \quad [42]$$

Donde  $N^k$  es normal con media cero y desviación típica  $\gamma$  y  $S_N(i)$  es la intensidad psicológica del estímulo y se incrementa conforme aumenta el valor de  $i$   $[1, N]$  ya que los estímulos se encuentran ordenados. Esta intensidad es igual a

$$S_N(i) = \frac{2i - 1}{2N} \quad [43]$$

La representación del ruido psicológico pasa a las unidades ocultas; la actividad de estas unidades ocultas  $—h_N^k(i)—$  provocada por el ruido producido es igual a

$$h_N^k(i) = \frac{N-1}{N} \left[ \frac{S_M(i) - S_M(1) + N^k}{S_N(N) - S_M(1)} \right] + \frac{1}{2N} + \mathbf{H}^k \quad [44]$$

Donde  $\mathbf{H}^k$  es una variable aleatoria con media cero y desviación típica  $\eta$ . La actividad de una unidad output se encuentra dentro del intervalo  $[0, \beta]$  siendo  $\beta > 0$ , esta actividad es igual a

$$O_N^k(j/i) = [a(j)h_N^k(i) + b(j)] + \mathbf{D}^k(j) \quad [45]$$

En la que  $\mathbf{D}^k(j)$  es una variable aleatoria normal con media cero y desviación típica  $\varepsilon$  y  $a(j)$  y  $b(j)$  los pesos que conectan las unidades ocultas con las output y maximizan su actividad;  $j$  se refiere a la unidad output. Los valores de estos pesos están determinados por la relación entre  $i$  y  $N$ . Así, si el valor de  $i$  es menor o igual que  $N/2$ , entonces  $a(j)$  es igual a

$$\frac{-\lambda N}{s^{i-1}} \quad [46]$$

Mientras que el valor de  $b(j)$  es igual a la siguiente expresión

$$\beta - \left[ 1 + \frac{1}{s-1} \right] \lambda + \frac{\lambda [i + 1/(s-1)]}{s^{i-1}} \quad [47]$$

Siendo  $\lambda$  una constante mayor que 0.

Cuando el valor de  $i$  es mayor que  $N/2$  entonces  $a(j)$  es igual a la siguiente expresión

$$\frac{\lambda N}{s^{N(i-1)}} \quad [48]$$

Mientras que el valor de  $b(j)$  es igual a la siguiente expresión



$$\beta - \left[ 1 + \frac{1}{s-1} \right] \lambda - \frac{\lambda [i-1 + (1/(s-1))]}{s^{N-i}} \quad [49]$$

La activación se va acumulando en cada una de las unidades de output (en realidad, en un acumulador asociado a cada una de estas unidades), esta activación (cuyo valor es 0 antes de recibir cualquier señal) de la unidad  $j$  ante el estímulo  $i$  en la muestra  $k$  de un ensayo es igual a

$$A_N^k(j/i) = A^{k-1}_N(j/i) + O_N^k(j/i) \quad [50]$$

En la que  $O_N^k$  es la activación actual de la unidad output  $j$ ,  $A_N^k(j/i)$  es la actividad integrada de la muestra  $k$ .

Lógicamente, los acumuladores poseen un límite a partir del cual se disparan produciéndose la respuesta asociada a la unidad que primero ha llegado al citado límite. De esta forma, cuando el estímulo  $i$  es presentado el participante responderá o bien con la respuesta  $i-1$ , con  $i$  o con  $i+1$ . Por tanto, la probabilidad de la respuesta  $i-1$  ante el estímulo  $i$  dependerá de la distancia que separe ambos estímulos, es decir, la diferencia entre  $O_N(i/i) - O_N(i-1/i)$  o el tamaño de la diferencia en la media de los valores asociados a  $i$  y a  $i-1$  (valores *output*, por supuesto).

Así, la diferencia entre estos valores no depende de  $N$  si no del valor de  $i$ . De esta forma, dependiendo del lugar en el que se encuentre el estímulo la diferencia entre estos dos valores será igual a las siguientes expresiones. Si el estímulo se encuentra en el lado izquierdo del continuo o en el centro, la expresión será igual a

$$\frac{\lambda}{2s^{N-(i-1)-1}} (s-1) \quad [51]$$

Mientras que en el caso de que el estímulo se sitúe en el lado derecho del continuo o, lo que es lo mismo, tome valores situados por encima de la mitad de ellos, el valor de la diferencia es igual a

$$\frac{\lambda}{2s^{i-1}} (s-1) \quad [52]$$

Por tanto, conforme aumenta el valor  $i$  (acercándose, por tanto, a los extremos), el valor del denominador tiende a crecer rápidamente. Ello ocurre tanto si los valores se acercan al extremo izquierdo como si lo hacen al lado derecho. En el segundo de los casos este incremento se aprecia claramente mientras que cuando  $i$  se acerca al extremo izquierdo (disminuyendo su valor en el continuo) se ha incluido  $N$  lo que causa que el valor de  $s$  aumente al disminuir el valor  $i$ .

El hecho de usar un exponente en el denominador causa la curva característica del efecto de anclaje (mayor acierto en los extremos) como puede verse en la Figura 10 (PAGINA X).

A su vez, esta cantidad, según los autores, debe relacionarse con el valor calculado por Luce (Luce et al., 1982) ya que, como se recordará, uno de los principales postulados de la teoría de este autor es que el estímulo precedente crea una región en la que se centra la atención del participante. En otras palabras, para dar cuenta de los efectos de secuencia, los autores se remiten al marco teórico desarrollado por Luce.

El modelo es ampliado para ser aplicado expresamente a la categorización unidimensional (Lacouture et al., 1998) y los autores profundizan en el estudio de los tiempos de reacción con el mismo tipo de estímulos en identificación absoluta (Lacouture, 1997; Lacouture y Lacerte, 1997).

Así, en la identificación tenemos  $N$  estímulos de intensidades  $S_M(i)$  y  $N$  acumuladores mientras que el caso de la categorización tenemos  $M \leq N$  acumuladores con un único acumulador asociado para cada una de las  $M$  respuestas posibles. Si asumimos el mismo mecanismo que para la identificación — $h_N^k(i)$ — la activación para las unidades *output* será igual

$$O_M^k(j/i) = [a(j)h_N^k(i) + b(j)] + D^k(j) \quad [53]$$

Siendo todos los valores idénticos a los mostrados más arriba. Finalmente, el modelo será ampliado para poder dar cuenta de resultados para diferentes tamaños de grupos de estímulo (Lacouture y Marley, 2000).

Por tanto, el efecto de anclaje es una consecuencia del proceso de selección postulado por estos autores, y no un mecanismo o una representación específica y particular para ciertos estímulos del

continuo (en este caso, los del extremo). El efecto se produce en el mapeado que lleva de la representación unidimensional a la multidimensional.

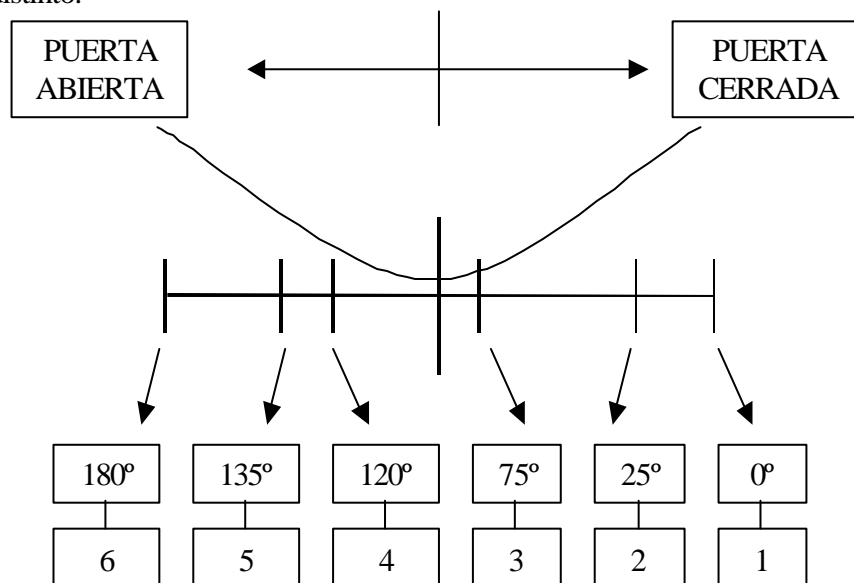
En resumen, el modelo tiene tres componentes: el mapeado del estímulo —ruido incluido— a una escala interna de representación, el mapeado desde esta escala a un vector (*output*) multidimensional y la integración del umbral de los componentes del output.

El modelo tiene como principal aportación el ocuparse de los tiempos de reacción dentro de la categorización unidimensional encontrándose un efecto similar al efecto de anclaje. Así, la curva característica de aciertos en identificación no cronometrada se invierte a la hora de representar los tiempos de reacción. No obstante, frente a los efectos de secuencia, los autores deben recurrir a las bandas de atención de Luce —como ya se ha dicho— ya que el modelo propuesto no puede dar cuenta de la asimilación o el contraste. Ambos modelos son bastante similares, especialmente en el papel que se le da a la posición del estímulo dentro del continuo dimensional, si bien el trabajo de Luce establece que ciertos estímulos poseen ciertas características especiales, mientras que en el presente caso no existen estímulos con características diferenciales. Esta sería la aportación de mayor interés ya que desde el modelo de Braida y Durlach, se tiende a considerar a los estímulos situados en los extremos de forma distinta a los demás. Es interesante pensar que los estímulos extremos pueden constituir en la teoría de Braida y Durlach lo que los prototipos en la teoría de prototipos, como veremos más adelante.

Finalmente, el hecho de que estímulos unidimensionales acaben transformados en estímulos multidimensionales, relaciona esta teoría directamente con las teorías que desarrollaremos en el capítulo próximo las cuales tienen como finalidad explicar la categorización de estímulos formados por más de una dimensión.

Podemos aplicar los procesos pronosticados por estos autores a nuestro ejemplo de las puertas de la forma que sigue. En primer lugar, los estímulos situados en los extremos del continuo, es decir los ángulos de  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , no son objeto de un interés especial por parte del participante, simplemente estos estímulos son identificados de forma más acertada por el proceso de selección de la respuesta. Ello es debido a la situación de los estímulos en el continuo: cuando un estímulo se encuentra muy cerca del extremo del continuo el valor  $\lambda$

es alterado en mayor medida por la intensidad psicológica de los estímulos (efecto de anclaje; ver la Figura 9). En cuanto a los efectos de secuencia, el modelo incorpora el modelo de las bandas de atención, de esta forma, los efectos de secuencia se producen por los cambios en la banda de atención que conlleva el ver un estímulo distinto.



**Figura 9** Categoría puerta cerrada/abierta, orden de presentación y resultado típico del efecto de anclaje (mayor acierto en los extremos)

## La transmisión de la información

El modelo de transmisión de la información (Mori, 1989) parte, como su propio nombre indica, de un supuesto principal y es que existe una información transmitida por cada uno de los estímulos que se presentan al participante. Este modelo, además, está dirigido a explicar los efectos de secuencia —como los que hemos visto más arriba— en identificación absoluta.

El modelo de transmisión de la información mide la dependencia existente entre la respuesta a un estímulo, por un lado, y el estímulo y respuesta precedentes. Para ello, se calcula el total de información que

se transmite entre cada uno de los componentes citados tomando como base los trabajos pioneros de Garner (1953) y McGill (1957). Así, en este modelo las medidas de información no son más que medidas no métricas de distribuciones de probabilidad que pretenden recoger la naturaleza probabilística de las secuencias de estímulos y respuestas.

Además, Mori utiliza un acercamiento multivariado, de forma que el total de información y el de dependencia del estímulo anterior son estimados en la misma ecuación, siendo la unidad de medida de ambas variables la misma, lo que permite comparaciones directas.

En el modelo de asume que la información transmitida tiene un input y un output: el estímulo presentado ( $S_n$ ) y su respuesta ( $R_n$ ), siendo la información transmitida  $U(R_n : S_n)$  que es igual a

$$U(R_n : S_n) = U(S_n) + U(R_n) - U(S_n, R_n) \quad [54]$$

Donde  $U(S_n)$  representa la información del input,  $U(R_n)$  la información del output y  $U(S_n, R_n)$  la información conjunta de  $S_n$  y de  $R_n$ . por lo que respecta al primero,  $U(S_n)$ , es igual a

$$U(S_n) = - \sum P(S_i) \log_2 P(S_i) \quad [55]$$

Por su parte,  $U(R_n)$  es igual a

$$U(R_n) = - \sum P(R_j) \log_2 P(R_j) \quad [56]$$

Finalmente,  $U(S_n, R_n)$  es igual a la siguiente expresión

$$U(S_n, R_n) = - \sum P(S_i, R_j) \log_2 P(S_i, R_j) \quad [57]$$

$P(S_i)$  y  $P(R_j)$  son la probabilidad de  $S_i$  y de  $R_j$  y  $P(S_i, R_j)$  la probabilidad conjunta de  $S_i$  y de  $R_j$ , mientras que  $U(S_n)$  y  $U(R_n)$  miden el total de información de  $S_n$  y de  $R_n$  y  $U(R_n, S_n)$  es el total de información de  $S_n$  y de  $R_n$ .

Si en la ecuación, además del estímulo presentado y su respuesta, incluimos el estímulo anterior y su respuesta (siendo, el primero input y el segundo output), la expresión resultante es la siguiente

$$\begin{aligned} U(R_n) = & U(R_n : S_n) + U(R_n : S_{n-1} / S_n) + U(R_n : R_{n-1} / S_n) + \\ & + U(R_n : S_{n-1}, R_{n-1} / S_n) + U(R_n / S_n, S_{n-1}, R_{n-1}) \end{aligned} \quad [58]$$

En la que  $U(R_n: S_{n-1}/S_n)$  es la información transmitida desde  $S_{n-1}$  con el efecto de  $S_n$  eliminado (dependencia en la secuencia de  $S_{n-1}$  en  $R_n$ ),  $U(R_n: R_{n-1}/S_n)$  es la información transmitida desde  $R_{n-1}$  con el efecto de  $S_n$  eliminado (dependencia en la secuencia de  $R_{n-1}$  sobre  $R_n$ ),  $U(R_n: S_{n-1}, R_{n-1}/S_n)$  es el efecto de interacción de  $S_{n-1}$  y  $R_{n-1}$  con el efecto de  $S_n$  eliminado, finalmente,  $U(R_n/S_n, S_{n-1}, R_{n-1})$  es el término de error.

Si bien el método tiende a sobrestimar la cantidad de información transmitida, lo que requiere de cierto tratamiento de los datos (Mori y Ward, 1995), es posible utilizado para incluir los efectos de la retroalimentación (Mori y Ward, 1995) y comparado con la medida de sensibilidad  $d'$  de Braida y Durlach. Además, los autores emplean la regresión múltiple para conocer los mejores predictores de la respuesta. Las conclusiones de este trabajo, junto a uno todavía más reciente (Mori, 1998), son que, en primer lugar, el modelo propuesto por este autor únicamente es útil para medir el tamaño de la dependencia entre estímulos, que la regresión sirve para indicar la dirección de esta dependencia y que el modelo de Braida y Durlach y, en parte, el de modificación del criterio de Treisman, son los más adecuados para caracterizar el proceso de la identificación absoluta.

Para la aplicación del marco teórico de Mori a nuestro ejemplo de las puertas, debemos volver a la Figura 9 donde se incluye la secuencia de presentación de los estímulos empleados. Así, cada uno de los estímulos presentados debe transmitir cierta información al participante que utilizará a la hora de juzgar el estímulo siguiente. Por tanto, la información transmitida y que influirá a la hora de evaluar el siguiente estímulo presentado (ángulo de  $25^\circ$ ) será la suma del input procedente del estímulo de  $0^\circ$  o, lo que es lo mismo, la probabilidad de este estímulo, más la información del output (o la probabilidad de emitir la respuesta dada por el participante) a la que hay que restar la probabilidad condicionada conjunta de que ocurran ambos. Esto en el caso de que únicamente hubiéramos presentado los dos primeros estímulos que forman el continuo. Evidentemente, los cálculos se complican cuando se incrementa el número de estímulos. Además, debe tenerse en cuenta el papel de la retroalimentación en la respuesta del participante. Así, en ausencia de la misma, el efecto de la respuesta dada al estímulo anterior se incrementa, mientras que cuando se proporciona al participante retroalimentación (es decir,

información) lo que se incrementa es el efecto del estímulo (efecto de secuencia). Como es lógico, el hecho de proporcionar retroalimentación a los participantes incrementará sus aciertos. Además, cuanto más ángulos presentemos, la dependencia será mayor.

En resumen, la dependencia con respecto a la respuesta o al estímulo anterior se incrementa conforme disminuye la información (aumentando la probabilidad de confundir los estímulos) de la que dispone el participante para emitir su juicio (efecto  $7\pm 2$ ).

El hecho de que, como hemos visto, el modelo de transmisión de la información se reduce a cálculo de probabilidades lo relaciona directamente con el modelo racional propuesto por Anderson (Anderson, 1991) dentro de la categorización multidimensional.

El trabajo de Mori tiene la virtud de retomar el cálculo de la información transmitida para el estudio de la identificación absoluta y, por tanto, atribuir los efectos de secuencia a la diferencia entre el estímulo que se presenta y el estímulo precedente. Así, se publican estudios en los que se tiende a relacionar total y definitivamente los modelos inscritos dentro (Braidá y Durlach) o fuera (modelo de bandas de atención) de la tradición thurstoniana con la medida de la información (Norwich, Wong y Sagi, 1998) poniendo de manifiesto de nuevo la importancia del rango en la identificación absoluta.

## **El orden y el estímulo anterior**

El trabajo de Laming (1984, 1997) parte del estudio de la relación entre las características físicas del estímulo y la sensación percibida por el participante. De hecho, su teoría constituye una alternativa a los planteamientos de Stevens o de Fechner, como veremos. El esquema del que parte Laming tiene como principal supuesto el que la comparación de un estímulo con otro implica establecer un orden, orden que se considera como un fenómeno psicológico básico.

En efecto, Laming (1997) estudia detalladamente los trabajos de Stevens, que establecen la relación entre la magnitud de un estímulo y su sensación, llegando a la conclusión que las relaciones entre sensaciones no pueden constituir una escala de razón o de diferencia, relaciones implícitas, por ejemplo, en el modelo de Stevens (1957). La relación en la que se basa un juicio psicológico es básicamente una

relación de orden. Mediante esta relación, puede evaluarse un estímulo como mayor (o igual o menor) que otro y ello puede aplicarse tanto a los juicios de comparación de magnitudes como a juicios de identificación absoluta.

El modelo por este autor se desarrolla del siguiente modo. Dado un estímulo  $S_n$  presentado en el ensayo  $n$  y con una magnitud física  $X_n$  (decidida por el experimentador) percibida como de magnitud  $x_n$  (que constituye una variable interna aleatoria no observable) la diferencia entre  $X_n$  y  $x_n$  constituye el error la variabilidad de percepción. Así, cuando  $x_n$  es comparado con  $x_{n-1}$  lo que proporciona 3 resultados cualitativos:

$$\begin{aligned}\log x_n &> \log x_{n-1} \\ \log x_n &= \log x_{n-1} \\ \log x_n &< \log x_{n-1}\end{aligned}$$

Dependiendo de la relación  $S_n$  y  $S_{n-1}$  el participante selecciona una respuesta numérica (como, por ejemplo, estimación de magnitud del estímulo), de manera que:

$$\begin{aligned}\log x_n > \log x_{n-1}, & \text{ entonces } \log N_n > \log N_{n-1} \\ \log x_n = \log x_{n-1}, & \text{ entonces } \log N_n = \log N_{n-1} \\ \log x_n < \log x_{n-1}, & \text{ entonces } \log N_n < \log N_{n-1}\end{aligned}$$

Así, puede plantearse una ecuación como la siguiente:

$$\log N_n - \log N_{n-1} = B_n (\log x_n - \log x_{n-1}) \quad [59]$$

Pese a que esta expresión, tiene la forma de una ecuación de regresión  $B_n$  no constituye un término de error aditivo si no aleatorio puesto que la diferencia entre  $(\log x_n - \log x_{n-1})$  es igual a cero. Por tanto, al estimar una magnitud el juicio en el ensayo anterior proporciona un punto de comparación variable y único. O sea, no puede existir juicios absolutos de estímulos, se juzgan siempre respecto al anterior y tampoco existen juicios absolutos de razón de la magnitud de estímulos (diferencias en magnitud log).

Sin embargo, lo dicho hasta aquí se refiere a la estimación de magnitudes, veamos ahora cómo se aplican estos planteamientos a la identificación absoluta.

A la hora de establecer un juicio de identificación absoluta la ecuación de regresión utilizada presenta la siguiente estructura:

$$C_n - C_{n-1} = B_n (\log x_n - \log x_{n-1}) \quad [60]$$



Donde  $C_n$  y  $C_{n-1}$  representa la categoría (en este caso, el valor en la escala de identificación). Laming también incluye en su modelo el rango de los estímulos al calcular la variabilidad de  $C_n$  mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Var}(C_n) = \sigma_{\beta}^2 (\log R)^2 / 5 + v_0 \quad [61]$$

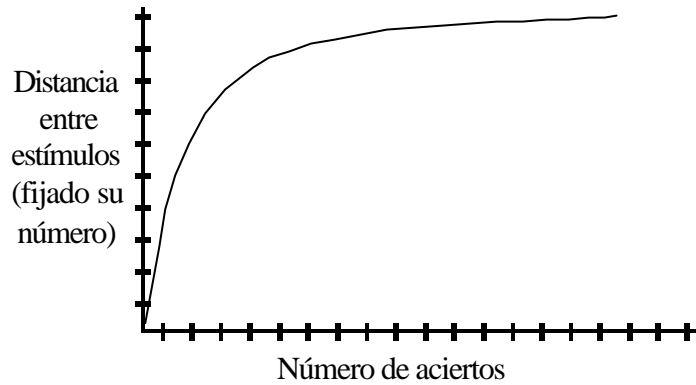
En la que  $R$  representa el valor medio  $(\log X_n - \log X_{n-1})^2$  mientras que  $v_0$  representa el error en la percepción y su interacción con el proceso de juicio (en este caso, identificación),  $\beta$  es el valor medio de  $B_n$  y  $\sigma_{\beta}^2$  es su varianza. Así, es posible explicar el aumento de la variabilidad cuando se incrementa el rango de los estímulos en identificación absoluta.

Por tanto, para este autor identificar un estímulo implica necesariamente la comparación con algún otro y al efectuar esta comparación se establece un orden entre ellos. El modelo propuesto por Laming plantea, al igual que el de Treisman (1985), la importancia del estímulo precedente si bien es mucho más similar al modelo de razón de respuesta de Luce (Luce y Green, 1974), como puede observarse comparando la expresión 26 y la expresión 60. Ambos modelos, por tanto, plantean una relación equivalente entre las características del estímulo (representación del estímulo) y la respuesta emitida (identificación). De hecho, la aplicación a nuestro ejemplo es similar con la principal diferencia del supuesto referido al orden de los estímulos. Así, podemos volver a la Figura 6. El participante al que se le presente el ángulo de  $135^\circ$  activará una representación interna correspondiente a esa magnitud. Una vez presentado el estímulo siguiente (ángulo de  $180^\circ$ ), la diferencia entre ambos estímulos (multiplicada por  $B_n$  y en una escala logarítmica) será igual a la diferencia entre el valor de identificación asignado a cada uno de estos estímulos. Puesto que el participante establece un orden entre ambos, el estímulo de  $135^\circ$  será evaluado como menor que el estímulo de  $180^\circ$ . Esta influencia, no obstante, puede variar en la próxima secuencia (es decir,  $135$  seguido de  $180$ ) si bien la relación de orden entre ambos la percepción de ambos estímulos persistirá. Es decir, en tanto que el participante establece un orden en la percepción de ambos estímulos, ese orden será el que determine la relación entre los valores asignados en la identificación a cada uno de los estímulos.

## **Hacia la complejidad del estímulo y analítica**

Una vez llegados a este punto, es conveniente resumir los hallazgos que, a lo largo de estos años e independientemente de los modelos propuestos, se han producido dentro de la categorización unidimensional e identificación absoluta. Como se recordará, hemos agrupado las investigaciones en tres puntos básicos, las principales aportaciones de estos puntos o ejes de investigación son los siguientes: el efecto  $7\pm 2$ , el efecto de anclaje y los efectos de secuencia. En todos ellos han surgido diferentes marcos teóricos que, con mayor o menor fortuna, han intentado ajustar los resultados obtenidos en los experimentos correspondientes a cada modelo. Ahora bien, los resultados surgidos a partir del estudio de cada uno de estos fenómenos y, en consecuencia, de la identificación absoluta o de la categorización unidimensional pueden resumirse de la siguiente forma.

Por lo que respecta al efecto  $7\pm 2$ /rango, el hecho de incrementar el rango de los estímulos manteniendo la proporción a la que se encuentran separados apenas causa un mínimo aumento en la identificación absoluta, persistiendo, en consecuencia, los errores cometidos (Durlach y Braida, 1972; Luce, Green y Weber, 1976). Por tanto, para un número fijo de señales —igualmente espaciadas— los aciertos se incrementan hasta un cierto límite a partir del cual el índice de aciertos apenas se incrementa. Se trata de la típica curva logarítmica que se observa tanto si nos referimos a la relación entre aciertos y sensibilidad como si nos referimos a la relación existente entre aciertos e información transmitida. Esta curva puede observarse en la Figura 10. Finalmente, los resultados obtenidos en la manipulación del rango muestran que los participantes tienen mayores dificultades para discriminar entre dos estímulos fijos cuando el rango en el que se encuentran estos dos estímulos es amplio que cuando el rango es reducido.



**Figura 10** *Relación entre el número de aciertos y la distancia entre estímulos de número constante*

En cuanto al denominado efecto de anclaje, ha quedado claro que no es debido a sesgos en la respuesta o a limitaciones en la elección de respuesta que se produce en los extremos. Los estímulos situados en los extremos del continuo solo tienen a su alrededor a un estímulo mientras que los estímulos que se sitúan en una posición distinta a ésta tienen dos estímulos a su alrededor (por ejemplo; Berliner, Durlach y Braida, 1977).

Por lo que respecta a los efectos de secuencia (recordemos, por ejemplo, la asimilación) han sido considerados repetidas veces desde los ya citados estudios de Braida a los de Treisman (Treisman y Williams, 1984) y Laming (1997). Nótese, no obstante, que cuando los estímulos son presentados aleatoriamente estos efectos tienden a decrecer hasta llegar a ser prácticamente inexistentes.

Recientemente, se ha retomado el estudio de este efecto (Stewart, Brown y Chater, 2002) subrayando la diferencia entre el estímulo presentado y el precedente (en la misma línea que los trabajos ya comentados de Mori y de Laming). El efecto de secuencia es mayor cuando el estímulo precedente pertenece a otra categoría y se encuentra muy alejado del estímulo presentado en ese momento.

Así pues, es importante tener en cuenta estos efectos, propios de la identificación absoluta, a la hora de establecer cualquier hipótesis sobre categorización (en el sentido estricto, al existir menos respuestas posibles que estímulos presentados). Las principales aportaciones a la categorización, como hemos visto, han sido la de Parducci (1965) y

las de Lacouture y Marley (Lacouture, Li y Marley, 1998). Todos ellos se ocupan del efecto del número de categorías de respuestas y de estímulos mostrando que cuando el número de categorías de respuestas el que se incrementa, el efecto de los extremos se incrementa y los estímulos tienden a ser asignados a menores valores y más próximos entre sí. Por otra parte, incrementar los estímulos provoca que los participantes perciben las diferencias entre los estímulos de una forma más gradual siendo su efecto en los extremos escaso.

Desde un punto de vista teórico, la inmensa mayoría de los modelos que hemos visto parten de los trabajos de Thurstone, si bien esta teoría se muestra insuficiente para dar cuenta de los distintos fenómenos mencionados con anterioridad ya que ello supone aceptar que el ruido debido a los estímulos y el ruido del criterio no son independientes del contexto experimental. Entre estos modelos destaca el propuesto por Durlach y Braida (1969) que ha derivado en el modelo de anclaje. Algunos modelos surgidos posteriormente son similares —caso del modelo de Gravetter y Lockhead (1973)— ampliando la idea del anclaje (Lacouture y Marley 1991, 1995) y otros se relacionan directamente con ciertos constructos propuestos por los modelos de categorización multidimensional, como las bandas de atención del modelo de Luce (Luce y otros, 1976) y la atención propuesta por Nosofsky (1986) o la aplicación directa del marco thurstoniano de la teoría de Ashby (Ashby y Townsend, 1986).

Así pues, en el siguiente capítulo nos ocuparemos de los modelos surgidos dentro del estudio de la categorización multidimensional. Estos modelos son, en unos casos (como en los dos ejemplos citados más arriba), aplicaciones más sofisticadas de las teorías y modelos surgidos dentro de la categorización unidimensional y de la identificación absoluta; en otros casos, son totalmente independientes (como, por ejemplo, el modelo de prototipo) y en algunos casos son aplicaciones de teorías surgidas en otros campos (como por ejemplo, las teorías de aprendizaje E-R) que hemos optado por incluir en el siguiente capítulo debido a su aplicación tanto con estímulos formados por una única dimensión como con estímulos de dimensiones múltiples.

# Capítulo III

## Categorización multidimensional

---

Tras repasar las diferentes perspectivas en categorización e identificación unidimensional, el presente capítulo tiene como objetivo el análisis de los diferentes modelos surgidos en torno al fenómeno de la categorización multidimensional. Así, partimos del enfoque clásico para pasar a detallar las características de la teoría que sustituyó al mismo, la teoría de prototipo. A continuación se explica la teoría de ejemplares que constituye el marco teórico predominante en la actualidad. No obstante, han surgido diferentes alternativas teóricas que están poniendo duda sus supuestos, como la teoría del reconocimiento general y la teoría racional aplicada a la categorización. En este capítulo también se incluye la teoría de aprendizaje asociativo así como los denominados modelos de regla, los modelos de aprendizaje y desarrollo de categorías y los de categorización no basada en las dimensiones de los estímulos. Finalmente, se describen las relaciones teórico-prácticas entre los diferentes modelos descritos hasta el momento.

### El enfoque clásico

La perspectiva clásica afirma que los conceptos están formados por grupos simples de características, denominadas información definitoria (Katz, 1972), las cuales son propias, únicas, comunes y suficientes para determinar la pertenencia a una categoría. Estas características hacen que cada ejemplar sea igual de representativo del concepto (Katz y Postal, 1964). La representación de un concepto, por

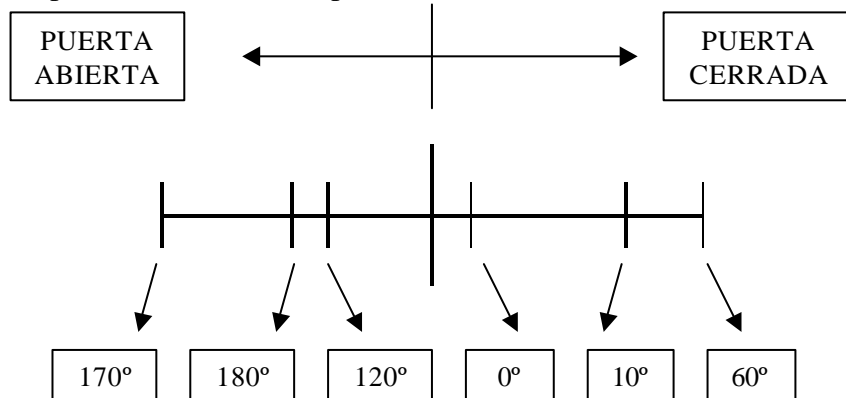
tanto, es una descripción resumen de toda la categoría. Esta descripción, además, es el resultado de un proceso de abstracción y se aplica a todos los ejemplares por igual. Finalmente, se produce un anidado de características, es decir, si el concepto  $X$  es un subconjunto del concepto  $Y$ , entonces las características definitorias de  $Y$  están anidadas en  $X$  (Smith y Medin, 1981).

Dentro de esta perspectiva, se considera el trabajo de Hull (1920) como el iniciador del estudio de las categorías (Smith, Patalano y Jonides, 1998). En este trabajo, Hull pedía a sus participantes que aprendieran a nombrar ciertos ideogramas con una palabra sin sentido, siendo esta palabra la misma para aquellos caracteres que poseían algún rasgo común. Los participantes, conforme se les presentaban nuevas listas con nuevos caracteres, los nombraban cada vez con mayor precisión empleando los correspondientes nombres sin sentido. Por tanto, los participantes habían adquirido el “concepto” que subyacía a cada uno de los grupos de elementos, es decir, los participantes eran capaces de discriminar cuando los caracteres cumplían las condiciones necesarias para ser incluidos dentro de un grupo u otro.

Más recientemente, podemos destacar el trabajo de Osherson y Smith (1982) donde la pertenencia a una categoría se define a la manera clásica, si bien con ciertos diagnósticos parciales, de forma que pueda determinarse diferente grado de tipicidad a los objetos. El hecho de incluir la tipicidad es una novedad importante ya que, desde a perspectiva clásica, no existe distinción entre los ejemplares que forman una categoría; en efecto, todos ellos son igualmente representativos puesto que todos cumplen con los requisitos necesarios para estar incluidos en el grupo. Por tanto, y desde este punto de vista, dentro de la categoría *mueble* todos los ejemplares que se nos ocurran serán igualmente representativos (silla, mesa, taburete, etc.) de esa categoría.

Si imaginamos, volviendo a nuestro ejemplo, la categoría puerta abierta y la categoría puerta cerrada, todos los ángulos posibles entre la hoja y el marco (digamos que entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ ) se consideran igualmente representativos de su categoría no existiendo, en consecuencia, ningún tipo de ordenación entre ellos. Tal y como puede apreciarse en la Figura 11, desde el punto de vista clásico una puerta con  $180^\circ$  grados de apertura es equivalente a una puerta con  $91^\circ$

de distancia hoja/marco (asumimos, como se recordará, que  $90^\circ$  marca la frontera entre las dos categorías) y ambas cumplen con las condiciones necesarias para ser consideradas como pertenecientes a la categoría puerta abierta. Este es, en cierta manera, el origen de las principales críticas recibidas por esta teoría.



**Figura 11** Categoría puerta cerrada/abierta en la perspectiva clásica

Estas críticas recibidas (Sutcliffe, 1993) se refieren a hechos tales como errores al especificar las características que definen un concepto (Wittgenstein, 1953), no poder dar cuenta de los diferentes grados de tipicidad de los ejemplares ni explicar las características de ejemplares confusos y poco claros (McNamara y Sternberg, 1983) —que pueden pertenecer a diferentes categorías, Hampton (1993, 1979)— o de los ejemplares disyuntivos (que pertenecer a una o a otra categoría indistintamente). Existen, además, diferentes evidencias empíricas en su contra (Smith y Medin, 1981, capítulo 3) como los efectos de tipicidad encontrados por Rosch (1973), el parecido familiar (Rosch y Mervis, 1975), el uso de características no necesarias (Rips, Shoben y Smith, 1973) y los errores en la predicción de conceptos anidados (Loftus y Shell, 1971).

Estas críticas —que surgen como consecuencia del enfoque teórico del prototipo— han sido rebatidas por Sutcliffe (1993) afirmando que el hecho de no poder articular las condiciones de pertenencia no significa que éstas no existan, que falsas creencias sobre los miembros de las categorías formadas a partir de su similitud pueden producir los efectos de bondad de ejemplar y que la incertidumbre de la categorización no equivale a límites confusos.

La teoría clásica ha derivado en la posición realista en la que se postula que la existencia del mundo y de los objetos que en él existen es independiente de nuestro conocimiento y del participante (Sutcliffe, 1993), punto de vista compartido, como veremos, por la teoría racional de Anderson (1990).

No obstante, y además de las citadas influencias, el diseño experimental de Hull se ha venido repitiendo hasta nuestros días y se ha convertido en el modo estándar de proceder a la hora de estudiar experimentalmente las categorías y la categorización. Este procedimiento puede resumirse en los siguientes pasos:

- 1º El participante del experimento no conoce el concepto, es decir, lo que define al grupo de estímulos, las categorías y debe descubrirlo.
- 2º La tarea puede consistir en la discriminación de dos categorías.
- 3º El experimentador le ofrece una serie de estímulos que el participante debe clasificar dentro de la categoría correspondiente.
- 4º Se ofrece retroalimentación al participante tras cada respuesta. El procedimiento se repite hasta que las respuestas del participante han llegado a cierto nivel de aciertos.
- 5º Al participante se le ofrece un nuevo conjunto de estímulos (sin proporcionarle retroalimentación) que debe clasificar.
- 6º Se estudian las respuestas del participante. Las de la primera fase (particularmente si se han establecido distintos grupos de entrenamiento) pero especialmente las de la segunda.

Este procedimiento tiene como principal defecto el de estudiar una categorización que difiere de la natural en algunos puntos como son el que los participantes deban enfrentarse a estímulos contruados de forma totalmente arbitraria por el experimentador o el hecho de que los participantes deban aprender a discriminar entre dos categorías en un periodo de tiempo muy corto.

En resumen, la posición clásica trata a todos los componentes de idéntica forma, un hecho que se vio refutado por los resultados de estudios realizados desde la teoría de prototipos. La principal aportación de esta perspectiva es, por un lado, la de establecer un marco de investigación a partir de las investigaciones realizadas por Hull (1920) y, por otro lado, la consideración de las características empíricas de los estímulos presentados para explicar la categorización, es decir, una explicación basada en las propiedades de los estímulos.



## La importancia del prototipo

La teoría del prototipo adquiere relevancia a partir de diferentes trabajos experimentales y otros basados en el estudio de las categorías naturales. Entre los primeros se suele citar a Posner y Keele (1968, 1970), a Franks y Bransford (1971) y a Reed (1972) y entre los segundos principalmente a Rosch (1975, 1973).

En el trabajo de Franks y Bransford, por ejemplo, se utilizan figuras geométricas, combinadas con colores, que varían en su grado de transformación —siguiendo cierto criterio o totalmente arbitrarias— respecto a un patrón original (el prototipo de cada categoría, aquí llamado base). La tarea de los participantes, tras una fase de adquisición, consistía en reconocer los ejemplares que se les presentaban como nuevos o como ya vistos. Los resultados del estudio mostraron que los participantes reconocían mejor la base que el resto de ejemplares, que cuanto más se alejaban los ejemplares de la base más errores se cometían en la fase de reconocimiento y que los participantes podían discriminar las transformaciones válidas de las inválidas a partir de la base.

La idea central del modelo de prototipo, puesta a prueba en el experimento anterior, es que los participantes no pueden manejar toda la información proporcionada por los ejemplares y las categorías, de forma que tienen que resumir ésta en unos puntos centrales que la sintetice, este punto central es el prototipo.

Pero el modelo de prototipo también establece las características del resto de ejemplares de la categoría, todos ellos varían en su grado de tipicidad y no comparten necesariamente las mismas características (por ejemplo, existe una gran diferencia entre Gorrión y Avestruz aunque se encuentren dentro de la categoría *Ave*). Este supuesto se verá confirmado en las categorías naturales —categorías elaboradas por una comunidad y por los individuos que las emplean y compuestas por características mucho más complejas que los atributos perceptivos de los estímulos usados en los experimentos— por los estudios de Rosch. Examinemos brevemente las principales aportaciones de esta investigadora.

En primer lugar, los principios en los que Rosch basa la categorización humana son dos: (1) la economía cognitiva, (2) la estructura intrínseca del mundo. Estos dos principios conllevan que

con el mínimo esfuerzo cognitivo se pueda acceder a la mayor cantidad de información posible si nuestras categorías se corresponden con las del mundo que percibimos (Rosch, 1978). El primero de ellos se refiere a la utilidad de la categorización —su capacidad de síntesis desde las infinitas diferencias entre estímulos a proporciones manejables—. El segundo parte de una estructura correlacional del mundo (Garner, 1974, 1978). El observador percibe en los objetos una serie de características que tienden a presentarse conjuntamente por lo que los agrupa en función de la covariación de esas características tendiendo las categorías, por tanto, a reflejar esa estructura percibida. Categorizar no es más que juzgar similar el estímulo dentro de la categoría así como juzgarlo diferente de los estímulos de las otras categorías (Rosch, 1978).

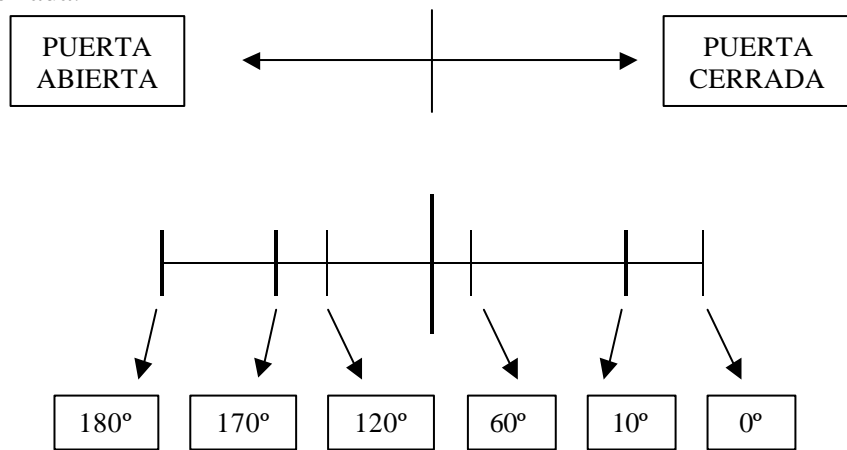
Además, Rosch distingue tres tipos de categorías según su grado de abstracción (Rosch et al., 1976): (1) Categorías supraordinadas, en las que se sitúan las categorías básicas agrupadas. (2) Categorías básicas, en las que se sitúan los objetos del mundo percibido que se agrupan reflejando la estructura correlacional del entorno. (3) Categorías subordinadas, categorías resultado de un proceso de subdivisión de las categorías básicas.

En cuanto a la tipicidad (o parecido familiar en la obra de Rosch), Rosch fue quien primero aportó evidencia empírica respecto a la organización prototípica de las categorías naturales y artefactuales (Peraíta y González Labra, 1995) siendo sus experimentos con categorías naturales la confirmación de los de Franks y Bradford (1971). Así, las categorías naturales se encuentran internamente estructuradas en un prototipo (Rosch, 1975) y los ejemplares de una categoría tendrían un orden determinado; desde el peor ejemplar hasta el que mejor representa a la categoría (el prototipo). Además, los mejores ejemplares pueden servir como punto de referencia al emitir un juicio en relación con otros ejemplares de otra categoría. Estas conclusiones se derivan tanto de estudios del color con tribus de Indonesia (Rosch, 1973) o los estudios evolutivos realizados posteriormente (Bornstein, 1981).

Por tanto, las categorías se forman en torno a un ejemplar especial —prototipo— el cual es utilizado para categorizar un objeto. A mayor facilidad para ser incluido en ella, mayor es su tipicidad. La similitud entre un ejemplar y el prototipo puede ser calculada de distinta forma

pero, por ahora, podemos afirmar que es igual a la suma de las diferencias entre el ejemplar y el prototipo en cada una de las dimensiones.

Como podemos apreciar en la Figura 12, y considerando el prototipo de cada categoría como el grado extremo de distancia entre la hoja y el marco, los diferentes ángulos podrían ordenarse en una línea en cuyos extremos se situarían los prototipos. El valor de  $60^\circ$  que vemos en la figura difiere del prototipo de puerta cerrada en  $60^\circ$  (es decir,  $|60^\circ - 0^\circ|$ ), mientras que difiere del prototipo de puerta abierta en  $120^\circ$  ( $|60^\circ - 180^\circ|$ ) por lo que se le asigna a la categoría de puerta cerrada.



**Figura 12** Categoría puerta cerrada/ abierta en el modelo de prototipo

A lo largo del tiempo, los modelos de prototipo han ido incorporando otros supuestos para dar cuenta de ciertos resultados experimentales que sí podían ser explicados desde otras teorías (como la de ejemplares) por lo que en la actualidad el número de modelos distintos que han sido puestos a prueba son muy variados. Siguiendo a Smith y Minda (2000) en su reciente revisión, pueden distinguirse los que a continuación detallamos.

El modelo de prototipo aditivo, es decir, el considerado hasta este momento, en el que la similitud entre el ejemplar que se presenta es la suma de la similitud del objeto respecto al prototipo en cada una de las dimensiones que lo forman (Medin, Dewey y Murphy, 1983).

Por ejemplo, si los estímulos están formados por tres dimensiones  $A$ ,  $B$  y  $C$  con dos valores posibles en cada una de ellas (0 y 1) y están

divididos en dos categorías  $Y$  y  $Z$  —el ejemplar  $(0, 0, 0)$  el prototipo de la primera y el ejemplar  $(1, 1, 1)$  el prototipo de la segunda— el ejemplar  $(1, 1, 0)$  será clasificado dentro de la categoría  $Z$  ya que comparte más atributos (o es más similar) con el prototipo de esa categoría. Ahora bien, dando por supuesto que las tres dimensiones que forman el estímulo son de igual importancia a la hora de efectuar la comparación, es decir, tienen el mismo peso.

El modelo matemático tendría la siguiente forma:

$$s = w_a a + w_b b + w_c c \quad [62]$$

Donde  $s$  es la similitud entre el ejemplar y el prototipo,  $w_i$  es el peso de la dimensión y  $a, b, c$  son el grado de similitud entre el ejemplar y el prototipo en esa dimensión (Reed, 1972). Además de los parámetros mencionados, el modelo puede incorporar otros (Smith y Minda, 2000).

Los problemas de este modelo determinan la elaboración de uno de mayor complejidad en el que se intenta que queden reflejados la mejora de los resultados durante la fase de aprendizaje o la relación no lineal entre la similitud psicológica y la distancia entre estímulos.

Modelo de prototipo multiplicativo (Nosofsky, 1987, 1991, 1992; Shin y Nosofsky, 1992; también, aunque de modo cualitativo, en Dopkins y Gleason, 1997), en el que se incorporan nuevos parámetros que permiten la relación exponencial decreciente entre similitud y distancia y mayor sensibilidad al proceso de aprendizaje. En este caso, se calcula la distancia entre el prototipo y el ejemplar de forma similar a la anterior, pero añadiendo nuevos parámetros;

$$d_{iP} = c \left[ \sum_{k=1}^N w_k |x_{ik} - P_k| \right] \quad [63]$$

Donde  $x_{ik}$  y  $P_k$  son la diferencia entre el prototipo y el ejemplar en la dimensión  $k$ ,  $w_k$  el peso atencional de las dimensiones,  $c$  un parámetro libre de sensibilidad y  $N$  el número de dimensiones.

La similitud ( $s_{iP}$ ) es igual a

$$s_{iP} = e^{-d_{iP}} \quad [64]$$

La probabilidad de que un ejemplar sea asignado a una categoría es el cociente entre la similitud a un prototipo y la suma de la similitud a los dos prototipos;

$$P(R_A/S_i) = \frac{s_{iPA}}{s_{iPA} + s_{iPB}} \quad [65]$$

La principal característica de este modelo es que incrementa el porcentaje de aciertos estimados así como la similitud entre el ejemplar y el prototipo de su propia categoría y la diferencia entre el ejemplar y el prototipo de la contraria. No obstante, para predecir un mayor acierto de los participantes con los estímulos ya vistos (y para predecir mejor los resultados obtenidos con cierto tipo de estructura estimular) es posible crear un modelo con diferente sensibilidad para los ítems.

El modelo de prototipo multiplicativo con doble sensibilidad (Smith y Minda, 2000) responde a esta cuestión otorgando a la distancia entre el estímulo y el prototipo un parámetro de sensibilidad diferente según el tipo de estímulo. Matemáticamente, el modelo no es más que el cálculo de la misma expresión —la fórmula 63—pero con distinto parámetro  $c$  según el estímulo sea nuevo o antiguo. En el resto de cálculos se procede de la misma forma que en el modelo anterior.

El modelo de prototipo con memorización de ejemplares (Medin et al., 1983; Medin y Smith, 1981, capítulo 7), que parte del supuesto que los participantes o bien memorizan parcialmente los ejemplares ya vistos, o bien comparan el ejemplar que se les presenta con el prototipo —de forma aditiva— o bien asignan aleatoriamente el ejemplar presentado; el modelo intenta estimar en qué medida se producen cada uno de estos procesos. Este modelo ha sido recientemente reformulado (Minda y Smith, 2001).

Matemáticamente, el modelo se expresaría de la siguiente forma,

$$P(R_A/S_i) = \frac{g}{2} + s + p \left( \frac{s_{iPA}}{s_{iPA} + s_{iPB}} \right) \quad [66]$$

Siendo  $g$  el parámetro de asignación aleatoria,  $s$  el uso de información específica de los ejemplares y  $p$  el uso del prototipo.

El modelo de conjunto (coro) de prototipos (Edelman, 1995). En este modelo cada una de las dimensiones del objeto es comparada con

su prototipo. Así, si el objeto es un coche, las ruedas, la carrocería, el número de asientos son comparados con sus respectivos prototipos (de rueda de coche, de carrocería,..) y calculada su similitud.

Los modelos anteriormente descritos —salvo el aditivo— incorporan diferentes expresiones en función del tipo de estímulo y la relación distancia-similitud (Nosofsky, 1986). Así, si están compuestos de dimensiones separables o analizables, el valor  $t$  de la será igual a 1, mientras que si los estímulos están formados por dimensiones integrales, este valor será igual a 2 (al primer tipo de métrica se le denomina de *city-block* (o Manhattan) y al segundo euclídeo).

$$d_{iP} = c \left[ \sum_{k=1}^N w_k |x_{ik} - P_k|^t \right]^{1/t} \quad [67]$$

También pueden formularse otros supuestos sobre la relación entre la distancia entre los estímulos y la similitud —específicamente sobre la discriminación entre estímulos—, de forma que el valor  $r$  de la expresión 68 será igual a 1 si se asume que el espacio tiene una forma exponencial y tomará un valor de 2 si se asume gaussiano (el primero de ellos se utiliza con estímulos claramente discriminables y el segundo para estímulos confusos). Así, el primero corresponde a una gran disminución en la similitud cuando aumenta la distancia y el segundo a un decremento menos pronunciado.

$$s_{iP} = e^{-d^r_{iP}} \quad [68]$$

Estos supuestos fueron desarrollados por la teoría de ejemplares (en realidad, todos los modelos salvo el primero y el último utilizan la estructura matemática procedentes de esta teoría) como veremos en el siguiente apartado.

Por último debemos mencionar que, en fechas recientes, Spencer y Hund (2002) y Huttenlocher, Hedges y Duncan, (1991), han creado un modelo en el que se resalta la importancia del centro de la categoría en la categorización de distancias. De este modelo nos ocuparemos más adelante, ya que se trata de un modelo más centrado en el proceso de adquisición de las categorías.

Hasta aquí los diferentes modelos matemáticos y teóricos propuestos dentro de la teoría de prototipo. Las evidencias experimentales, sin embargo, dejaron de apoyar a esta teoría en favor de la teoría de ejemplares. En efecto, pese al éxito alcanzado en los estudios de campo, esta teoría no se ha visto apoyada por datos de laboratorio (aunque por motivos tal vez ajenos a su validez real) y ha recibido una serie de críticas que exponemos a continuación.

Uno de los problemas más graves a los que tradicionalmente se ha enfrentado esta teoría es que, si se mantiene constante el ejemplar prototípico y se varían otras características de la categoría —como, por ejemplo, la frecuencia de presentación y el tamaño categorial (Homa y Cultice, 1984; Homa, Dunbar y Nohre 1991) o la fase de aprendizaje (Homa, Sterling y Trepel, 1981)—, el modelo pronostica las mismas respuestas al efectuar la comparación ejemplar y prototipo.

Por otra parte, recordemos que la relevancia del prototipo —pese a los estudios de finales de los 60— fue motivada por los estudios de Rosch, estudios basados en las categorías naturales. Así, estas categorías se caracterizan por estar compuestas por gran cantidad de ejemplares, muy al contrario que las creadas en laboratorio —en las que solo logra explicar el efecto de prototipo, más que conseguir evidencia directa a favor del modelo (Estes, 1986a)— por lo que parece factible pensar que tal vez estas últimas no reflejan con propiedad la categorización humana. El argumento centrado en la poca validez de los estudios experimentales es esgrimido por diferentes autores (Smith y Minda, 1998).

Finalmente, también podría aducirse que únicamente las categorías naturales se estructuran en torno a un prototipo debido a su complejidad o que las características de los estímulos empleados en laboratorio —como los formados por un semicírculo con un radio dibujado en el interior— son las que impiden a los participantes categorizar según el prototipo de las categorías. Sin embargo, en estos estudios se intenta reflejar la complejidad real mediante diversos recursos tales como el establecimiento de categorías de límites mal definidos, categorías en las que no es obvio qué dimensión caracteriza a la categoría y en las que variedad de miembros potenciales es infinita (Neisser, 1967).

En cuanto a las categorías naturales, la teoría de prototipo también presenta algunos problemas (Hampton, 1993) tales como los

conceptos complejos ya que ¿cómo combinar dos prototipos referidos a dos categorías distintas? Así, la categoría *ave doméstica* —con su propio prototipo, por ejemplo, el Periquito— está formada por dos categorías como son la de *ave* y la de *animal doméstico* y, sin embargo, lo que podemos afirmar de *ave doméstica* —como que viven en jaulas— puede no ser válido ni para las aves ni para los animales domésticos. Además, algunos trabajos con categorías naturales indican que la teoría de prototipo podría tener problemas a la hora de explicar ciertos resultados cuando las variables predichas son el tiempo de categorización o la tipicidad (Storms, De Boeck y Ruts, 2000).

El segundo de los problemas, las restricciones del modelo, se refiere a la excesiva generalidad de las teorías de prototipo ya que, por ejemplo, ¿cuál es el mecanismo que opera con los pesos asignados a los atributos? Estos pesos, también presentes en otras teorías, podrían reflejar las teorías causales de los participantes o reflejar la estructura de la realidad, etc. Además, las personas poseen creencias firmes en la existencia de definiciones suficientes y necesarias a pesar de que no puedan articularlas (McNamara y Sternberg, 1983).

Un problema aparte lo constituye la similitud, problema del que nos ocuparemos más adelante ya que afecta igualmente a la teoría de ejemplares. Finalmente, la existencia de la tipicidad no necesariamente significa que no existan las características definitorias ya que pueden obtenerse juicios de tipicidad a partir de conjuntos claramente definidos (Amstrong, Gleitman y Gleitman, 1983). También se han efectuado intentos de estudiar los prototipos con nuevas técnicas tales como dibujar el prototipo en cada ensayo para observar su evolución (Busemeyer y Myung, 1988) sin demasiado éxito.

En resumen, la teoría de prototipo supuso, principalmente, una nueva forma de entender el proceso de categorización caracterizándolo como un proceso en el que los componentes de las categorías no deben cumplir rígidamente con ciertas reglas. La teoría se ha visto en problemas a la hora de explicar ciertos resultados experimentales por lo que ha debido transformarse incorporando supuestos de otras teorías y modelos que provocan la formulación de nuevas variaciones de este marco teórico (Minda y Smith, 2001; Smith y Minda, 1998). El enfoque que más ha influido en esta



transformación, debido a los buenos resultados obtenidos, es la teoría de ejemplares que, al igual que la de prototipo, basa la categorización de ejemplares en la similitud si bien no en la similitud al prototipo de la categoría sino a todos los ejemplares vistos por el participante.

## El papel de los ejemplares

Tal y como hemos visto en la sección anterior, el modelo de prototipo fue incapaz de explicar un buen número de resultados experimentales. El autor del modelo que prácticamente sustituyó al del prototipo fue R. M. Nosofsky; él es el creador del llamado GCM (*Generalized Context Model*) a partir de los trabajos de Medin y Schaffer (1978), de Shepard (Shepard, 1987; Shepard y Chang, 1963; Shepard, Hovland y Jenkins, 1961) y de Luce (1963).

El primer modelo de ejemplares, no obstante, es el creado por Medin y Schaffer (1978) siendo el que establece los supuestos básicos de este marco teórico. En este trabajo se pretende explicar el aprendizaje clasificatorio basándose en una teoría de aprendizaje discriminativo de Medin (1975) a partir de la relación establecida por el participante entre el estímulo presentado y los ejemplares ya vistos de ahí su nombre, *Context Model* (CM).

La idea principal es que la categorización está basada en la recuperación de información almacenada sobre ejemplares vistos con anterioridad, siendo el estímulo la clave de esa recuperación sin que ninguna otra información categorial pueda influir en los juicios salvo la específica del ítem. Así, la información de los ejemplares puede ser incompleta y la salencia de la información de las dimensiones alternativas puede diferir considerablemente en función de la atención que se les preste, ello provoca cambios en los parámetros de similitud de las dimensiones. La probabilidad de clasificar un ejemplar en cierta categoría será mayor cuando aumente la similitud del ejemplar con los ejemplares almacenados de esa categoría y será menor cuando aumente la similitud del ejemplar con los ejemplares asociados a las otras categorías.

Matemáticamente, la semejanza entre dos estímulos en una dimensión puede ser representada por parámetros de similitud cuyos valores oscilan entre 0 y 1, siendo 1 la máxima similitud. Para

determinar la similitud total de los dos estímulos se multiplican las diferentes claves dimensionales. Si el participante pierde información, ello aumenta el valor de los parámetros de similitud y una pérdida de distintividad. Por ejemplo, si los estímulos están formados por dos dimensiones (color — $c$ — y forma — $f$ —) y se dividen en dos categorías ( $Y$  y  $Z$ ), la probabilidad de clasificar un ejemplar  $i$  en la categoría  $Y$  será igual a

$$P(R_y/S_i) = \frac{s_{iEY}}{s_{iEY} + s_{iEZ}} \quad [69]$$

Donde  $s_{iEY}$  es la similitud entre el ejemplar  $i$  y todos los ejemplares de la categoría  $Y$ , mientras que  $s_{iEZ}$  es la similitud entre el ejemplar  $i$  y todos los ejemplares de la categoría  $Z$ . Esta similitud es la suma de la similitud entre el ejemplar  $i$  y cada uno de los ejemplares, la similitud entre dos ejemplares se calcularía mediante la siguiente expresión

$$s_{ij} = cf \quad [70]$$

Donde  $c$  y  $f$  son los parámetros de similitud entre los ejemplares  $i$  y  $j$  en la dimensión color y forma, respectivamente.

De esta manera, el modelo pronostica que si dos estímulos son completamente iguales su similitud será igual a 1 (ya que  $c = 1$  y  $f = 1$ ). Si, en cambio, la similitud no es máxima en ambas dimensiones y toma un valor intermedio, la similitud entre los dos estímulos será  $s_{ij} = 0,25$  ( $c = 0,5$  y  $f = 0,5$ ), finalmente si son muy similares en una dimensión y poco en otra,  $c = 0,2$  y  $f = 0,9$ , la similitud final quedará por debajo de la anterior ( $s_{ij} = 0,18$ ) por lo que dos estímulos con valores dimensionales intermedios deben ser evaluados como más similares que dos ejemplares con valores extremos opuestos en cada dimensión. Esto puede ser más o menos razonable, sin embargo, llevado al extremo resulta poco plausible ya que dos ejemplares con máxima similitud en una dimensión (es decir, 1) y mínima en la otra (igual a 0) serán evaluados según el modelo como totalmente distintos, en otras palabras con similitud igual a 0; el hecho de ser completamente distintos en la otra dimensión no debería llegar a anular la similitud existente en la otra. Además, el valor de estos parámetros se ve alterado por la atención prestada a cada dimensión, tal y como hemos afirmado más arriba, pero no existe una distinción

entre atención y similitud ya que en el valor del parámetro se incluye a la similitud y la alteración que sufre ésta debido a la atención.

A pesar de los problemas anteriores, el modelo de Medin y Schaffer fue aplicado con éxito frente al de prototipo en los años posteriores (Busemeyer, Dewey y Medin, 1984; Medin, Altom y Murphy, 1984; Medin, Altom, Edelson y Freko, 1982; Medin, et al., 1983) hasta que surgió el siguiente, y de alguna forma definitivo, modelo de ejemplares. En efecto, a mediados de la década de los 80 Nosofsky (Nosofsky, 1984, 1986, 1987) da a conocer el modelo de contexto generalizado (GCM). Este modelo, como su nombre indica es una generalización del modelo de Medin y Schaffer.

El GCM incorpora la distinción entre la similitud y la atención y establece la relación entre identificación y categorización a partir de la relación de ambas con la similitud y la distancia. Así, el modelo parte de los datos obtenidos en una tarea de identificación (que consiste, como dijimos, en la presentación de los estímulos que van a ser categorizados para que el participante identifique los valores de las dimensiones que los forman) y tomando como válida la relación similitud y distancia de Shepard (1957) que —como vimos en el capítulo precedente— es igual a

$$s_{ij} = f(d_{ij}) \quad [71]$$

Donde  $d_{ij}$  es la distancia psicológica entre dos valores y  $f$  es una función monotónica decreciente. La relación entre similitud y probabilidad (Luce, 1963) de respuesta o la probabilidad que la presentación del estímulo  $i$  sea identificado con la respuesta del estímulo  $j$  (el llamado modelo de elección de similitud o SCM, *Similarity Choice Model*),

$$P(R_j/S_i) = \frac{b_j s_{ij}}{\sum_{k=1}^n b_k s_{ik}} \quad [72]$$

En la que  $b_j$  es un parámetro de sesgo. Nosofsky efectúa un escalamiento multidimensional con el fin de obtener el valor psicológico correspondiente a cada valor físico. Con estos valores se calcula la distancia entre ejemplares (el valor de  $t$ , como hemos visto, dependerá del tipo de dimensiones)

$$d_{ij} = c \left[ \sum_{k=1}^N w_k |x_{ik} - x_{jk}|^t \right]^{1/t} \quad [73]$$

Siendo  $x_{ik}$  y  $x_{kj}$  es la diferencia entre 2 ejemplares en la dimensión  $k$ ,  $w_k$  el peso atencional (entre 0 y 1),  $c$  un parámetro libre de sensibilidad que representa la discriminabilidad del espacio psicológico (en realidad añadido un tiempo después, Nosofsky, 1989) y  $N$  el número de dimensiones.

Una vez calculada esta distancia, podemos calcular la similitud con la expresión

$$s_{iP} = e^{-d^r_{ij}} \quad [74]$$

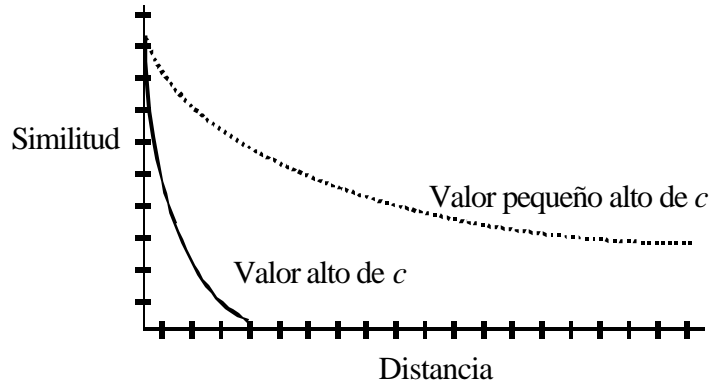
En la que  $r$  depende del tipo de estímulos empleados y puede ser igual a 1 o a 2 según la discriminación de los estímulos, si son confusos  $r = 2$  y si son distinguibles  $r = 1$  (Garner, 1974); aunque otros autores (Shepard, 1986; Shepard, 1988) recomiendan la utilización de un  $r$  igual a 1 en el caso que los participantes tengan mucha práctica. Como se dijo,  $r = 1$  corresponde a una gran disminución en la similitud cuando aumenta la distancia y  $r = 2$  a un decremento menos pronunciado.

En realidad, la utilización de uno u otro valor de  $r$  fue motivo de polémica (Ennis 1988; Nosofsky, 1988; Shepard, 1988) llegándose a la conclusión general que la similitud total entre ejemplares reflejaba dos componentes, una distribución gaussiana de dispersión para cada ejemplar y una función de similitud exponencial. Si los estímulos no eran discriminables, el ruido "gaussiano" disminuye la similitud. Es decir,  $r = 1$  equivale a una distribución exponencial mientras que  $r = 2$  equivale a una distribución gaussiana.

Además, en torno al valor de  $r$  también se ha propuesto un modelo de redes discutido por el propio Shepard (Shepard, 1990; Staddon y Reid, 1990).

Volviendo a la fórmula de la similitud y la distancia, puede observar que la  $d$  es multiplicada por  $c$ , donde  $c$  es un nuevo parámetro (llamado de sensibilidad) referido a la forma de la escala que determina la velocidad con la que la similitud disminuye al

aumentar la distancia (a mayor valor de  $c$ , mayor pendiente de la curva).



**Figura 13** Relación entre la similitud y la distancia entre estímulos según el valor de  $c$

Una vez conocida la similitud entre los estímulos podemos predecir la probabilidad de su categorización a partir de la expresión 69 a la que se añade un parámetro  $b_j$  de sesgo hacia la respuesta de la categoría  $j$ , resultando la expresión

$$P(R_A/S_i) = \frac{b_j s_{iEA}}{b_j s_{iEA} + (1 - b_j) s_{iEB}} \quad [75]$$

Donde  $s_{iEA}$  es la similitud entre el ejemplar  $i$  y todos los ejemplares de la categoría  $A$ , mientras que  $s_{iEB}$  es la similitud entre el ejemplar  $i$  y todos los ejemplares de la categoría  $B$ . Como es obvio, Nosofsky parte de que identificación y categorización están relacionadas y de la importancia de la atención —tomada de Shepard (Shepard, 1987; Shepard y Chang, 1963; Shepard, Hovland y Jenkins, 1961)— en el segundo de los procesos; los parámetros que la representan ( $w_k$ ) tenderán a alcanzar valores máximos para, a su vez, maximizar la categorización.

Así, aunque el GCM parte de los mismos supuestos generales que el CM, establece la distinción entre los pesos atencionales y los valores psicológicos de las dimensiones. En efecto, Nosofsky parte de la hipótesis que la atención selectiva provoca que la percepción de la estructura del espacio psicológico se altere con los consiguientes cambios en las relaciones de similitud. Esta alteración provoca que la

dimensión a la que se presta atención se perciba como “alargada en el espacio psicológico”, es decir, que las diferencias entre dos estímulos en la dimensión en la que se centra la atención se percibe como mayores que las diferencias en la dimensión a la que se presta una menor atención. Por ejemplo, si a la hora de clasificar un vehículo nos fijamos en el número de ruedas, las diferencias en el número de asientos serán menos importantes que las diferencias en el número de ruedas.

La atención, por tanto, se adapta a la estructura de los estímulos percibidos para optimizar la clasificación, pero afirmar que la atención depende de la estructura de los estímulos y que varía en función de ellos para optimizar la clasificación ante esos estímulos parece algo tautológico, de hecho, ¿qué es lo que hace que varíe la atención hacia unas dimensiones y no otras? Si la respuesta es la estructura de los estímulos ¿cómo se puede modificar esa estructura para alterar la atención? Si se afirma que la estructura de los estímulos provoca que la atención tome unos valores óptimos ¿qué estructuras son exactamente?

El problema de la atención es que parece ser explicada totalmente *a posteriori* ya que cualquier valor atencional, obtenido por cualquier participante en cualquier tarea, puede ser tomado como el óptimo, sin que ello nos permita saber la razón de por qué ocurre. De hecho, está comprobado que los participantes pueden alterar los pesos dimensionales (Lamberts y Chong, 1994; Melara, Marks y Lesko, 1992).

Como afirma Quine (1977) refiriéndose a la similitud, si ésta depende de la importancia otorgada a cada atributo (atención) y esa importancia cambia en función del contexto y la tarea experimental, entonces la similitud puede ser explicada de muchas formas. Las críticas dirigidas a la similitud (por tanto, también al modelo de prototipo) las veremos en detalle más adelante.

El problema de la atención ha sido abordado recientemente por Minda y Smith, (2002) llegando a la conclusión de que con el constructo de atención no es posible explicar los resultados obtenidos con la estructura de estímulos 5/4 (explicada líneas abajo). Al margen de estas consideraciones, existen otras de orden metodológico y relacionadas con sus supuestos que veremos de forma más detallada en la última parte de esta sección.

El GCM ha sido aplicado con éxito a lo largo de diferentes trabajos, bien contraponiéndolo al modelo de prototipo (Palmeri y Nosofsky, 2001; Shin y Nosofsky, 1992), al GRT de Ashby (Nosofsky, 1989) —modelo del que hablaremos en la próxima sección— o a modelos de regla (Nosofsky, 1991; Nosofsky, Palmeri y McKinley, 1994), bien ampliándolo para predecir reconocimiento o tipicidad (Nosofsky, 1988; Nosofsky y Zaki, 2003) —que presenta ciertos problemas ya que los participantes reconocen mejor los prototipos pese a que el modelo no asume que se almacene ningún tipo de información de la tendencia central (Hayes-Roth y Hayes-Roth, 1977; Metcalfe y Fisher, 1986)—, añadiendo nuevos parámetros —como el exponente gamma introducido en el dividendo y el divisor de la expresión 72 para casos en que los participantes poseen gran experiencia (McKinley y Nosofsky, 1995)— o cambiando la naturaleza de su categorización de probabilística a determinista (McKinley y Nosofsky, 1995; McKinley y Nosofsky, 1996; Nosofsky, 1991b) y también para predecir la categorización con tiempo limitado (Cohen y Nosofsky, 2000; Nosofsky, R. M. y Alfonso-Reese, 1999; Nosofsky y Palmeri, 1997) en el que básicamente el acceso a cierto ejemplar depende de la similitud y es únicamente aplicable a estímulos formados por dimensiones integrales.

Una derivación interesante es la aplicación del modelo a un nuevo tipo de categorización: la categorización mediante cadenas de ejemplares (Heit, 1992). Este tipo de categorización consiste básicamente en efectuar comparaciones del ejemplar que se presenta con los ejemplares almacenados de forma secuencial (si queremos saber si *A* pertenece a la categoría *X*, evaluamos la similitud de *A* con respecto a *B* y de *B* con respecto a *C* perteneciendo ésta última a la categoría *A* en cuestión).

En fechas recientes, se ha aplicado el modelo de ejemplares al reconocimiento de caras y colores (Zaki y Nosofsky, 2001) en el que se pone de manifiesto que el modelo debe ser refinado si se quiere aplicar a estímulos complejos (en este caso, rostros humanos).

Finalmente, podemos resaltar una nueva vuelta de tuerca en torno a la polémica entre prototipo y ejemplares (Palmeri y Nosofsky, 2001) —motivada principalmente por el trabajo de McLaren, Bennet, Guttman-Nahir, Kim y Mackintosh (1995), donde se plantea un posible fallo del CGM y la relación entre la categorización y los

procesos de asociación E-R— en la que se establece la distinción entre prototipos como los ejemplares situados en el centro de la categoría y el prototipo como ejemplar situado en una posición extrema de la categoría (es decir, como en nuestro ejemplo de la puerta). El modelo de ejemplares puede predecir los resultados asociados con el último tipo pero no con el primero.

Al margen de las modificaciones propuestas por su autor, otros autores toman el modelo y lo amplían de distintas formas. Uno de ellos es Lamberts (1994) con su modelo WRM (*Weighted Ratio Model*). Este modelo es prácticamente idéntico al de Nosofsky salvo que, a la hora de calcular la similitud, este autor afirma que no debe tenerse en cuenta tanto las características no compartidas por los ejemplares como las características que tienen en común.

Matemáticamente, la similitud entre dos ejemplares sería

$$S_{ij} = \frac{(1-t) \sum_{p=1}^p w_p (1 - |x_{ip} - x_{jp}|)}{\sum_{p=1}^p w_p (1 - |x_{ip} - x_{jp}|) + t \sum_{p=1}^p w_p |x_{ip} - x_{jp}|} \quad [76]$$

Donde  $t$  varía entre 0 y 1, siendo el peso relativo de los elementos comunes y distintivos de las dos representaciones y  $w_p$  es el peso de la dimensión  $p$  (su valor oscila entre 0 y 1). El sumatorio del numerador corresponde a las características comunes, mientras que la segunda parte del denominador corresponde a las características en las que difiere los estímulos. En la expresión apreciamos que la similitud depende por un lado de las características comunes entre los estímulos y por otro por las características en las que difieren; a mayor número de características en las que difieren, menor similitud.

El modelo de Lamberts pretende que la relación entre las características compartidas y la similitud entre estímulos sea más flexible ya que no solo tiene en cuenta los rasgos en los que difieren los ejemplares y son las características comunes las que permiten la generalización. De hecho, el propio Lamberts se ha encargado de ampliar el modelo en el contexto de la clasificación con tiempo limitado (Lamberts, 1995, 1998, 2000, Lamberts y Freeman, 1999) en el que se distinguen dos etapas: una puramente perceptiva y otra de



decisión, a diferencia del modelo propuesto por Nosofsky para dar cuenta del mismo fenómeno.

Otro de los autores que ha creado su propio modelo de ejemplares es Estes (Estes, Campbell, Hatsopoulos y Hurwitz, 1989) en el que en cada ensayo el ejemplar presentado es almacenado en memoria con una probabilidad asociada. La probabilidad que un patrón  $x$  sea clasificado en la categoría  $A$  es igual a la suma de la similitud de  $x$  con todos los ejemplares vistos de la categoría  $A$  dividida por la suma de la similitud entre  $x$  y todos los ejemplares almacenados, tanto de la categoría  $A$  como de la categoría  $B$ , es decir, la fórmula 75. La similitud en este modelo es calculada mediante la siguiente expresión

$$s(x, a) = \prod_m S_k^{d_m(x, a)} \quad [77]$$

La expresión es una extensión del modelo de ejemplares de Medin y Schaffer (1978) en la que  $S_k$  es un parámetro libre que refleja la correspondencia de los valores de la dimensión  $m$  y que varía de 0 a 1, mientras que  $d_m(x, a)$  es un indicador de la variable (igual a 1 si  $x$  y  $a$  poseen valores coincidentes en la dimensión  $m$ , e igual a 0 en cualquier otro caso).

Dentro de los modelos de ejemplar también podemos destacar el modelo de Kruschke (1992). El ALCOVE —*Attention Learning COVERing map*— es la aplicación de la teoría de ejemplares a un modelo conexionista. De hecho el propio Nosofsky lo amplía posteriormente junto con este autor para predecir la clasificación que tiene lugar en la fase de aprendizaje o de práctica (Nosofsky, Kruschke y McKinley, 1992).

El modelo presenta 3 niveles con varios núdulos. El primero de ellos es el nódulo dimensional el cual refleja el nivel de activación de las dimensiones (igual al valor en la escala de ese estímulo). Estos núdulos envían el nivel de activación a los núdulos de ejemplares no sin antes ser alterada por los pesos correspondientes a la atención. Los núdulos ejemplares son activados en función de su similitud (la función de similitud es similar a la de Nosofsky) y están conectados a los núdulos productores del *output* correspondientes a todas las categorías posibles de respuesta, conexión mediada por unos pesos de asociación.

Así, ante un estímulo, los nódulos dimensionales se activan (según el valor del estímulo en la dimensión), los nódulos de ejemplares se activan según la similitud entre estos y el ejemplar mediante los pesos de atención y los nódulos de *output* son estimulados en función de la activación procedente de los nodos de ejemplares y de los pesos de asociación. El modelo incluye un mecanismo de retroalimentación que indica la respuesta correcta al sistema.

Matemáticamente, el modelo es similar a la teoría de ejemplares salvo el mecanismo de retroalimentación. Así, un error es definido como la diferencia entre el *output* del modelo y el valor de la retroalimentación ( $t_k$ ) que es definido como

$$\begin{aligned} & \max(+1, \text{output}) \text{ si el estímulo pertenece a la categoría } K \text{ y} \\ & \min(-1, \text{output}) \text{ si el estímulo no pertenece a la categoría } K. \end{aligned} \quad [78]$$

De esta forma, si un estímulo debe ser clasificado como miembro de cierta categoría ( $K$ ), el *output* correspondiente debe tener una activación de al menos 1, si la activación es mayor que este valor no es considerado como error.

Una vez presentado el ejemplar, la fuerza de asociación es alterada para que el error disminuya, mediante la siguiente regla

$$\Delta w_{kj}^{out} = \lambda_w (t_k - \text{output}) a_j \quad [79]$$

Donde  $a_j$  es la activación de los nodos de ejemplares,  $w_{kj}^{out}$  corresponde a los pesos de asociación y  $\lambda_w$  es una constante de proporcionalidad.

En cuanto a los pesos atencionales, la regla es la siguiente

$$\Delta \alpha_i = -\lambda_\alpha \sum_{a_j} \left[ \sum_{out k} (t_k - \text{output}) w_{kj} \right] s_j c / h_j - a_i^{in} \quad [80]$$

Donde  $\alpha_i$  corresponde a los pesos atencionales,  $\lambda_\alpha$  es una constante de proporcionalidad,  $c$  es una constante positiva,  $h_j$  es la activación de los nódulos de ejemplares mientras que  $a_i^{in}$  es la activación de los nódulos dimensionales.

En resumen, el modelo puede considerarse una traducción casi directa del modelo de ejemplares a un marco conexionista siendo su aportación de mayor importancia es su capacidad de autocorrección.

El modelo ha sufrido algunas modificaciones (Kruschke, 1996) aunque es el modelo original el que se sigue contrastando (Nosofsky y Johansen, 2000).

Para finalizar, nos referiremos a la teoría de la similitud de Ennis (Ennis, Palen y Mullen, 1988a) —ver también Mullen y Ennis (1987) y Ennis y Mullen (1986)— y al trabajo de Zinnes y MacKay (1987 y 1983). En ambos modelos se representa a los estímulos como distribuciones probabilísticas de puntos en un espacio multidimensional (Nosofsky, 1992a).

En cuanto al modelo de Zinnes y MacKay, se basa en la estimación de parámetros de un modelo anterior (Hefner, 1958) en el que cada estímulo está formado por un vector con tantos valores como dimensiones componen el estímulo. Estos valores son extraídos al azar de una distribución normal y de igual varianza y están definidos por un parámetro de localización (media) y otro de dispersión (varianza). El participante, al juzgar la distancia entre dos objetos, selecciona un punto de cada distribución de los estímulos aleatoria e independientemente y calcula la distancia euclídea entre ellos.

En cuanto al modelo de Ennis, la representación de los estímulos es idéntica a la anterior, y la distancia entre estos es calculada mediante la expresión

$$d = \left[ \sum_{k=1}^n |x - y|^{\gamma} \right]^{1/\gamma} \quad [81]$$

Siendo  $\gamma$  un valor mayor o igual a 1. La diferencia entre  $x$  y  $y$  es la diferencia entre los dos estímulos en cada una de las  $n$  dimensiones que los forman.

El modelo establece una distancia entre las medias de las distribuciones (denominada distancia verdadera), que es igual a

$$\delta = \left[ \sum_{k=1}^n |\mu_x - \mu_y|^B \right]^{1/B} \quad [82]$$

Donde  $B$  es mayor o igual a 1. La categorización es igual a

$$P(R_j/S_i) = E \left[ \frac{b_j g(d_{ij})}{\sum_{k=1}^m b_k g(d_{ik})} \right] \quad [83]$$

Donde  $P(R_j/S_i)$  es la probabilidad que el estímulo  $S_i$  cause la respuesta  $R_j$ ,  $b_j$  es un parámetro de sesgo de repuesta que varía entre 0 y 1,  $m$  es el número de estímulos y  $g(d_{ij})$  es la función de similitud-distancia. Esta función, en el caso de estímulos muy similares, es igual a

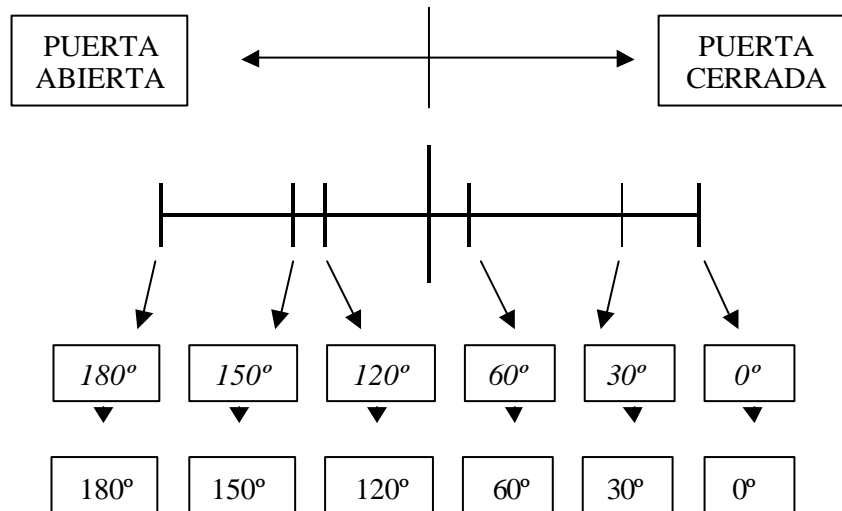
$$f(\boldsymbol{\mu}, V) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\exp[-0,5(z - \boldsymbol{\mu}^*)' V^{-1} (z - \boldsymbol{\mu}^*)]}{(2\pi)^{n/2} |V|^{1/2}} \times \exp(d_{ij}) dz_1, dz_2, \dots, dz_n \quad [84]$$

Donde  $V$  es la matriz de varianzas-covarianzas de las diferencias de los valores psicológicos o  $z$ ,  $\boldsymbol{\mu}^*$  es un vector de diferencias entre las medias de  $x$  e  $y$ , finalmente el símbolo  $'$  representa un vector de filas con  $n$  dimensiones.

Uno de los logros del modelo es establecer la relación entre los resultados de Nososky y Shepard en sus trabajos sobre el gradiente de similitud a la que nos hemos referido más arriba. Así, el gradiente puede adoptar una forma gaussiana incluso si los valores verdaderos son exponenciales.

La principal característica del modelo de Ennis, al igual que la del modelo de Zinnes y MacKay, es la representación de los estímulos como un conjunto posible de valores. Esta forma de representación, se relaciona con la próxima teoría que veremos (la teoría de reconocimiento general) la cual se centra en las áreas que forman las distribuciones de los estímulos pero opera con los límites que las forman.

Dentro del modelo de ejemplares, y siguiendo con nuestro ejemplo, las categorías puerta cerrada y puerta abierta quedarían estructuradas de la siguiente forma:



**Figura 14** *Categoría puerta cerrada / abierta en el modelo de ejemplares*

En la Figura 14 podemos ver —en cursiva— los valores que los participantes atribuyen a los estímulos (tras el escalamiento multidimensional) debajo de los cuales figuran sus correspondientes valores empíricos. Desde la teoría de ejemplares se utilizan los primeros para estimar la distancia a partir de la cual se calcula la similitud entre los ejemplares. De esta forma, la posición en la recta de los objetos que componen las categorías depende de las distancias entre los valores asignados a los estímulos obtenidas a partir en el escalamiento multidimensional.

No obstante, si las distancias obtenidas por los participantes solo se consideran aceptables cuando coinciden con las distancias físicas (ya que de esta forma nos aseguramos que los participantes están percibiendo los estímulos de la misma forma que los ha estructurado el experimentador) —y si dejamos a un lado la relación entre identificación y categorización— ¿qué se consigue con ello? En realidad, y nunca mejor dicho, hemos vuelto a los valores que teníamos al principio, solo que esta vez se les denomina distancia psicológica. En efecto, si a los participantes se les presenta repetidamente los estímulos hasta que logran identificarlos de forma casi perfecta lo único que se ha conseguido es que los valores psicológicos se correspondan con los empíricos. Al margen del uso de

los valores psicológicos o de la atención, otros conceptos plantean problemas.

Efectivamente, existen algunos problemas metodológicos —diseño y procedimiento experimentales— y teóricos —entre ellos el de la similitud que analizaremos posteriormente— que planteamos a continuación.

Los problemas metodológicos se refieren a dos cuestiones. Por un lado, la estructura de estímulos y, por otro lado, a las características de los mismos. En cuanto al primero, la estructura de los estímulos empleada en gran parte de los trabajos es la denominada 5-4 (Nosofsky, 2000; Smith y Minda, 2000; Zaki, Nosofsky, Stanton y Cohen, 2003). En esta estructura, el modelo predice que cierto ejemplar (*A2*) será clasificado mejor que otro —llamado *A1*— ya que el primero es muy similar a 3 ejemplares de la categoría *A* y comparte pocos rasgos con ejemplares de la categoría *B*, en cambio *A1* comparte similitud con un ejemplar de la categoría *A* y con 2 de la categoría *B*.

Sin embargo, una reciente revisión (Smith y Minda, 2000), muestra que el estímulo *A2* no es clasificado de forma más acertada que *A1*. Esta ventaja va en contra de la atención selectiva postulada por esta teoría.

Por otra parte, las características de los estímulos ayudan poco a clasificarlos como de una categoría u otra por lo que las estructuras empleadas son difíciles de aprender. Además, se presentan unos pocos estímulos que se repiten gran cantidad de veces provocando que los participantes tiendan a memorizar los estímulos (Smith y Minda, 2000; Blair y Homa, 2003).

La teoría de ejemplares ha recibido las siguientes críticas teóricas. En primer lugar, en muchas ocasiones no es fácil distinguirla de la del prototipo ya que si se tiene en cuenta el grupo de frecuencias de co-ocurrencia de los valores de los atributos los modelos son equivalentes (Barsalou, 1990).

La teoría de ejemplares también ha sido acusada de ser cognitivamente estéril pues no dice nada sobre los procesos perceptivos y cognitivos relacionados con la identificación (Ashby y Lee, 1991). Además, si se compara cada ejemplar —como afirma la teoría— con los que componen la categoría, el tiempo de aprendizaje y el tamaño de memoria debería aumentar enormemente (Estes, 1986a), esta comparación detallada parece improbable (Myung, 1994)

Otro aspecto criticado es que, habitualmente, los datos se ajustan a grupos de participantes y no de forma individual lo que provoca un mayor ajuste frente a modelos alternativos (Maddox, 1999; Maddox y Ahsby, 1998). Además, el GCM no es aplicado a categorías en las que los ejemplares se distribuyen normalmente (Maddox y Ahsby, 1993).

Algunos autores afirman que la aproximación de ejemplares no nos proporciona una explicación de que es lo que hace que una categoría sea coherente conceptualmente (Komatsu, 1992) ya que un ejemplar puede ser más parecido a cierta categoría pero no por ello ser incluido en ella (Armstrong, Gleitman y Gleitman, 1983; Barsalou, 1985).

Otra crítica importante es que esta teoría no logra explicar por qué la información sobre la tendencia central permanece disponible incluso cuando la información sobre los antiguos ejemplares ha desaparecido (Homa, Cross, Cornell, Goldman y Shwartz, 1973) ni por qué los participantes tienen mayor confianza en los juicios emitidos sobre la tendencia central que sobre los juicios de ejemplares (Hayes-Roth y Hayes-Roth, 1977). Además, el orden de presentación de los ejemplares altera el reconocimiento de ejemplares (Medin y Bettger, 1994).

En cuanto a la similitud, ésta constituye la base de la teoría de ejemplares y de la de prototipo siendo su mayor problema (Barsalou y Hale, 1993, pág. 107). En efecto, el mismo Lamberts (1994) afirma que la similitud es insuficiente si se concibe como algo rígido e invariable —la similitud varía con la experiencia (Chi, Feltovich y Glaser, 1981), con el contexto o con el tiempo (Medin, Goldstone y Gentner, 1993)— ya que es algo tan general que puede incluir cualquier regla y puede definirse de diferentes formas; en función de propiedades, como algo gradual o como todo/nada (Komatsu, 1992).

Así, las características comunes o distintas entre dos estímulos pueden ser infinitas (Murphy y Medin, 1985) —dos cosas comparten un número arbitrario de características y difieren en un número igualmente arbitrario de formas (Goodman, 1972)— por lo que el participante debe saber que clase de similitud importa a la hora de construir una categoría, la similitud es siempre con respecto a algo (Murphy, 1993, pág. 175-176) y, en realidad, no se conoce de que forma el participante excluye o selecciona ciertos atributos. Además, la mayor similitud de un ejemplar a una categoría no significa que sea más probable que este ejemplar sea categorizado con mayor

probabilidad en esa misma categoría (Rips y Collins, 1993) ya que puede depender de propiedades abstractas de los objetos (Rips, 1989).

Por otra parte, no solo las medidas de similitud no convergen en un único constructo (Medin et al., 1993) sino que su medición de forma directa no es equivalente a la similitud como discriminabilidad perceptual o frecuencia de confusión perceptual, pese a su alta relación (Goldstone, 1984a). Por tanto, la pertenencia a una categoría depende, para algunos autores (Rips y Collins, 1993) de las propiedades de un tipo abstracto y restringir la similitud a aspectos puramente perceptuales conlleva una reducción drástica de los dominios de la similitud y de su poder explicativo, dejando a un lado las estructuras relacionales y los procesos (Medin et al., 1993).

Así pues, el concepto de similitud aún no ha sido delimitado de forma satisfactoria lo que conlleva algunos problemas cuando se intenta utilizar en un experimento.

Tversky (Sattath y Tversky, 1977; Tversky, 1977) propone una forma diferente de representar las relaciones de similitud entre los estímulos distinta a los modelos espaciales. Este autor sugiere que la similitud puede ser asimétrica, que un mismo estímulo puede tener diferentes grados de auto-similitud, que los datos de similitud de los modelos geométricos suponen violaciones del triángulo de disimilitud y que, al comparar, tendemos a escoger los estímulos más salientes, por tanto, cualquier modelo que se basa en la comparación de estímulos (como el de ejemplares y el de prototipo) debería tener en cuenta esas características.

No obstante, también el modelo de Tversky ha recibido críticas como ignorar la relación entre atributos o la falta de explicación a la selección y relevancia de algunos de los atributos en perjuicio de otros (Komatsu, 1992). De hecho, esta asimetría también ha sido estudiada dentro de la categorización espacial sin recurrir a la similitud (Engelbreton y Huttenlocher, 1996; Newcombe, Huttenlocher, Sandberg, Lie y Johnson, 1999). Además, no distingue entre similitud perceptiva y decisional (Maddox y Ashby, 1998).

Finalmente, también la tipicidad ha sido puesta en duda en un trabajo reciente en el que se postula que los gradientes de tipicidad obtenidos por Nosofsky son una consecuencia natural de los procesos basados en la comparación de ejemplares, sin que importe la teoría de



ejemplares que se ponga a prueba (Smith, 2002; Smith y Minda, 2002).

Las respuestas a estas críticas se han centrado en la densidad espacial (Krumhansl, 1978 y 1988 pero véase Corter, 1987 y 1988), en el sesgo de respuesta (Nosofsky, 1991c) y, desde un punto de vista más amplio, en la distinción entre modelos formados por dos sistemas de categorización (dos fases de categorización) frente a los modelos (como el de ejemplares) que únicamente incluyen un sistema de categorización (Nosofsky y Johansen, 2000).

Así, respecto a la cuestión de la complejidad de los modelos, Nosofsky afirma que los modelos de prototipo —como el de Minda y Smith— estarían formados por dos sistemas; el primero de ellos se refiere a un mecanismo de representación de la categoría (generación del prototipo en este caso) mientras que el segundo se dedica a la representación más específica de los elementos de la categoría (almacenamiento de ejemplares). En cambio, el modelo de ejemplares, según Nosofsky, estaría formado solamente por un sistema lo que haría más parsimonioso y más fácilmente falsable debido al menor número de parámetros.

En resumen, la teoría de ejemplares ha sido apoyada por gran cantidad de investigaciones que, no obstante, algunos autores consideran poco concluyentes. Además, el modelo plantea algunos problemas a la hora de explicar algunos constructos como la atención, la similitud o la recuperación de información categorial. Las principales aportaciones de la teoría se refieren a la relación distancia-similitud y categorización-identificación, si bien no se ha explorado las diferentes estructuras categoriales o sus condiciones de actuación (Smith y Minda, 2000).

## Los límites de las categorías

Una de las opiniones críticas sobre la similitud en el GCM parten de F. G. Ashby (Ashby y Perrin, 1988) y su teoría de reconocimiento general (GRT, *General Recognition Theory*). En efecto, la GRT es el intento de superar las dificultades del GCM considerando la categorización como un proceso en el que cada estímulo tiene un área, tanto perceptiva como de respuesta, y en el que la interacción entre estas áreas es la responsable de la similitud, el reconocimiento o la clasificación de los estímulos.

Con su teoría Ashby logra superar algunos de los problemas del uso de modelos geométricos como el de la consistencia, la transitividad, la simetría y el triángulo de disimilitud. El modelo propuesto por Ashby (Ashby y Gott, 1988; Ashby y Perrin, 1988; Ashby y Townsend, 1986) es una extensión de la teoría de detección de señales (Green y Swets, 1966; Tanner, 1956; Tanner y Swets, 1954) en el que se asume que el efecto perceptual de un estímulo puede ser representado como un punto en un espacio multidimensional. Sin embargo, dado que con cada presentación también se produce ruido, presentar repetidamente un estímulo causa diferentes efectos perceptivos lo que provoca que el mismo estímulo quede representado por un conjunto de puntos o de efectos (se asume habitualmente que esta distribución es normal multivariada). La expresión matemática de estos efectos es

$$x_{pi} = x_i + e_p \quad [85]$$

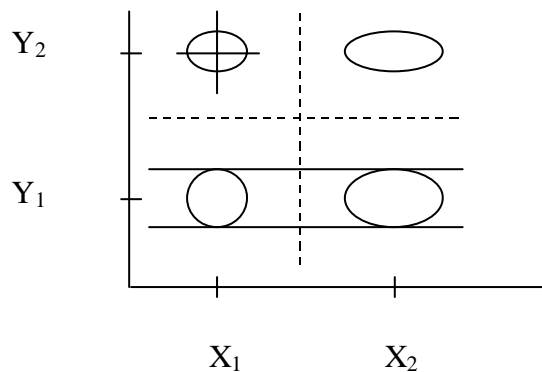
Donde  $e_p$  representa el ruido perceptivo. Además, existen dos razones (Maddox y Ashby, 1993) por las cuales se espera esta variabilidad; una es la actividad espontánea del sistema visual y la otra la variabilidad de los fotones que inciden en la retina en cada presentación del estímulo.

La teoría afirma que el participante divide el espacio perceptual en regiones producidas por cada estímulo y asocia cada una de estas regiones a una respuesta determinada. Cada una de estas distribuciones está delimitada por un límite decisional que las separa. La relación entre cada una de estas regiones viene determinada por los supuestos de independencia perceptual, separabilidad perceptual y separabilidad decisional.

La independencia perceptiva se produce si al percibir un estímulo el efecto perceptual de los componentes (valores dimensionales que lo componen) son estadísticamente independientes. Si las distribuciones son bivariadas normales, su covarianza debe ser cero. Gráficamente, su representación es un círculo o una elipse con los ejes paralelos a los ejes de coordenadas. En la Figura 15 se han representado las regiones perceptivas de cuatro estímulos formados por dos dimensiones, en el estímulo (1, 2) podemos apreciar los ejes del ovalo paralelos a los de coordenadas.

En cuanto a la separabilidad perceptual, ésta se produce cuando el efecto perceptual de un componente no depende del nivel del otro componente o, lo que es lo mismo, poseen la misma media y la misma varianza. Esta propiedad afecta al conjunto de estímulos. Gráficamente, los contornos de cada distribución de cada estímulo cortan a las mismas dos rectas paralelas en un solo punto (el centro de cada distribución, o media, tienen el mismo valor). En la Figura 15 estas líneas unen, por ejemplo, los estímulos (1, 1) y (1, 2).

Finalmente, la separabilidad decisional ocurre cuando la decisión del participante sobre el nivel de un componente no depende del valor del efecto perceptual asociado con otro componente. Gráficamente, implica que los límites de decisión son paralelos a los ejes de coordenadas. En la Figura 15, podemos observar los límites de decisión dividiendo en cuatro partes iguales el espacio perceptual (líneas punteadas).



**Figura 15** Independencia perceptiva, separabilidad perceptual y la separabilidad decisional. Adaptado de Ahsby y Lee (1991)

Como puede apreciarse, el GRT es mucho más detallado en sus supuestos que el GCM, no obstante, es ese nivel de detalle el que va a ser criticado, como veremos más adelante. Siguiendo con el ejemplo de la Figura 15 al identificar un estímulo  $o$ , lo que es lo mismo, reconocer los valores dimensionales que lo forman, el participante divide el espacio en cuatro partes (cada una asociada a un estímulo) y, según en que cuadrante se sitúe el efecto del estímulo presentado lo identificará como tal. Si se le presenta el estímulo  $(1, 2)$  y su efecto se encuentra en el cuadrante superior izquierda, lo identificará acertadamente.

Matemáticamente, esto quedaría expresado de la siguiente forma

$$P(R_j/S_i) = \int_{RR_j} \int f_i(x, y) dx dy \quad [86]$$

Donde la probabilidad de responder  $R_j$  ante el estímulo  $S_i$  es la probabilidad de que una muestra aleatoria de la distribución del estímulo si se encuentre dentro de la región de respuesta  $R_j$  siendo  $f(x, y)$  la función de densidad para el estímulo  $S_i$  y  $RR_j$  la región de respuesta de  $R_j$ . Como es fácil imaginar, la similitud entre dos estímulos es igual a la proporción de región perceptiva de un estímulo que se encuentra en la región de respuesta de otro estímulo. Dos estímulos serán evaluados como más similares en función del área compartida en la región de respuesta.

Matemáticamente, se expresa de la siguiente forma

$$P(S_j/S_i) = k \int_{RR_j} \int f_i(x, y) dx dy \quad [87]$$

En la que  $k$  es una constante positiva,  $f(x, y)$  la función de densidad del estímulo  $S_i$  y  $RR_j$  la región de respuesta de  $R_j$ .

Finalmente, la categorización de un estímulo es la proporción de región perceptiva de un estímulo que se encuentra dentro del área de respuesta de cierta categoría. Así, dadas dos categorías  $Y$  y  $Z$ , el participante divide el espacio perceptual en dos regiones de respuesta  $R_y$  y  $R_z$ , la probabilidad de que al presentar  $S_i$  responda  $R_y$  será igual a

$$P(R_y/S_i) = \int_{RR_y} \int f_i(x, y) dx dy \quad [88]$$

Siendo  $RR_y$  la región de respuesta de la categoría  $Y$ , y  $f(x, y)$  la función de densidad del estímulo  $S_i$ .

El modelo asume que el participante escogerá el mejor límite de los posibles, es decir, aquel que le permita un mayor número de aciertos. Nótese que es el participante el que divide el espacio perceptivo, la GRT no se aplica a datos agregados si no que se ajusta individualmente.

Así pues, existe una clara distinción entre cada uno de los procesos implicados en la categorización; por una parte, la percepción de los estímulos, por otra, la identificación de los límites de cada categoría y, combinando las dos anteriores, la toma de decisiones. En función de la combinación de cada uno de estos tres y de los diferentes tipos de relaciones entre los estímulos (independencia perceptiva, separabilidad perceptual y separabilidad decisional) la teoría es capaz de presentar diferentes modelos de categorización.

Así, uno de los puntos que con más detalle se han estudiado es el de los límites perceptivos. Hasta tal punto que cuando la teoría es aplicada a la categorización suele llamarse teoría de los límites perceptivos (Ashby, 2000). Esta teoría, al contrario que la de ejemplares, sigue una regla determinista del siguiente tipo

$$\text{Si } h(x_{pi}) + e_c < 0, \text{ responde } Y; \text{ en otro caso responde } Z \quad [89]$$

En la que  $e_c$  representa los efectos de ruido del criterio (variabilidad en el límite decisional en la memoria del participante). Estos efectos se refieren a un cambio en memoria de los límites de decisión, están distribuidos normalmente con media 0. Por último,  $h$  determina la forma y la localización de los límites de decisión.

Dentro de los límites perceptivos los que han sido puestos a prueba más frecuentemente son los de dos tipos (Maddox y Ashby, 1993): límites lineales y cuadráticos.

Los límites lineales (*GLC*, *General Linear Classifier*) son aquellos que separan las categorías mediante cualquier línea recta que no es paralela a ninguno de los ejes. Ocurre en los casos en que ambas categorías tienen la misma varianza en ambas dimensiones y están caracterizadas por la misma covarianza. Se asume que el participante infiere estas características si bien, al desconocer los valores exactos de los parámetros, siempre actuará por debajo del óptimo. Este tipo de límite cumple la expresión

$$h(x, y) = b_1x + b_2y + c_0 \quad [90]$$

Donde  $x$  e  $y$  son las dimensiones de los estímulos y  $b_1$ ,  $b_2$  y  $c_0$  son constantes.

En cuanto a los límites cuadráticos (GQC, *General Quadratic Classifier*), son los óptimos en categorías con ejemplares distribuidos normalmente en las que la variabilidad de las categorías es diferente en cualquier estímulo o las categorías están caracterizadas por un grupo distinto de covarianza y con ejemplares distribuidos normalmente. Se asume que los participantes intentan responder óptimamente, si bien no lo consiguen al estimar erróneamente alguna media, varianza o covarianza categorial. La expresión a la que se ajustan es la siguiente

$$h(x, y) = a_1x^2 + a_2y^2 + a_3xy + b_1x + b_2y + c_0 \quad [91]$$

Siendo  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  constantes.

Al margen de los límites mencionados, existen otros tres modelos (Ashby y Gott, 1988; Ashby y Maddox, 1993) como son: (1) Límites de distancia mínima. En ellos se asume que el participante responde con la categoría cuyo centroide está más cercano al ejemplar visto, este límite corresponde con la recta perpendicular y bisectriz de la línea que une los centroides de las dos categorías. Es patente la similitud de este límite con el modelo de prototipo. (2) Límite óptimo. En el que se asume que el participante establecerá el límite óptimo entre las categorías. En este caso, el participante compara los distintos límites que pueden aplicarse y escoge el mejor de ambos. Dadas dos categorías, la regla a seguir en esta caso sería

$$\text{Responde } R_A \text{ si } \frac{f_A(x, y)}{f_B(x, y)} > 1, \text{ en otro caso responde } R_B \quad [92]$$

Siendo  $f_A(x, y)$  la suma de la función de distribución de cada estímulo que compone la categoría. No obstante, se asume que el participante siempre actuará por debajo del óptimo, sea cual sea el modelo que escoja.

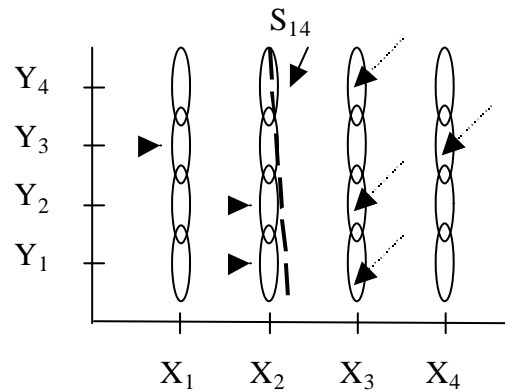
Finalmente, podemos hablar de los modelos independientes de decisión. Constituyen un grupo aparte de los mencionados y en ellos el participante únicamente tiene en cuenta la magnitud percibida de una de las dimensiones y que es el límite lógico en aquellos casos en

los que los estímulos están formados por componentes separables perceptualmente. Gráficamente, sería como la cuadrícula dibujada en la Figura 15. Por tanto, la elección por parte de los participantes de unos límites u otros está muy relacionada con las características de las dimensiones empleadas (recordemos que en la teoría de ejemplares las dimensiones que formaban los estímulos podían ser separables o integrales y ello condicionaba la categorización de los estímulos).

Una novedad importante desde el punto de vista de la metodología es la técnica de aleatorización de reconocimiento general o GRRT (*General Recognition Randomization Technique*; Ashby y Gott, 1988). Con esta técnica, se presenta a los participantes un estímulo seleccionado aleatoriamente de una distribución (tantas como categorías) normal bivariada con parámetros definidos. De esta forma, y establecido un límite *a priori* entre las categorías, el participante debe clasificar los estímulos que se encuentren a un mismo lado del límite como pertenecientes a la misma categoría para que se confirme que está utilizando el límite pronosticado. En este paradigma se suelen presentar entre 1200 y 4000 estímulos durante entre 3 y 5 días proporcionándoles retroalimentación sobre su respuesta después de cada categorización.

Por otra parte, el GCM resaltaba la importancia de la atención en el proceso de categorización —lo que afecta a los límites entre las categorías— mientras que en la teoría de reconocimiento general se resalta la importancia de los límites sin que, en principio, se tenga en cuenta la atención (que, de hecho, es descartada).

Existe gran polémica entre la exactitud de las predicciones que puede efectuar uno y otro modelo aunque bajo ciertos supuestos ambos pronostican idénticos resultados (Ashby y Maddox, 1993; Nosofsky, 1989, 1990). Un ejemplo de esta equivalencia entre los modelos lo podemos observar en la Figura 16.



**Figura 16** Estructura estimular en la que se centra la polémica. Los estímulos con un triángulo corresponden a la categoría A, los señalados con una flecha intermitente a la B.

En ella, parece representarse los límites perceptivos y decisionales de la GRT, pero no es así. En efecto, al prestar mayor atención a la dimensión  $X$ , las diferencias entre los estímulos que la componen aumentan por lo que se reduce la variabilidad percibida en esa dimensión. Por otra parte, disminuyen las diferencias en la dimensión  $Y$  lo que provoca una mayor variabilidad percibida (mayor confusión entre los estímulos). Es como si la dimensión  $X$  tendiese a alargarse y la  $Y$  a encogerse. Por tanto, la Figura 16 es una forma equivalente de expresar lo afirmado por el GCM en su estudio de los límites óptimos de probabilidad.

Esta polémica ha producido un intercambio de críticas (Ashby y Lee, 1991, 1992; Maddox y Ashby, 1993; Maddox y Ashby, 1998; McKinley y Nosofsky, 1996; Nosofsky, 1998; Nosofsky y Smith, 1992) en la que principalmente se discutía el papel de la atención en el GRT. Así, para Nosofsky, el GRT no podía predecir la categorización del estímulo 14 ( $S_{14}$ , ver Figura 16) en la categoría A sin recurrir a la atención y sin abandonar la hipótesis del límite óptimo (en la que el participante escoge el límite que le permite un mayor porcentaje de aciertos, que en este caso dejaría al estímulo 14 dentro de la categoría B). El GRT, sin embargo, sí era capaz de ajustar los resultados a un modelo lineal, es decir, un límite similar a la línea discontinua dibujada en la Figura 16.

No obstante, los experimentos de Nosofsky en los que el límite ideal postulado por el GRT (como en el caso de la Figura 16) era

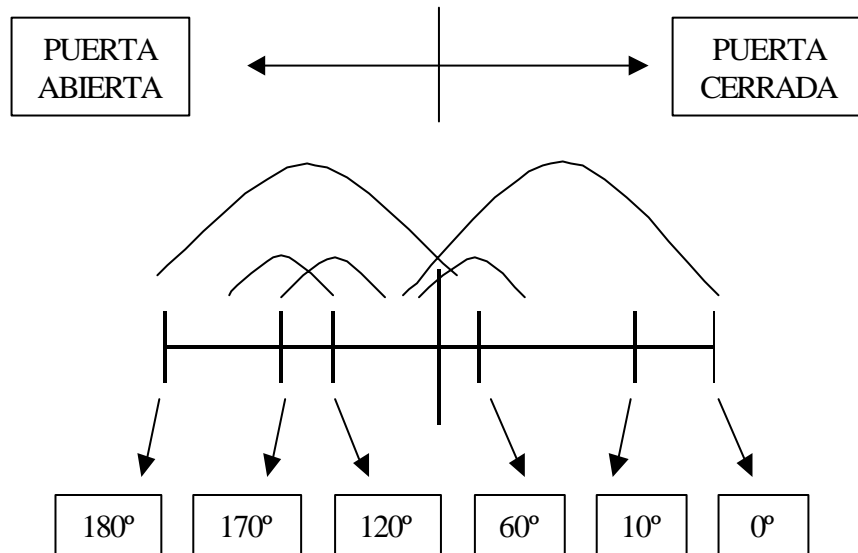


siempre cuadrático sitúan a la teoría de límites en una situación difícil, ya que en unos casos los participantes lo empleaban pero en otros no. Por tanto, si los participantes debían hacer uso de un límite ideal, esta hipótesis fallaba ya que en algunos casos no lo hacían. Por otro lado, si los participantes empleaban un límite cercano al ideal, los resultados también contradecían a Ashby y colaboradores ya que, en ciertos casos, los participantes sí empleaban el límite cuadrático.

En cuanto a la atención, los autores del GRT finalmente deben reconocer que ésta si interviene en el proceso de categorización aunque no en la percepción de los estímulos sino en la toma de decisiones. Esta atención decisional selectiva es equivalente a afirmar que existe separabilidad decisional entre los estímulos. Si observamos la Figura 16, vemos que existe separabilidad perceptual ya que el valor de  $Y$  (por ejemplo,  $Y_1$ ) es el mismo en los diferentes valores de  $X$ . Y puede establecerse un límite lineal casi ortogonal al eje  $X$  y situado entre los valores  $X_2$  y  $X_3$  que sitúa el  $S_{14}$  en la categoría  $A$ .

La cuestión de la atención y los límites está estrechamente vinculada al carácter analizable o integral de las dimensiones que forman los estímulos. Para los autores del GRT si las dimensiones no son analizables, la separabilidad decisional es menos probable ya que implica representaciones perceptuales más complejas por lo que, además de la separabilidad perceptual, se añade posteriormente la integridad perceptual en la que los contornos de los estímulos difieren entre los estímulos y en la cual las varianzas son diferentes para las dos dimensiones. Es evidente el paralelismo existente con el GCM y la distinción entre dimensiones separables e integrales.

Una vez aclarado el modelo en todos sus términos, veamos como se adaptaría a nuestro ejemplo. Para cada categoría existiría un área de distribución aunque en este caso solamente contamos con una dimensión. En la Figura 4, podemos ver la representación gráfica de la misma.



**Figura 17** Categoría puerta cerrada/ abierta en la Teoría General de Reconocimiento

Así, y aplicando la GRRT, en cada una de las dos categorías el participante habría visto un cierto número de ejemplares seleccionados aleatoriamente (o vistos a lo largo de su vida en nuestro caso). En primer lugar, dos estímulos tenderán a ser percibidos como similares en la medida que compartan sus áreas (recordemos que cada estímulo es representado como un conjunto de valores) y, por tanto, ser juzgados como similares en una tarea de identificación. En la figura, podemos apreciar esto con los estímulos de 150 y 120 grados. En cuanto a la categorización, el participante establecerá dos áreas (cada una asociada a una categoría) que deberán ser divididas por un límite utilizando una regla determinista similar a esta

$$\text{Responde } R_A \text{ si } X > X_C, \text{ en otro caso responde } R_B \quad [93]$$

Variando  $X_C$  en cada juicio debido al ruido del criterio por lo que no siempre será igual a  $90^\circ$ . Ello implica que el participante debe equivocarse en alguna ocasión y que las dos áreas tenderán a sobreponerse en algún momento siendo esos valores (situados en las dos áreas) los que inducirán al participante a error. El participante establecerá, por tanto, un límite que se situará en el centro de los

valores (en torno a los 90°) y será el solapamiento entre los valores que se sitúan en el centro los que harán que se equivoque.

La GRT predice que cuanto más cerca se sitúe el estímulo del límite decisional, mayor tiempo llevará al participante clasificarlo (Ahby y Maddox, 1994) lo que parece lógico ya que, además, los menores TR se situarían en los extremos que en este caso coinciden con los prototipos. No obstante, y como en los casos bivariados, la explicación del límite en función de los resultados posee un carácter, tal y como Nosofsky afirma, que no va más allá de lo meramente descriptiva. En efecto, la teoría olvida explicar cómo los límites son adquiridos y cómo son puestos en práctica por los participantes a la hora de categorizar los estímulos. Finalmente, y siguiendo con nuestro ejemplo, no podemos hablar de independencia perceptual ya que se refiere a la relación entre las dimensiones que forman los estímulos y lo mismo puede afirmarse de la separabilidad perceptual y la separabilidad decisional en cuanto se refieren a las relaciones entre estímulos mediadas por una segunda dimensión.

Las críticas que ha recibido la GRT se han centrado en el papel de los límites y en la hipótesis del límite óptimo. Algunas de las críticas más importantes se deben a Nosofsky y Smith (1992): (1) Es extremadamente flexible ya que los límites de decisión, que dividen el espacio psicológico en regiones de respuesta, pueden ser esencialmente cualquiera. Es decir, es posible postular un número sin límite de límites. (2) Los diferentes límites pueden considerarse como modelos diferentes de clasificación. (3) Se trata de un modelo descriptivo que nada nos dice de cómo los participantes aprenden e implementan los límites (McKinley y Nosofsky, 1995).

En cuanto a la hipótesis del límite óptimo, las críticas que se pueden formular son: (1) El supuesto y la formulación referentes al límite óptimo es similar a la regla de similitudes sumadas del modelo de ejemplares. En este caso, la similitud es sustituida por la probabilidad (Nosofsky y Smith, 1992). (2) El límite óptimo depende de si las dimensiones son analizables o integrales (McKinley y Nosofsky, 1996). (3) La hipótesis presenta a un participante omnisciente y es, por tanto, poco verosímil (Nosofsky, 1998). (4) El límite óptimo no es escogido siempre por los participantes (Nosofsky y Smith, 1992).

Otros puntos críticos se refieren a: (1) En muchas situaciones, los estímulos no tienen variabilidad psicológica y no se distribuyen de forma solapada (Nosofsky y Smith, 1992). (2) No se especifica cómo aplicar el modelo en situaciones con múltiples categorías debido a que desconocen la forma en que se combinarían los diferentes modelos (Nosofsky, 1998). (3) No se puede minusvalorar el papel de la atención, tal y como hace el modelo, en el proceso de categorización (Nosofsky y Smith, 1992). (4) El modelo presentado por los autores está compuesto por dos sistemas (de decisión y de percepción) frente a otros modelos con un único sistema de categorización (Nosofsky y Johansen, 2000).

La principal aportación de la GRT es la distinción entre representaciones perceptuales subyacentes y procesos de decisión alternativos (McKinley y Nosofsky, 1996). Además, la GRT ha introducido, por un lado, el ajuste individual a los datos frente a las posibles interpretaciones erróneas que puede tener el trabajar con datos de conjuntos (Maddox y Ashby, 1999) y, por otro lado, la utilización de la GRRT. Actualmente, y con algunas modificaciones (Ashby, 2000; Ashby, Alfonso-Reese, Turken y Waldron, 1998), incluyendo la incorporación de los tiempos de reacción (Ashby y Maddox, 1994; Maddox y Ashby, 1996; Maddox, Ashby y Gottlob, 1998) y el efecto de la recompensa (Thomas, 2001; Maddox, Bohil y Dodd, 2003), la GRT sigue aplicándose.

Recientemente, por ejemplo, los límites perceptivos han sido relacionados de un modo distinto con la categorización al vincularlos con reglas implícitas o explícitas de clasificación. Las primeras serían fáciles de verbalizar mientras que en las segundas su verbalización es muy difícil o imposible y así, por ejemplo, el límite cuadrático se situaría, según los autores, entre las reglas implícitas de categorización (Ashby, Waldron, Lee y Berkman, 2001). Además, se ha aplicado la teoría a la identificación y categorización de estímulos comprobándose (Maddox, 2001) que la atención perceptual postulada por los autores puede influir en la importancia de la dimensión relevante para la categorización y disminuye la varianza perceptual de la dimensión en la que se centra el participante. Esta línea de investigación sigue desarrollándose en la actualidad (Maddox, Ashby y Waldron, 2002; Maddox y Dodd, 2003) mostrando que los dos sistemas de atención pueden funcionar de forma independiente. Estas

conclusiones, evidentemente, son muy similares a las del modelo propuesto por Nosofsky en cuanto a la importancia de la atención en el proceso de categorización.

Además, la GRT sigue comparándose con el modelo de ejemplares en diferentes condiciones experimentales. Uno de los últimos trabajos utiliza la variabilidad de las categorías presentadas para diferenciar entre ambos modelos (Stewart y Chater, 2002); si las categorías son diferentes, los datos se ajustan a los supuestos de la teoría de ejemplares, si las categorías difieren mucho entre sí (una con mucha más variabilidad que la otra), los datos son mejor explicados por la teoría de Ashby. Es interesante comprobar, por tanto, que los participantes cambian su forma de categorizar al cambiar la variabilidad relativa de las dos categorías o —lo que es lo mismo— que depende de las características de las categorías construidas (por tanto, ambas teorías pueden ser correctas, basta con encontrar empíricamente las condiciones de aplicación más adecuadas).

Finalmente, la forma de categorizar de los participantes ha sido analizada bajo otro punto de vista recientemente en el modelo COVIS —basado en reglas (Ashby, F. G., Alfonso-Reese, L. A., Turken, A. U. y Waldron, E. M., 1998)— y en su ampliación, el SPC (Ashby y Waldron, 1999; Ashby, Waldron, Lee y Berkman, 2001)— que diferencia entre categorización no paramétrica y no paramétrica— y que analizamos más adelante.

Hasta este momento, y desde que dejamos a un lado el modelo clásico, las diferentes teorías a los que nos hemos referido se centran en las características psicológicas de los objetos. Estas características se refieren a la valoración que efectúa el participante de los componentes del estímulo o del propio estímulo. Así, el modelo de prototipo y el de ejemplares se centran en la interpretación de los valores físicos de los estímulos para deducir su clasificación. Por otra parte, la GRT se basaba en el efecto perceptual de los estímulos en el participante y en la superposición de estos efectos para predecir la categorización. Sin embargo, existe otro marco teórico que se centra en los componentes objetivos de los estímulos y su vinculación con la respuesta emitida por el participante, lo que lo hace totalmente distinto de los tres mencionados más arriba. Se trata del aprendizaje asociativo.

## El aprendizaje E-R

Las teorías de aprendizaje asociativo intentan explicar por qué dos estímulos que se presentan conjuntamente quedan asociados. Algunas de estas teorías se centran en el papel de la atención, mientras que otras inciden en el tipo de asociación entre estímulos (Pearce y Bouton, 2001).

Evidentemente, el aprendizaje asociativo parte de los estudios de Thorndike (1898) y Pavlov (1927) en los que se estudiaba cómo se aprende a dar respuestas nuevas a los estímulos y cómo se aprende relaciones entre estímulos o asociación cuando ambos están, por ejemplo, relacionados con la misma respuesta o, en nuestros términos, asociados a la misma categoría. Considérese, por ejemplo, el aprendizaje discriminativo; es la capacidad de responder de forma distinta ante estímulos diferentes que pueden ser muy similares o, formulado desde nuestra perspectiva, categorizar estímulos distintos —aunque similares— en distintas categorías. De la misma forma debemos considerar la generalización, es decir, la emisión de una misma respuesta ante diferentes estímulos que pueden compartir ciertas características entre ellos. Dicho de otro modo, el hecho de clasificar en una categoría un estímulo que comparte ciertas características con los estímulos que forman la categoría en cuestión.

Las diferentes teorías surgidas —como la de Rescorla y Wagner, por ejemplo— pueden aplicarse a cualquiera de los fenómenos citados por lo que nos centraremos en otra distinción posible entre ellas. En efecto, las teorías de aprendizaje animal pueden dividirse en dos grandes grupos; por un lado, las teorías elementales —en las que se asume que los animales aprenden sobre cada estímulo o componentes del estímulos por separado— y, por otro lado, las configuracionales en las que se postula que, al presentar un estímulo compuesto, el animal lo asocia como un todo a la respuesta (Pearce, 1998).

Dentro de las teorías elementales podemos encontrar las que detallamos a continuación.

Teoría de los gradientes excitatorios de Spence (1936, 1937) y Hull (1943). Aplicada para explicar el llamado desplazamiento del gradiente o vértice en aprendizaje instrumental (Baron, 1973; Bloomfield, 1967; Dougherty y Lewis, 1991; Hanson, 1957; Thomas, 1962) en el que, tras discriminar entre dos estímulos —uno asociado a

comida ( $E+$ ) y otro no asociado a la comida ( $E-$ )— los animales, y también humanos (Doll y Thomas, 1967), tienden a responder más frente a un estímulo neutro y nuevo, pero alejado de  $E-$ , que frente a  $E+$ . De la misma forma, se tiende a responder en menor medida frente a un estímulo neutro y nuevo, pero cercano a  $E-$ , que frente al propio  $E-$ . Ello es debido, según esta teoría, a que, durante el entrenamiento de discriminación entre  $E+$  y  $E-$ , el estímulo que es reforzado adquiere tendencias excitadoras mientras que  $E-$  adquiere tendencias inhibitorias.

Las mencionadas tendencias darían lugar a dos gradientes en torno a los estímulos: uno excitatorio (alrededor de  $E+$ ) y uno inhibitorio (en torno a  $E-$ ). Ambas tendencias se generalizarían a los estímulos de la fase de test. La interacción entre los dos gradientes, en realidad su suma algebraica, provocaría el desplazamiento del pico de respuesta.

La teoría de Spence afirma que, con ciertas funciones de generalización, el máximo se produciría no en  $E+$  si no en un punto situado en dirección contraria a  $E-$  y que el mínimo ocurriría no en  $E-$  sino en un punto situado en dirección contraria a  $E+$ . Además, Spence predecía que, conforme la diferencia física entre los estímulos de la prueba y del entrenamiento aumentaba, disminuía el nivel de respuesta.

El desplazamiento del gradiente, por otro lado, se ha relacionado con el efecto de prototipo en trabajos recientes. En estos trabajos, se estudia la relación entre el gradiente de respuesta y el gradiente que se produce cuando es presentado el prototipo (Huber y Lenz, 1996; Lamberts, 1996; McLaren, Bennett, Guttman-Nahir y Mackintosh, 1995).

No obstante, la teoría deja algunas respuestas sin responder. Así si asumimos que se produce un proceso de generalización, el siguiente paso es saber cuales son las causas que provocan este proceso de generalización. Usualmente, se asume que la generalización es producto de las características compartidas por los estímulos, unas compartidas por ambos estímulos y otras específicas. Además, la teoría tiene problemas a la hora de explicar la transposición (se produce cuando se prefiere un estímulo situado entre el  $E+$  y el  $E-$  en lugar del situado cerca de  $E+$  y alejado de  $E-$ ). El hecho de que los estímulos compartan ciertos elementos y difieran en otros es el supuesto principal de la siguiente teoría.

En segundo lugar, podemos hablar de la teoría de muestreo de estímulos. Se trata de un claro precedente de la propuesta por Rescorla-Wagner por lo que la explicamos brevemente. El principal supuesto es que cualquier patrón de estimulación activará cierto grupo de elementos estimulares (Atkinson y Estes, 1963; Bush y Mosteller, 1951; Estes, 1959). Dado dos estímulos ( $E+$  y  $E-$ ), éstos compartirán ciertas características en común ( $C$ ) y poseerán otras características específicas de cada uno de ellos ( $e+$  y  $e-$ ) por lo que discriminar será diferenciar entre  $e+C$  y  $e-C$ . El hecho de reforzar  $e+$  supone que se asocie con  $C$  lo que hace que  $e-C$  también provoque en el participante un cierto nivel de respuesta. No obstante, el no refuerzo de  $C$  debilitará la asociación  $e+$  y  $C$  por lo que, según Atkinson y Estes, las propiedades de  $e-$  no se verán afectadas por la ausencia de refuerzo debido a que únicamente se debilitará la asociación establecida previamente.

La teoría presenta problemas a la hora de explicar ciertos fenómenos (Pearce, 1994) como el bloqueo (los participantes son condicionados a un estímulo  $A$  tras haber sido previamente condicionados a  $AB$ , respondiendo a  $B$  en menor grado que cuando los participantes no han sido entrenados previamente con  $A$ ) por lo que fue sustituida por el exitoso (Ralph, Robert y Grahame, 1995) modelo de Rescorla-Wagner el cual proporciona una descripción ensayo a ensayo de la evolución de la asociación entre estímulos.

En tercer lugar, podemos referirnos a la teoría de Rescorla-Wagner (Rescorla y Wagner, 1972; Wagner y Rescorla, 1972) de condicionamiento clásico. El principal supuesto del modelo es que, al asociar un estímulo condicionado ( $EC$ ) con uno incondicionado ( $EI$ ), los elementos activos de los estímulos se asocian entre sí. Se asume que, en cierto ensayo, el incremento de la asociación entre el  $EI$  y un  $EC$  es igual a la siguiente expresión

$$\Delta V_c = \alpha_e \beta_i (\lambda_i - V_{cs}) \quad [94]$$

Donde  $\Delta V_c$  es el cambio en la fuerza asociativa ( $V$ ) de un  $EC$   $c$  como resultado de estar emparejado con un  $EI$ , en cuanto a  $\alpha_e$  y a  $\beta_i$ , el primero se refiere a la capacidad de asociación del  $EC$  —determinado por su salencia— y el segundo a la capacidad de asociación del  $EI$ ; el rango de ambos va de 0 a 1. En cuanto a  $\lambda_i$ , es la máxima fuerza de asociación que el  $EI$  puede soportar, por último,  $V_{cs}$  corresponde a la



suma de la fuerza asociativa de todos los  $Ecs$ , incluyendo a  $c$ , presentes en el ensayo.

En resumen, el cambio de la fuerza asociativa de un estímulo está determinado por la discrepancia entre  $\lambda$  y  $V_{cs}$ . Finalmente, la fuerza asociativa del  $EC$   $c$  será igual a la fuerza asociativa anterior al ensayo más el incremento de esta misma fuerza tras el ensayo, es decir,

$$V_c = V_c + \Delta V_c \quad [95]$$

El modelo asume que el total de fuerza asociativa que puede adquirirse como resultado de una única presentación del  $EI$  está limitada por la suma de los valores asociativos del  $EC$  por sí mismo (Miller et. al., 1995). Además, la inhibición condicionada es lo opuesto a la excitación condicionada, por lo que ambas se representan con signos opuestos, asumiéndose, por tanto, que para un  $EC$  ambas tendencias son mutuamente excluyentes. Así, en el cálculo de  $V_{cs}$  los  $EC$  con valores negativos son sumados a los  $EC$  con valores positivos.

Por tanto, vemos que la capacidad de asociación de cierto estímulo es constante y no varía en función de la experiencia. Además, el cambio en la asociación entre un estímulo y otro depende exclusivamente de la fuerza asociativa anterior y del resultado del ensayo, siendo la relación entre aprendizaje y actuación monótonica.

Este modelo fue modificado por Blough (1975), para dar cuenta del desplazamiento del vértice —del que hemos hablado más arriba— en el que se asume que los estímulos simples están formados por diferentes elementos que representan sus características (Pearce, 1998; pág. 156).

Así, Blough conceptualiza el estímulo como un continuo físico, en el que estos elementos se solapan entre sí. La generalización se produce por la presencia en la prueba de elementos vistos por el participante en el entrenamiento de la fase previa. De esta forma, cada estímulo activa algunos elementos más fuertemente que otros. Se asume que un estímulo produce cierto grado de activación en ciertos elementos situados en un punto del continuo, esta activación será menos potente en los elementos más alejados de los anteriores. Los grados de activación siguen una distribución gaussiana. Por tanto, la modificación de las asociaciones entre los estímulos es producto del cambio de relación entre los elementos que los componen.

Matemáticamente, el modelo de Blough se basa en la siguiente expresión para explicar el cambio en la fuerza asociativa de los elementos

$$\Delta V_i = \gamma_{si} \beta (\lambda - V_s) \quad [96]$$

Donde el cambio de fuerza asociativa de un elemento  $i$  seguido de un juicio de un estímulo  $s$ , está determinado por la activación del elemento  $i$  por el estímulo  $s$ ,  $\gamma_{si}$ , la salencia del resultado del juicio,  $\beta$  y la correspondencia entre el nivel de refuerzo actual,  $\lambda$ , y el nivel de refuerzo esperado,  $V_s$ . Siendo esta última igual a esta expresión

$$V_s = \sum_{i=1}^n \gamma_{si} V_s, \quad [97]$$

Para  $i =$  elemento 1, 2,... $n$  al ser activado por el estímulos  $s$ . Conviene resaltar que el término  $\gamma_{si}$  aparece de nuevo en la definición de  $V_s$  para indicar que el valor asociativo de  $s$  está determinado por la suma del peso algebraico de las fuerzas asociativas de todos los elementos activados por  $s$ .

El principal punto débil de la extensión propuesta por Blough es la formulación de estos elementos ya que son desconocidos (Ghirlanda y Enquist, 1999; Wills y Mackintosh, 1998). Por ejemplo, si un estímulo es una luz de 560 nm, ¿qué elementos son los que comparten esta luz y otra de 570 nm?

La teoría de Rescorla-Wagner fue aplicada por primera vez en la categorización humana en el modelo conexionista de Gluck y Bower (Gluck y Bower, 1988). El modelo consta de una serie de nódulos *input* conectados directamente a las unidades *output*. La activación de estas últimas ( $O$ ) depende de la suma de los valores de activación de los primeros ( $a$ ) multiplicados por un peso ( $w$ )

$$O_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} a_i, \quad [98]$$

En el modelo, el error es la diferencia entre la actividad real y la deseada ( $d$ ) en los  $m$  nódulos de *output*

$$E(e) = E \left[ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (O_j - d_j)^2 \right] \quad [99]$$

Finalmente, el cambio en los pesos de activación de cada nódulo de *input* a la unidad de output es calculado mediante la siguiente regla

$$\Delta w_{ij} = \beta (d_j - o_j) a_i \quad [100]$$

Siendo  $a_i$  la activación del nódulo de *input*  $i$  y  $d_j$  una señal de *input* especial que indica al nódulo *output* la activación que falta para que se obtenga la respuesta correcta.

Como puede apreciarse, esta regla es muy similar a la de Rescorla-Wagner, basta simplemente con que  $V = w_{ij}$  y que  $d_j = \lambda$ . Los paralelismos estructurales son también notables. Los nódulos *input* equivaldrían a los estímulos y las unidades *output* a las respuestas. Así, la presentación (excitación) de un estímulo (*input*) conlleva cierta respuesta (activación) cuya asociación cambia en función de la expresión 96 o 100.

La teoría de Rescorla y Wagner tiene dificultades a la hora de explicar la denominada inhibición latente —la repetida presentación de un *EC* por sí misma retrasa su condicionamiento con un *EI* (Lubow, 1973; Lubow y Moore, 1959), es decir, reduce su capacidad de asociación— debido a que mantiene fijo el valor de  $\alpha$ . Además, aunque el modelo describe la asociación entre el *EC* y el *EI*, no explica cómo se forman o como influyen en la conducta (Pearce y Bouton, 2001). Todo ello provoca que surjan teorías en las que la capacidad de asociación de un estímulo puede ser alterada.

El propio Wagner (Wagner, 1981; Wagner y Brandon, 1989) ha propuesto otra teoría: teoría SOP (*Standard Operating Procedures*). En esta teoría, se asume que un estímulo excita un nódulo compuesto por varios elementos. Estos elementos, normalmente inactivos, tienen dos estados de activación: *A1*, en el que el estímulo es el foco de atención y *A2* en el que se tiende a no prestar atención al estímulo. Los elementos del nódulo entran en el estado *A1* al presentar el estímulo y en el *A2* bien cuando la fase *A1* termina o bien cuando se ha producido una asociación previa, es decir, al presentar un *EC* asociado con un *EI* los elementos excitados del *EI* pasan al estado *A2*.

El cambio en la capacidad asociativa del *EC* sólo es posible en el estado *A1* y la repetida presentación de un estímulo en cierto contexto incrementa la asociación entre el *EC*. El contexto, por tanto, activa el estado *A2* directamente al presentarse el *EC* lo que impide el aprendizaje (posible únicamente en *A1*). Además, el cambio de contexto conlleva una menor capacidad evocadora del *EC*.

Una derivación interesante de esta teoría es el trabajo de McLaren, Kaye y Mackintosh (1989) en el que, dados dos estímulos compuestos —*AX* y *BX*—, la presentación repetida de los mismos hace que sus componentes se asocien al contexto, lo que les resta capacidad de asociación, especialmente al componente *X* al ser el que más se presenta. Si estos dos estímulos deben ser discriminados, la baja capacidad de asociación resultante provocará que sean fácilmente discriminables (Mackintosh, Kaye y Bennett, 1991).

Otra explicación alternativa podemos encontrarla en la predicción del refuerzo de Mackintosh (Mackintosh, 1975) en la que se afirma que la capacidad de asociación de un estímulo depende de su poder para predecir el refuerzo. El estímulo *A* es un buen predictor si la diferencia entre su fuerza asociativa ( $V_a$ ) y el valor  $\lambda$  es menor que la diferencia entre este valor y la suma asociativa de todos los estímulos que acompañan a *A* ( $V_t$ ). La forma de calcular el incremento de *A* es similar a la de Rescorla y Wagner pero sustituyendo el valor del resto de estímulos por el de *A*

$$\Delta V_a = \alpha_a \beta (\lambda - V_a) \quad [101]$$

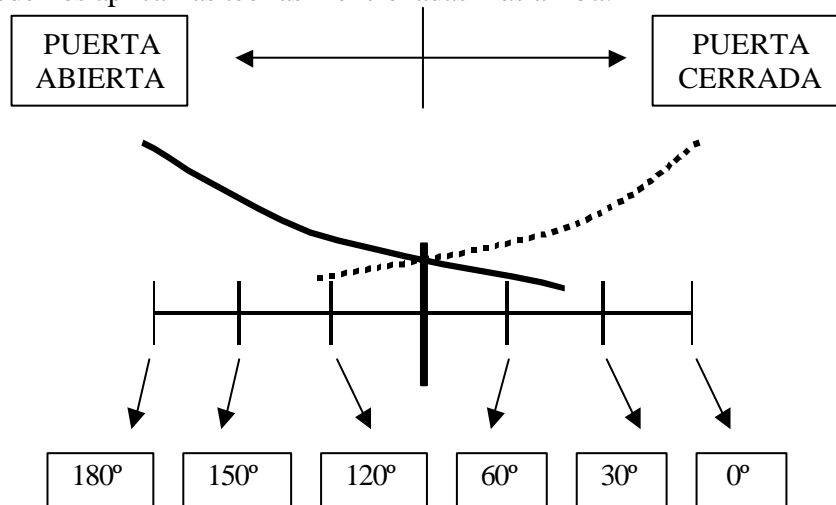
Una predicción interesante de la teoría es la de que se debe prestar más atención a los componentes que mejor predicen la recompensa. Los trabajos que han intentado comprobar esto han dado resultados contradictorios tanto positivos (George y Pearce, 1999) como en su contra (Hall y Pearce, 1979). Para acabar con las teorías elementales, comentaremos la de Pearce y Hall (1980)

La última de las teorías elementales es la del valor  $\alpha$  de Hall y Pearce. Estos autores proponen que la atención al estímulo es necesaria cuando se está aprendiendo algo sobre éste, y que deja de tener importancia cuando se ha realizado el aprendizaje. Se debe, por tanto, distinguir entre la atención que se presta al estímulo en cada una de estas dos fases. Matemáticamente, el modelo utiliza la siguiente expresión

$$\alpha_a = |\lambda - V_t|_{n-1} \quad [102]$$

Donde la capacidad de asociación de un estímulo  $A$ , por tanto, está determinada por la diferencia absoluta entre  $\lambda$  y  $V_t$  (idéntico al de Rescorla-Wagner) para la ocasión anterior en la que  $A$  fue presentado. El valor de  $\alpha$  será mayor cuando el  $EI$  es inesperado y disminuirá si se trata del esperado. La relación establecida por el modelo ha recibido un cierto apoyo (por ejemplo, Wilson, Boumphrey y Pearce, 1992).

Una vez vistas las teorías elementales, y antes de pasar a ver las de carácter configuracional, detengámonos un momento en las primeras para investigar su relación con nuestro continuo categoría puerta abierta / puerta cerrada. En primer lugar, observemos la Figura 18. Podemos apreciar que las diferentes puertas se hallan distribuidas a lo largo del continuo de acuerdo con el valor empírico del ángulo que forma el marco y la puerta. Además, debe establecerse todos los miembros de una categoría como  $E+$  (por ejemplo, de la categoría puerta abierta) y otra como  $E-$  (puerta cerrada). Una vez hecho esto, podemos aplicar las teorías mencionadas más arriba.



**Figura 18** Categoría puerta cerrada / abierta con los gradientes excitatorios (línea continua) e inhibitorios (línea discontinua) de Spence

Así, desde el punto de vista de los gradientes excitatorios de Spence, dibujados en la Figura 18, el gradiente excitatorio alcanzaría su máximo en el extremo de la categoría puerta abierta mientras que el

gradiente inhibitorio alcanzaría su máximo en el extremo de la categoría puerta cerrada. La interacción de los dos gradientes determina la respuesta a los diferentes estímulos no vistos con anterioridad. Por tanto, frente a un ángulo de, por ejemplo, 90° el valor de los gradientes es idéntico por lo que la respuesta a ese estímulo podrá ser tanto de “puerta abierta” como de “puerta cerrada”. Desde el punto de vista de la teoría de muestreo de estímulos, el ángulo de 90° comparte el mismo número de características con cada una de las categorías, bien las comunes (*C*, en este caso podríamos considerar como tales el marco de la puerta), bien propias de cada categoría (*e+* y *e-*, la posición de la hoja con respecto al marco) por lo que la predicción sería similar a la anterior.

De forma similar, puede hablarse de la modificación del modelo de Rescorla-Wagner efectuada por Blough aunque, como se recordará, este autor establecía un continuo común desde un extremo a otro para todos los estímulos y el ángulo de 90° se sitúa en el centro del mismo. En este caso, el continuo es, lógicamente, el grado de separación entre el marco y la hoja. Es importante tener en cuenta que el orden de presentación de los estímulos determina la asociación. Por lo que respecta al modelo de Wagner, habría que tener en cuenta el contexto en el cual se han percibido los estímulos.

Tanto la teoría de Mackintosh como la de Hall y Pearce resaltan la importancia de la atención. Así, en la primera de ellas, se debe prestar más atención a los estímulos que correlacionan con la recompensa en el caso de la primera —en nuestro caso, a la hoja de la puerta— lo que remite directamente al papel de la atención dentro del modelo de Nosofsky. En cuanto a los dos tipos de atención postulados por la segunda, la diferenciación entre los dos procesos —el de aprendizaje y el de ejecución— tiene cierto paralelismo con la distinción formulada por Ashby en su modelo.

Como veremos más adelante, las influencias entre las teorías de aprendizaje animal y humano han hecho que surjan trabajos en los que se trata de explicar la categorización dentro del contexto teórico de unos aplicado a los otros.

En cuanto a las teorías configuracionales, la principal es la desarrollada recientemente por Pearce (Aydin y Pearce, 1994; Pearce, 1987, 1994). La principal diferencia entre ésta y las teorías explicadas anteriormente es que cuando se presentan dos o más estímulos juntos,

unicamente se desarrolla una asociación. Esta asociación se produce entre el *EI* y la configuración compuesta de varios estímulos (*P* o patrón). Una vez ha sido asociado al *EI*, la fuerza de la respuesta provocada por un nuevos patrón (*P*<sup>o</sup>) será determinada por la similitud entre *P* y *P*<sup>o</sup> (*pSp*<sup>o</sup>) multiplicada por la fuerza asociativa original de *P* (*Ep*). Esta similitud depende de la proporción de elementos que comparten los dos patrones. La similitud es calculada mediante

$$pSp^o = \frac{Nc^2}{(NpNp^o)} \quad [103]$$

Donde  $Nc^2$  son los elementos comunes entre los dos patrones y  $Np$  y  $Np^o$  es el número de elementos de cada patrón. El cambio en la fuerza asociativa de *P* es calculado mediante

$$\Delta Ep = \beta(\lambda - (Ep + pSpEp^o)) \quad [104]$$

En la que  $\beta$  tiene el mismo significado que en la expresión 94, de la que es una nueva versión (Pearce y Bouton, 2001) y en la que la que ( $Ep + pSpEp^o$ ) ha sustituido a  $V_{cs}$  (aunque su significado es el mismo) y donde la gran novedad es la desaparición de la salencia  $-\alpha-$  ya que esta propiedad refleja la capacidad de generalización aquí equivalente a la similitud.

La teoría configuracional ha sido apoyada por diferentes estudios (Nakajima, 1997), aunque en otros los resultados han ido en su contra (Rescorla, 1999). Presenta algunos problemas a la de explicar resultados como la inhibición latente o el hecho de que la presentación conjunta de dos estímulos condicionados separadamente a un mismo *EI* elicite mayor repuesta que la presentación por separado. Finalmente, tiene problemas en el condicionamiento de  $A+$ ,  $AB-$  y  $A$  (por ese orden) en el que la transferencia de la inhibición condicionada al estímulo excitatorio es incompleta (Nakajima, 1997).

Si regresamos a la Figura 18, cada uno de los estímulos está formado por dos componentes que, en este caso formarían una sola impresión. El marco sería el valor  $Nc$  y el grado de separación entre la hoja y el marco sería el valor  $Np$  de cada estímulo en particular. Nótese que en esta aplicación, sin embargo, no se tiene en cuenta los elementos posibles que pueden compartir un ángulo y otro, por lo que el valor  $Nc$  es el mismo para todos los pares de estímulos. Al igual que

en el modelo de Rescorla-Wagner, la asociación quedaría determinada por el orden de presentación de los estímulos.

Recientemente, la teoría de Pearce ha sido comparada con el modelo ALCOVE (Young y Wasserman, 2002) —recuérdese la gran similitud entre la teoría configuracional y el modelo de ejemplares— en el que se manipula la presencia/ausencia de características. Los resultados muestran que la métrica basada en la similitud debe incorporar la distinción entre características presentes en el estímulo y características ausentes.

La polémica entre teorías elementales y configuracionales aún no ha sido resuelta, sobre todo teniendo en cuenta que los participantes pueden utilizar un tipo de asociación en unos casos y la contraria en otros (Osselaer, Janiszewski y Cunha, 2004; Williams y Braker, 1999; Williams, Sagness y McPhee, 1994). De las teorías comentadas, tanto elementales como configuracionales, la que guarda un parecido más directo con las de categorización es la de Pearce, la teoría configuracional es similar a la de ejemplares (Shanks, Charles, Darby y Azmi, 1998). El mismo Pearce plantea su teoría como un modelo conexionista (Pearce, 1994) lo que vincula su trabajo directamente con el ya comentado de Kruschke (1992).

De hecho, han existido distintos intentos de unir las teorías humanas de categorización a la asociación de estímulos, sobre todo a partir de la pasada década (Shanks, Darby y Charles, 1998). A los trabajos ya comentados que establecen la relación entre el desplazamiento del gradiente y el efecto de prototipo se unen aquellos que intentan comprobar si la teoría de prototipo puede explicar la categorización en animales —e incluso si los animales pueden formar categorías supraordinales, en línea con los estudios de Rosch (Astley y Wasserman, 1999; Wasserman, DeVolder y Coppage, 1992)—. Las evidencias favorecen al modelo de prototipo en algunos casos (Jitsumori, 1996) si bien en otros casos tienden a aportar pruebas a favor del modelo de ejemplares (Huber y Lenz, 1996).

Así, el modelo de ejemplares es puesto a prueba en diferentes trabajos (Astley y Wasserman, 1992; Cheng, Spetch y Johnston, 1997) en los que se investiga la relación ya comentada entre la dimensión y la atención que recibe y su capacidad para predecir la recompensa (George y Pearce, 1999). También se ha utilizado la presentación de



estímulos de Ashby y su GRT para explicar la categorización en animales (Herbranson, Fremouw y Shimp, 1999).

Finalmente, puede señalarse algunos estudios recientes en los que se investiga, en humanos, la influencia de la preexposición de un estímulo en la categorización mostrando que esta influencia depende de la forma en la que se ha construido las categorías (Wills, Surte y McLaren, 2004). Además, algunos trabajos ponen de nuevo de relieve el efecto de añadir dimensiones a los estímulos (Markman y Maddox, 2003; Medin, Dewey y Murphy, 1983)

La principal novedad que aporta el enfoque E-R con respecto a las teorías comentadas anteriormente es el enfoque centrado en las propiedades físicas de los estímulos. Por ello no es necesario recurrir a la representación multidimensional de los estímulos para explicar la conducta —conducta que puede incluir la categorización— sino aplicar las reglas de los procesos de aprendizaje asociativo. Por supuesto que, al tratar con seres humanos, puede recurrirse a procesos más complejos de procesamiento de la información, pero ¿por qué abandonar las características físicas de los estímulos que les son presentados? El siguiente marco teórico parte de las características físicas de los estímulos para predecir la categorización sin que ello implique el clásico reduccionismo E-R.

## La categorización racional

La teoría racional de Anderson (ACT-R; *Adaptive Character of Thought-Rational*) es una versión de la teoría cognitiva del propio Anderson (1976, 1983) o ACT. La ACT-R o “análisis racional” de la cognición (Anderson, 1990, 1991b) se centra en el estudio de las características físicas del entorno y parte de un supuesto principal: que el individuo se comporta de forma racional —es decir, de forma óptima y adaptativa— ante los estímulos de ese ambiente. Nótese que existe una finalidad, formulada de forma explícita dentro del modelo, por parte del participante para actuar de cierta manera. Es a partir de esta ACT-R, en la que combina su análisis de la memoria y de la toma de decisiones y en la que el nivel categorial del objeto es tratado como una característica más, que elabora su aproximación racional a la categorización (Anderson, 1991; Anderson y Matessa, 1998). Veamos, en primer lugar, cuales son los supuestos generales de la ACT-R para luego formular detalladamente su aplicación a la categorización.

La teoría parte del supuesto que la cognición se adapta a la estructura del ambiente que le rodea. Por tanto, si pudiéramos conocer cuál es esta estructura, podríamos formular predicciones sobre los procesos cognitivos relacionados con ella. Ello es posible ya que el procesamiento de la información está orientado hacia el rendimiento óptimo, es decir, dadas ciertas circunstancias ambientales puede pronosticarse los resultados de los procesos mentales (por ejemplo, la categorización) debido a que éstos tenderán a obtener el mayor rendimiento a partir de esas circunstancias. Por tanto, conocer las características del ambiente, conlleva poder predecir como el participante se va a comportar ante ellas.

La idea de adaptación, —y su consecuencia, la optimización— proviene de diferentes campos como el de la economía y el de la biología —teoría del aprovisionamiento óptimo (Clark, 1991; Krebs y Davies, 1984)— en los que la conducta del individuo se asume como dirigida a un máximo beneficio con un mínimo gasto. En términos psicológicos podríamos hablar de costos computacionales o de memoria y de resultados en la tarea.

Nótese, no obstante, que esta idea está presente también en los diferentes marcos teóricos formulados hasta el momento; así, en la

teoría de ejemplares, el participante establece una serie de pesos atencionales que le permiten categorizar los estímulos de la mejor forma posible, en la GRT se menciona explícitamente esta idea al referirse a los límites óptimos que el participantes puede llegar a establecer.

Finalmente, para Anderson la capacidad de adaptación de la categorización es una combinación de la capacidad adaptativa de la memoria y de toma de decisiones, siendo estas dos últimas conceptos primitivos dentro de su marco teórico a partir de los cuales surge la conducta clasificatoria; ello va en contra de los enfoques precedentes en los que se hace hincapié en la características diferenciadoras de la categorización

El análisis racional que propone Anderson parte de la premisa que el participante, conforme va viendo nuevos objetos, crea categorías a las cuales asigna esos objetos maximizando la probabilidad que de la estructura (el estímulo) que percibe pertenezca a cierta categoría. Para determinar las características de este proceso deben seguir los siguientes pasos: (1) Establecer que sistema es el que se optimiza, es decir, detallar cuales son los objetivos del sistema que deben alcanzar el máximo posible. (2) Determinar los supuestos sobre la estructura del ambiente al cual se adapta el sistema. Aquí existen dos problemas: usualmente la formulación de esa estructura se basa en una sola parte del ambiente y pueden existir problemas a la hora de su generalización. Además, siempre existe la duda sobre si esa estructura es la única posible. (3) Especificar los supuestos sobre los costos de la actuación óptima del individuo. (4) Derivar la función optimizadora. Esta función debe ser formulada con gran cuidado ya que la definición de lo que es óptimo que puede ser diferente para el participante y para el experimentador.

Anderson define la categorización como la predicción de las características de los objetos a partir del nivel de las otras características que componen el objeto. Puesto que estos objetos tienden a formar grupos según diferentes criterios como sus atributos o sus características físicas o lingüísticas, el hecho de conocer que el objeto está dentro de una categoría le permite predecir diferentes propiedades sobre él. Esta predicción debería quedar reflejada desde un esquema bayesiano de probabilidad ya que el conocimiento del

ambiente no es perfecto (y puede provocar errores, un pájaro amarillo no tiene por que ser un canario).

Por tanto, para Anderson las categorías existen en el mundo real siendo ésta la estructura del ambiente. Un ejemplo de ello son las categorías animales, en las que el fenómeno de la especiación ha provocado que: (a) Dentro de una especie la probabilidad de poseer cierta característica sea independiente de poseer otra de ellas. (b) La imposibilidad de mezcla de estas características entre diferentes especies. Al igual que antes, esta distribución de características debería quedar reflejado desde un modelo probabilístico.

Además, el proceso de categorización está sujeto a distintas restricciones para minimizar los costos. Estas son, en primer lugar, que existe alguna hipótesis sobre la estructura de la categoría a la que pertenece el objeto visto —lo que equivale a suponer que la gente tiende a percibir los objetos como provenientes de una categoría— y, en segundo lugar, que estas hipótesis son puestas a prueba después de presentarse cada uno de los objetos de la categoría —que equivale a suponer que la gente necesita ser capaz de hacer predicciones todo el tiempo, no tras mucha deliberación— dando lugar a un proceso de tipo iterativo.

El proceso de categorización propuesto por Anderson se desarrolla de la siguiente forma: (1) Antes de ver cualquier objeto, los objetos no han sido divididos en categorías. (2) Dada cierta división  $x$  de los primeros  $m$  objetos, es posible calcular la probabilidad de que el  $m+1$  objeto, con ciertas características o estructura, pertenezca a una de las  $k$  categorías vistas,  $P(k/F)$ . (3) Creación de una división de los  $m+1$  objetos, con el objeto  $m+1$  asignado a la categoría que posea la máxima probabilidad (calculada en el punto 2). (4) Predicción de la probabilidad que el valor  $j$  aparezca en la dimensión  $i$  en el objeto  $m+1$  con una estructura  $F$ . Esta predicción se calcula mediante la siguiente expresión

$$P_i(j/F) = \sum_k P(k/F)P_i(j/k) \quad [105]$$

Donde  $P_i(j/F)$  es la probabilidad que el objeto posea la característica  $j$  en la dimensión  $i$  dada la estructura  $F$  del objeto. Las expresiones del sumatorio son  $P(k/F)$ , la probabilidad de la división  $k$  dada la

estructura  $F$  del objeto  $o$ , lo que es lo mismo, la probabilidad que el objeto  $m+1$  sea de la categoría  $k$  dada la estructura  $F$ . En cuanto a  $P_i(j/k)$ , es la probabilidad que el objeto de la categoría  $k$  posea el valor  $j$  en la dimensión  $i$ .

Una vez definida la probabilidad (con las restricciones ya mencionadas) de categorización, pasemos a analizar cada uno de sus términos. En primer lugar, hemos de definir  $P(k/F)$ , esta probabilidad es igual a

$$P(k/F) = \frac{P(k)P(F/k)}{\sum_k P(k)P_i(F/k)} \quad [106]$$

Donde el denominador es la suma de todas las posibles  $k$  categorías en las que se puede dividir los objetos. Así,  $P(k)$  es la probabilidad que el objeto provenga de una de las  $k$  categorías antes de que los objetos sean vistos. Se trata, por tanto, de una probabilidad *a priori* que para ser calculada requiere de un parámetro  $c$  de emparejamiento, es decir, la probabilidad que dos objetos sean de la misma categoría (probabilidad que no depende del número de objetos vistos).

El cálculo de  $P(k)$ , en el que interviene  $c$ , se realiza mediante la siguiente expresión

$$P(k) = \frac{cn_k}{(1-c) + cn} \quad [107]$$

En la que  $c$  —cuanto mayor es éste, más grandes son las divisiones de los objetos, cuanto menor, menor es el tamaño de las divisiones— es el mencionado parámetro,  $n_k$  el número de objetos asignados a la categoría  $k$  y  $n$  el número de objetos vistos.

En cuanto al segundo de los componentes del denominador de la ecuación 106,  $P(F/k)$  o la probabilidad que en una dimensión de un objeto de las  $k$  categorías aparezca el valor  $j$ , es igual a

$$P_i(F/k) = \prod_i P_i(j/k) \quad [108]$$

En la que, como puede verse, se asume que las probabilidades de cada valor en cada dimensión son independientes. Este supuesto está justificado, según Anderson, para las especies animales.

Finalmente, debe definirse  $P_i(j/k)$  que, como se recordara, aparece en la ecuación 106. No obstante, existe una distinción entre valores dimensionales discretos y continuos; para los primeros,  $P_i(j/k)$  queda definida como

$$P_i(j/k) = \frac{c_j + \alpha_j}{n_k + \alpha_0} \quad [109]$$

En la que  $n_k$  es el número de objetos en la categoría  $k$  que tienen un valor en la dimensión  $i$  conocido y  $c_j$  es el número de objetos en la categoría  $k$  con el mismo valor  $j$  que el objeto.

En cuanto a  $\alpha_j$ , refleja la probabilidad *a priori* del valor  $j$  mientras que  $\alpha_0$  refleja la fuerza de la creencia en esa probabilidad, siendo igual a

$$\alpha_0 = \sum \alpha_j \quad [110]$$

Si las dimensiones son continuas, en lugar de la probabilidad de una característica o valor, se utiliza la función de densidad de la probabilidad, en la que se estima una distribución normal con varianza y media desconocidas. La distribución  $t$  resultante es función de la media y varianza estimada ( $\mu_0$  y  $\sigma_0^2$ ), de la confianza en esos pronósticos ( $\lambda_0$  y  $\alpha_0$ , respectivamente) y de la media y varianza en la dimensión  $i$  de la categoría  $k$  en las observaciones previas ( $\bar{x}_{ik}$  y  $s_{ik}^2$ ). El valor esperado en esa dimensión es el promedio de las medias en esa dimensión ponderado por las probabilidades condicionadas de que el valor sea miembro de la categoría

$$E(i) = \sum_k P(k/j) \mu_{ik} \quad [111]$$

Donde  $\mu_{ik}$  es la estimación de las medias de la dimensión, que es igual a las medias *a priori* y de las medias observadas, según la expresión

$$\mu_k = \frac{\lambda_0 \mu_0 + n_{ik} \bar{x}_{ik}}{\lambda_0 + n_{ik}} \quad [112]$$

Al contrario que las aproximaciones anteriores, el análisis racional no parece ser demasiado razonable considerado *a priori* —un complejo cálculo de probabilidades—, no obstante, el propio Anderson advierte que la cuestión no es que el proceso de categorización siga todo el desarrollo matemático que acabamos de exponer sino que el proceso humano tenderá a ser óptimo y que la forma de conocer cuál es ese óptimo se obtiene mediante el cálculo de las ecuaciones precedentes.

Por tanto, la ACT-R de categorización no es la representación formal de los procesos psicológicos, que Anderson no analiza, si no una forma de predecir la conducta a partir de las características de la realidad, predicción realizada mediante una probabilidad de respuesta que se relacionara con la conducta básicamente de forma monotónica (Anderson, 1991). Además, esta teoría se diferencia de las precedentes en que toma las categorías como una propiedad de los objetos, al contrario que, por ejemplo, la de ejemplares en la que la categoría era un producto de las características del estímulo, principalmente su similitud.

No obstante, la categorización de Anderson también utiliza la similitud, tal y como puede verse en la expresión 109, en la que  $c_j$  representa a los objetos que comparten la característica  $j$  con el estímulo visto. Nótese, el parecido existente entre la expresión 108 y la fórmula de similitud propuesta por Medin y Schaffer; ambas basadas en la multiplicación de sus componentes.

De hecho, el propio Anderson ha planteado su modelo racional como un modelo de ejemplares (Anderson y Matessa, 1998). Fijémonos, por ejemplo, en la mayor sensibilidad a una dimensión —propia de los supuestos del modelo de Nosofsky— es convertida en menor (diferente) fuerza *a priori* de las varianzas en el modelo de Anderson o en que ambos modelos predicen una función decreciente de acuerdo con el número de valores dimensionales compartidos por dos estímulos.

La teoría ha sido puesta a prueba por Anderson en distintas ocasiones en las que ha dado buenos ajustes a diferentes resultados de otros autores (como los de Gluck y Bower, 1988; Nosofsky, 1988b o

Reed, 1972). Por otro lado, su autor también ha ampliado su campo de aplicación (Anderson y Matessa, 1992). Así, el modelo racional ha sido aplicado a categorías cambiantes (Elliot y Anderson, 1995), en las que los objetos que las forman cambian en diferentes fases del experimento, añadiéndosele elementos de memoria y, más recientemente, también ha sido aplicado para estudiar el efecto de la correlación intracategorial —a la que son sensibles los participantes— en la categorización (Anderson y Fincham, 1996).

Además, otros autores han estudiado la capacidad de la ACT-R de categorización para dar cuenta del proceso de aprendizaje de las categorías (Nosofsky, Gluck, Palmeri, McKinley y Glauthier, 1994; Palmeri, 1999) en los que se suele comparar con el ALCOVE y el modelo de Gluck y Bower, ambos comentados anteriormente. El concepto de utilidad de la categorización (como predicción de los valores de una característica en los ejemplares de una categoría) también ha sido utilizado por otros autores (Corter y Gluck, 1992) en el nivel de las categorías básicas.

La definición de Anderson de la categorización como la predicción de una característica, se ha utilizado como punto de partida en otros estudios como, por ejemplo, el de Murphy y Ross (1994). El trabajo confirma la importancia de la correlación intradimensional pero también muestra, por un lado, la importancia que tiene en el modelo de Anderson la correspondencia entre las categorías creadas por el participante y las creadas por el experimentador y, por otro lado, los problemas que puede tener algunos de los supuestos asumidos por Anderson. Así, el trabajo se centra en el supuesto de independencia de probabilidades calculadas en la expresión 105 (en la que, como se recordará, la probabilidad que un objeto tenga cierta característica  $j$  es igual —dada la estructura  $F$  del objeto— a la suma para todas las categorías de la probabilidad que se encuentre en una categoría —dada su estructura  $F$ — por la probabilidad que el objeto tenga la característica  $j$  estando incluido en esa categoría), supuesto que no es confirmado ya que los participantes no parecen utilizar la regla.

Ello nos remite a las críticas que ha recibido el modelo como respuesta a su publicación en la revista *Behavioral and Brain Sciences* (Anderson, 1991b). La primera de las críticas al enfoque de Anderson se refiere al uso de la teoría evolucionista para explicar la categorización (y la cognición) ya que la psicología se ocupa de las



causas primarias de la conducta y no de las causas últimas (Massaro y Friedman, 1991), además, el hecho de que el participante posea ciertas categorías no significa que esta haya sido resultado de un proceso de selección de las especies sino que también es posible que se produzca una selección social o que la selección ocurra dentro de la mente de cada individuo (Corter, 1991). En suma, se corre el peligro de trasladar un concepto de forma vaga a un campo totalmente distinto y al que no se puede aplicar (Rachlin, 1991).

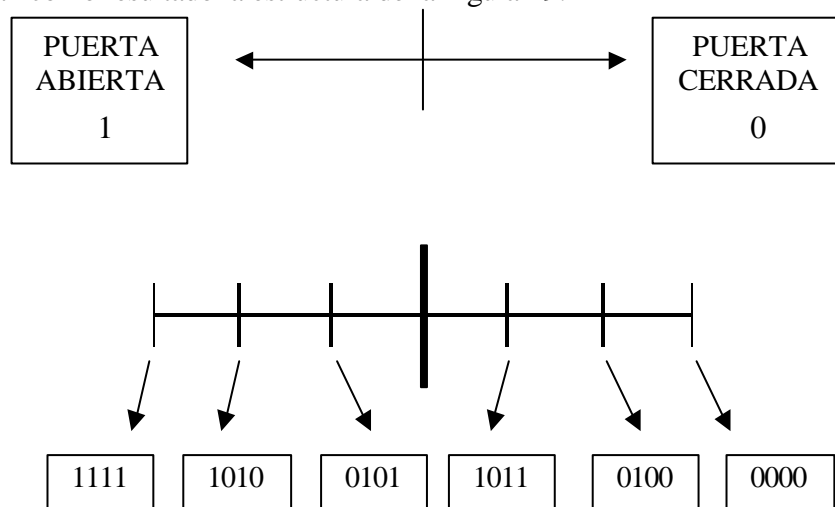
En cuanto a la relación propuesta entre ambiente y conducta, algunos autores resaltan que en ocasiones el participante no se comporta de forma óptima —recuérdese el clásico ejemplo de la cajera feminista y otras falacias de pensamiento de Tversky (Tversky y Kahneman, 1983)— y que quedarían sin explicar por el modelo (Baron, 1991; Shafir, 1991) si bien Anderson opina que estos ejemplos son irrelevantes para la teoría y que existe explicación para lo irracional; es posible que la conducta sea adaptativa en otro contexto y no en el presente o a que el procesamiento de la información pueda tener algún subóptimo. No obstante, no puede negarse que el mismo ambiente conduce a distintas conductas (Shafir, 1991) o que diferentes ambientes pueden tener diferentes estructuras (Gigerenzer, 1991).

Finalmente, centrándonos en el modelo, pueden formularse algunas objeciones como la importancia que tiene el orden de presentación en el cálculo de las categorías por parte del modelo (que serán diferentes si se altera el orden) y que este cálculo se produzca después de ver cada ejemplar. Así mismo, también es dudoso que las características sean independientes entre las especies (Corter, 1991) y mucho menos en otros contextos (Gigerenzer, 1991). Por último, se critica al modelo por la ausencia de supuestos sobre la cognición (Corter, 1991) y por el uso de la teoría bayesiana amparándose en la incertidumbre del proceso ya que a otros autores el mismo supuesto les ha llevado a aplicar técnicas de regresión como en el caso de Brunswik (1964) (Gigerenzer, 1991).

El modelo de Anderson, a fin de cuentas, conduce a la siguiente reflexión; si conocemos tanto el *input* como el *output* y a partir de la relación entre ambos debemos inferir lo que ocurre durante el proceso de transformación de uno en otro, ¿de cuantas formas posibles puede producirse y cual de todas ellas debemos escoger como la autentica?

Pasemos ahora a adaptar el modelo de Anderson a nuestro ejemplo de la puerta. Para ello, nos fijaremos en la Figura 19. En ella, al igual que sucedía dentro del aprendizaje E-R, las distancias entre los diferentes ángulos son proporcionales ya que estamos tratando con las distancias medibles objetivamente y no con distancias en el espacio psicológico. Ahora bien, siguiendo el modelo de Anderson los diferentes objetos estarían compuestos en todos los casos por, como mínimo, dos características; una, su valor en la dimensión —por ejemplo, longitud de una línea o, en nuestro caso, ángulo entre la hoja y el marco— y su categoría —*A* o *B* o, en nuestro ejemplo, puerta cerrada y puerta abierta—.

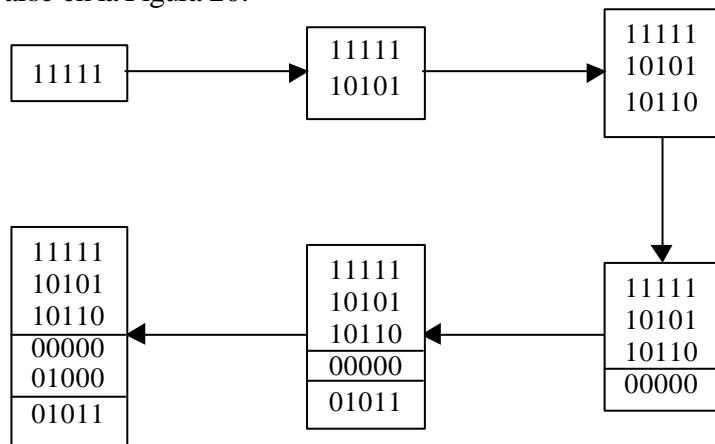
No obstante, podemos llevar a cabo las siguientes transformaciones; en primer lugar, la categoría *A* (puerta abierta) pasa a tener el valor 1 y la *B* toma el valor 0. Además, si la luz llega a la habitación en la que estamos le asignamos un valor de 1 y de 0 si no llega, tenemos en cuenta el color de la puerta (blanca o negra, 1 y 0), la estructura de la hoja (con cristalera o sin ella, 1 y 0) y la forma del marco (0, si es rectangular, 1 si es arqueado). Estas transformaciones dan como resultado la estructura de la Figura 19.



**Figura 19** Categoría puerta cerrada/abierta desde el punto de vista de la teoría racional de Anderson. Las dimensiones de cada objeto son: color, forma del marco, luz y decoración.

La estructura resultante es la empleada por Medin y Shaffer (1978) y que Anderson (1991) ajusta su modelo —esto es únicamente una

extrapolación, téngase en cuenta que los estímulos empleados por Medin y Schaffer son distintos— en el que el orden de presentación fue 11111, 10101, 10110, 00000, 01011 y 01000 (el último valor corresponde a la categoría) con  $c = 0,5$  y  $\alpha = 1$ . Al margen de los ajustes posteriores, es interesante resaltar la forma de proceder del modelo. Así, el modelo divide los objetos en tres categorías (11111, 10101, 10110; 00000, 01000; 01011) siguiendo el proceso que puede observarse en la Figura 20.



**Figura 20** Proceso de los ejemplares por el modelo de Anderson. Cada valor de 0 y 1 corresponde a una característica del estímulo siendo el último que corresponde a la categoría

El modelo, por tanto, analiza el primer estímulo al que asigna a una categoría, cuando se le presenta el siguiente (10101) puede crear otra categoría o bien asignarlo a la misma que el primero, escogiendo la opción con mayor probabilidad que en este caso es que ambos se encuentren dentro de una misma categoría y de la misma forma con el resto de estímulos. El número de categorías resultante es de tres, lo que difiere de las planteadas por el experimentador. No obstante, el modelo, cuando  $c$  tiende a disminuir, mejor predice los resultados obtenidos ya que trata cada ejemplar como si fuera una categoría (lo que está relacionado directamente con la teoría de ejemplares).

Recientemente (Sanocki, 2001), un enfoque similar ha sido adoptado para estudiar el posible efecto en la identificación de la presentación previa de una de las partes de ese mismo objeto teniendo en cuenta el tamaño de esta característica. El supuesto principal es que

los objetos son procesados por partes y los resultados muestran que existe una dependencia entre la información extraída de cada una de las partes que forman el objeto. Por tanto, esto se relacionaría con el proceso propuesto por Anderson en el que la probabilidad de poseer una característica está mediada por el resto de componentes que forman el objeto en cuestión.

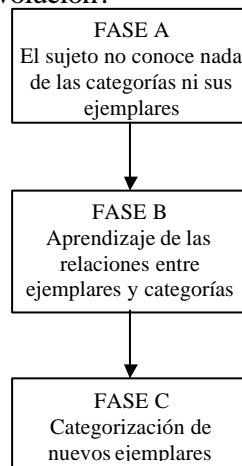
El modelo propuesto por Anderson, puede considerarse como una generalización del modelo de ejemplares. En efecto, si tomamos cada uno de los ejemplares que se presentan y los incluimos en diferentes categorías puede llegar un momento en el que el número de categorías sea igual al número de ejemplares presentados. De esta forma, el modelo calcularía la probabilidad de que el ejemplar *Y* sea incluido en cierta categoría (formada por un único ejemplar, *X*) o, lo que sería lo mismo, que el ejemplar que se presenta sea idéntico al de esa categoría *X*. Por tanto, la probabilidad de pertenecer a esa categoría *X* se convierte en la similitud entre el ejemplar *Y* y la categoría *X*.

Tal vez por este motivo, el propio Anderson ha ampliado su modelo para incluir explícitamente al modelo de ejemplares. Así, el nuevo modelo propuesto por este autor (Anderson y Betz, 2001) incorpora una variación del modelo de ejemplares creada para dar cuenta del tiempo de categorización (Nosofsky y Palmeri, 1997) junto con un modelo de regla creado también por Nosofsky (Nosofsky, Palmeri y McKinley, 1994b). El interesante modelo resultante combina tanto la comparación de ejemplares como la aplicación de una regla. De esta forma, en cada ensayo el modelo opta bien por utilizar una estrategia de comparación de ejemplares bien por una estrategia de aplicación de una regla lógica, en función del éxito obtenido por cada una de ellas.

## El aprendizaje de categorías

Hasta este momento, hemos visto cómo los distintos modelos explicaban la categorización una vez los participantes habían aprendido a categorizar los estímulos que se les presentaban; es decir, la categorización entendida como un resultado. Así, los modelos propuestos tratan de explicar cómo categorizamos un objeto una vez que las categorías ya han sido aprendidas sin tener en cuenta el proceso mismo de adquisición de esas categorías que, como ha quedado demostrado, determina las características mismas de la categorización.

Los modelos más importantes de categorización, por tanto, apenas establecen supuestos sobre el proceso de aprendizaje de las categorías centrándose en el proceso de asignación. Ello puede llevar a la siguiente reflexión, ¿cómo es posible explicar un fenómeno sin remitirnos a su génesis y evolución?



**Figura 21** Tres posibles estadios del proceso de categorización

En consecuencia, en este apartado nos centraremos en los intentos que se han producido en los modelos más importantes a la hora de explicar el desarrollo de la categorización, en lo que podríamos denominar *transformaciones de modelos*. Asimismo, repasaremos los modelos más importantes creados para caracterizar el proceso de adquisición de las categorías a partir de los resultados obtenidos al margen de la similitud; *modelos de aprendizaje de categorías*.

En efecto, dejando al margen los modelos conexionistas de Gluck y Bower (1988b) pocos han sido los intentos de dar cuenta del proceso de categorización centrándose los esfuerzos en el estudio de distintas condiciones experimentales en las que se manipula las condiciones de categorización con la finalidad de alterar la categorización final. No obstante, han surgido teorías y modelos diseñados específicamente para explicar el aprendizaje de las categorías, es decir la fase B que podemos apreciar en la Figura 3.

Dentro de estas *transformaciones de modelos*, un intento interesante lo realiza Busemeyer y Myung (1988) desde el punto de vista de la teoría de prototipo. En este trabajo, los autores piden a los participantes que reproduzcan el prototipo de la categoría después de cada ensayo para, de esta forma, observar la evolución que se produce en el mismo. Si bien no es propiamente una alternativa teórica sí constituye un intento claro de conocer la evolución del proceso de categorización.

Además, la teoría de prototipo ha sido aplicada para dar cuenta de las distintas fases del aprendizaje de las categorías. En efecto, al contrario de lo que pudiera pensarse, la teoría de prototipo ha mostrado buenos resultados a la hora de ajustar los resultados en las primeras fases de la categorización, cuando las categorías todavía no han sido aprendidas (Smith y Minda, 1998). Así, los participantes tenderían a usar durante las primeras fases de la categorización un prototipo como referencia a la hora de categorizar los estímulos mientras que una vez las categorías han sido adquiridas tenderían a basar su categorización en la comparación con los ejemplares observados previamente.

Recientemente, se ha desarrollado una variedad de modelo de prototipo al que hacíamos referencia más arriba y llamado modelo CA o de ajuste categorial (Huttenlocher, Hedges y Duncan, 1991; Huttenlocher, Hedges y Vevea, 2000; Spencer y Hund, 2002). Así, se parte de que los estímulos son representados en dos niveles de detalle: por una parte, valores en detalle que forman las categorías y, por otra parte, información sobre la categoría. Si la representación del estímulo es exacta los valores son redundantes; si la representación no es exacta, la información proporcionada por los niveles es utilizada en combinación.

En el modelo de ajuste categorial los valores en detalle son representados a partir de una distribución en torno a un valor central. De esta distribución se toma una muestra que se verá afectada por la dispersión de la distribución. Así, una categoría es una región delimitada que cubre cierto rango de los valores en detalle (un punto en un eje de coordenadas puede situarse en uno de los cuatro cuadrantes —lo que equivale a la categoría— y posee dos valores —lo que equivale al valor detallado— en el eje  $x$ - $y$ ). Los límites de estas categorías no son exactos y pueden ser utilizados de dos formas: para codificar la categoría de l estímulo y para ajustar los valores en detalle. Las categorías incluyen una serie de valores distribuidos normalmente cuyo punto central es el prototipo (el cual tampoco es exacto al reflejar la dispersión de los ejemplares de la categoría).

El modelo CA plantea el proceso de aprendizaje de la siguiente forma. Los participantes recogen información sobre todos los niveles mencionados (valores de detalle, sobre la categoría y sobre el prototipo, con su falta de exactitud asociada). De esta forma, la falta de exactitud proviene de dos fuentes: variabilidad en torno a la media (varianza) y la diferencia entre el valor verdadero y la media (sesgo) y el uso de ambos tipos de información influye en la categorización; así, incluso si el sesgo aumenta, la precisión aumentará si la variabilidad disminuye.

El modelo distingue entre las respuestas del participante ( $R$ ) emitidas gracias a la información en detalle almacenada en memoria ( $M$ ). Que, como se recordará, no es exacta. Así, la respuesta del participante es una combinación lineal de la incertidumbre ( $M$ ) y del valor central de la categoría ( $p$ ) el cual también conlleva cierto grado de inexactitud. Matemáticamente,

$$R = LM + (1 - L)p \quad [113]$$

En la que  $L$  es un peso asignado a  $M$  el cual es la proporción entre la varianza de  $M$  y la de  $p$  y oscila entre 0 y 1. Finalmente, el sesgo de la respuesta del participante — $B(R)$ — es igual a

$$B(R) = E(R) - y \quad [114]$$

En la que  $y$  es el valor real del estímulo. Esta fórmula también puede ser expresada de la siguiente forma

$$B(R) = (L-1)(y-p) \quad [115]$$

Por tanto,  $R$  está sesgada hacia el centro de la categoría aunque  $M$  no esté sesgada.

La principal virtud de este modelo es que es el único que ha sido probado tanto en categorización de objetos como en categorización espacial (Spencer y Hund, 2002) si bien no especifica el origen del prototipo geométrico. El modelo, por tanto, postula la utilización de información de distintos niveles a lo largo del proceso de categorización siendo la idea de una tendencia central o prototipo y la dispersión alrededor de estos valores el principio fundamental del modelo. El proceso de categorización queda caracterizado como un efecto de la información almacenada en memoria.

Desde la teoría de ejemplares, la aproximación más evidente es la re-adaptación llevada a cabo por Nosofsky del ALCOVE (Nosofsky, Kruschke y McKinley, 1992). En este trabajo, se proponen dos tipos distintos de modelos de ejemplares siendo la principal diferencia entre ellos el que uno no posee reglas de aprendizaje interactivo mientras que el otro sí las incorpora. Así, el primero de los modelos es construido de forma que sea sensible a la secuencia de presentación de estímulos; lo que podríamos denominar la fase de aprendizaje de las categorías mientras que el segundo es la adaptación del ALCOVE.

El principal supuesto del modelo sensible a la secuencia es que los ejemplares más recientes reciben un mayor peso a la hora de calcular la similitud. De esta forma,

$$P(A/x) = \frac{\sum_{a \in A} M_a s(x, a)}{\sum_{b \in B} M_b s(x, b) + \sum_{a \in A} M_a s(x, a)} \quad [116]$$

Donde  $M_a$  es la fuerza con la que está asociada el ejemplar  $a$ . Además, esta fuerza de asociación es una distribución exponencial, de forma que

$$M_a = \exp(-Tlag) \quad [117]$$

En la que  $lag$  es el número de ensayos entre la presentación del patrón  $x$  y el ejemplar  $a$  mientras que  $T$  es un parámetro libre de tiempo. El



modelo asume que la presentación del mismo ejemplar en diferentes ocasiones produce distintas trazas en memoria.

El otro punto importante que trata el modelo es la probabilidad de que, en las primeras fases del aprendizaje, un estímulo sea asignado a una de las dos categorías (que tenderá a ser de 0,5). Para incorporar este punto, los autores suponen que se produce cierto nivel de ruido en la representación de los ejemplares y que este ruido solo es superado una vez se ha producido una cierta cantidad de entrenamiento. Así, la expresión resultante sería la siguiente

$$P(A/x) = \frac{\sum_{aA} M_a s(x, a) + B}{\sum_{bB} M_b s(x, b) + \sum_{aA} M_a s(x, a) + 2B} \quad [118]$$

En la que B representa el ruido. Así, el ruido será mayor en las primeras fases del entrenamiento (y, por tanto, el resultado será igual a 0,5).

El segundo de los modelos propuestos en este artículo es la adaptación del ALCOVE del que hablamos previamente. La principal diferencia del modelo propuesto en esta ocasión y el ALCOVE original es que, mientras el primero asume el cálculo de la similitud, el modelo de Kruschke asume que lo que se aprenden son asociaciones entre los nodos de los ejemplares y las categorías. Además, la tasa de aprendizaje de los pesos atencionales es fijada a cero.

Como modelo de aprendizaje, el ALCOVE ha sido de nuevo comparado con el modelo de Gluck y Bower (1988b) y con el de Anderson (1990) por Palmeri (1999) y ha sido contrastado, además, con el modelo COVIS de Ashby (Ashby, F. G., Alfonso-Reese, L. A., Turken, A. U. y Waldron, E. M., 1998) por Nosofsky (Nosofsky y Johansen, 2000) del que ya hemos hablado más arriba.

Por lo que respecta al trabajo de Palmeri, éste tiene como objetivo analizar la capacidad de los modelos para explicar el aprendizaje de categorías en las que se manipula su estructura jerárquica. Los resultados muestran que únicamente el ALCOVE predecía de forma satisfactoria los resultados, mostrando sensibilidad al proceso de aprendizaje de las categorías en función de la estructura jerárquica (general o detallada) de los ejemplares presentados. Este trabajo,

además, es una clara muestra de la incorporación de nuevos fenómenos que afectan al proceso de aprendizaje de las categorías (como el uso de información no local del que hablaremos más adelante) al modelo de ejemplares.

Kruschke, autor del ALCOVE, ha desarrollado nuevos modelos de aprendizaje. Así, su más reciente modelo (Kruschke y Johansen, 1999) podemos considerarlo dentro del apartado de *modelos de aprendizaje de categorías*. En efecto, este modelo parte de un paradigma NMCPL (aprendizaje probabilístico con múltiples pistas no métricas) utilizado dentro en el estudio del uso de la información probabilística considerándose que, en cada ensayo, un participante recibe información con la que debe formular un juicio o tomar una decisión (a qué categoría pertenece el estímulo, en este caso). Estos modelos se centran en el cálculo del uso de la información que le proporcionan los estímulos (pistas) y de la validez (hasta qué punto la información utilizada es indicativa de la respuesta correcta) de las mismas.

El modelo propuesto por Kruschke —denominado RAHNL, *Rapid Attention Shifts “N” Learning*— tiene como principal novedad la de centrarse en los cambios rápidos de atención de una dimensión a otra del estímulo cuando estos incluyen características (dimensiones) que no son informativas (pistas irrelevantes) de la categoría a la que pertenecen los estímulos de los que forman parte.

No obstante, el modelo puede considerarse como una versión ampliada del ALCOVE ya que se basa en gran parte en los mismos supuestos y se desarrolla de idéntica forma que aquel. Así, en este modelo también se calcula la similitud entre de forma equivalente al cálculo de Nosofsky (en este caso, activación) y con las mismas consecuencias. El principal cambio es el cálculo del parámetro de atención mediante la expresión

$$a_i = \frac{\exp(Y_i)}{\left[ \sum_{in} \exp(Y_j)^P \right]^{1/P}} \quad [119]$$

Donde  $a_i$  es la atención a la dimensión  $i$  la cual es función de la ganancia subyacente  $Y_i$ .  $P$  es una constante que refleja la capacidad de atención del participante. Cuanto más atención se dirige a una dimensión, menor atención al resto de dimensiones. Además, la

atención cambia de forma que tiende a reducir el error para, acto seguido, reajustarse los pesos de las asociaciones.

Dentro del paradigma NMCPL también destaca el modelo de Edgell y Castellan que también ha sido aplicado a estímulos en los que se presenta información irrelevante (Castellan y Edgell, 1973; Edgell y Roe, 1995; Edgell et al., 1996). Así, el modelo propuesto por estos autores se resume en que los participantes poseen una hipótesis sobre si prestar atención a una cierta información les llevara a la respuesta correcta. De esta forma, en cada ensayo el participante selecciona una respuesta a través de dos procesos, por lo que el modelo presenta dos formas: el modelo I y el modelo II. En ambas se produce un proceso de generación de hipótesis hasta que el participante llega a una única respuesta. Una vez seleccionada la información que es adecuada, el participante observa el valor que posee en ese ensayo.

Por lo que respecta al primer modelo, el participante genera las hipótesis con respecto a la atención que debe prestar a cada evento base (referida a la categoría e ignorando las pistas) y a cada pista de las dimensiones (referida a los estímulos que deben ser categorizados). De esta forma, el participante hipotetiza con cierta probabilidad la atención necesaria para llegar a la respuesta correcta, así para cada pista dimensional. El modelo II de Edgell y Castellan supone que los participantes prestan atención a patrones; el participante genera hipótesis sobre cada posible patrón de las dimensiones.

En resumen, el modelo afirma que el participante presta atención a cierta información según su utilidad a la hora de llegar a la respuesta correcta y que, una vez seleccionada, se genera una expectativa de que sea esa información la correcta y la información desechada la incorrecta. Este proceso se produce en cada ensayo.

Además, y también basado en la similitud, podemos citar el conocido modelo de construcción de categorías de Ahn y Medin (1992). Tal y como su nombre indica, el modelo pretende explicar cómo los participantes construyen las categorías y, concretamente, centrándose en la tendencia de las personas a fijarse en las características que primero se le presentan (Medin, Wattenmaker y Hampson, 1987).

El modelo propuesto se divide en dos fases. En la primera, se selecciona la dimensión más saliente (por ejemplo, tamaño) de los ejemplares. Una vez hecho esto, el participante divide los ejemplares

en cierto número de categorías según los valores extremos en la citada dimensión (o los más comunes, si las dimensiones no son continuas).

La segunda fase se centra los ejemplares que han sido clasificados (o los que poseen valores frecuentes). Estos ejemplares son categorizados en uno de los grupos creados según su similitud global a cada categoría (este juicio tiene en cuenta todas las dimensiones de los ejemplares). Es interesante resaltar que uno de los supuestos implícitos del modelo es que los participantes prefieren crear una estructura simple para evaluar la similitud global de las dimensiones que forman los estímulos mientras que no afirma nada sobre cómo los participantes categorizan los estímulos que no han sido clasificados como grandes o pequeños.

Por otra parte, a partir de la crítica a la similitud se han desarrollado nuevos modelos que frecuentemente contemplan el proceso de adquisición de categorías. El motivo es claro. Mientras que los modelos basados en la similitud son modelos *a posteriori* —en el sentido de que la categorización se produce tras observar los ejemplares—, los modelos que se basan en ideas u objetivos deben centrarse necesariamente en el proceso ya que el mecanismo por el cual se produce la categorización comienza antes mismo de conocer los ejemplares —en el sentido de que son las ideas previas las que guían la asignación de los ejemplares vistos a las categorías—.

Dentro de esta tendencia de modelos no basados en la similitud, y entre los más recientes, podemos citar el SIAM (modelo *Similarity as Interactive Activation and Mapping*) de Goldstone (1994b) que se centra en analizar la similitud entre dos dibujos (escenas). El autor emplea el concepto de correspondencia y el de similitud; una correspondencia es una conexión o una asociación entre partes de una escena, esta correspondencia puede referirse a la similitud superficial o al rol que juegan estas partes en esas escenas. La similitud y la correspondencia son determinadas en el modelo por una activación interactiva entre las características, objetos y su rol en la escena.

El SIAM es un modelo conexionista en el que se incluyen tres tipos de nodulos: los nodulos característica-a-característica (C-C), objeto-a-objeto (O-O) y rol-a-rol (R-R). Los primeros representan la hipótesis de que dos características se correspondan la una a la otra existiendo un nodo para cada par de características. Los segundos se refieren a la hipótesis de que dos objetos se correspondan el uno al

otro. Finalmente, el nódulo rol-a-rol representa la hipótesis de que dos relaciones se correspondan la una a la otra.

La interacción de todos los nódulos de características y los nódulos de los objetos se produce de dos formas: los nódulos C-C y los O-O pueden inhibir y excitar nódulos de su mismo tipo y, por otra parte, estos dos tipos de nódulos se pueden excitar entre si. Por su parte, la interacción los nódulos de objetos y roles se produce de dos formas: los nódulos R-R pueden inhibir y excitar otros nódulos R-R y, por otra parte, los nódulos R-R y los nódulos O-O se pueden excitar entre si.

A mayor activación de los nódulos, mayor correspondencia entre las características, los objetos o los roles (la activación varía de 0 a 1). Los nódulos que no se corresponden se inhiben entre si. Los pesos asociados a cada conexión entre nódulos son parámetros del modelo (no son aprendidos). Además, la actividad de los nódulos depende de la activación en el paso anterior del nódulo del cual recibe la activación.

El modelo procede de la siguiente manera; en primer lugar, se establece una comparación R-R y C-C (valor 1 si coinciden ambos valores). La activación del nódulo  $i$  en el momento  $t+1$  está determinada por la emisión recibidas de los nódulos que se comunican con él.

Matemáticamente, es igual a

$$A_{i, t+1} = A_{i, t}(1 - L) + M_i L \quad [120]$$

Donde  $L$  es la tasa de cambio de actividad y  $M_i$  es el peso medio del aviso procedente de los nódulos. Por tanto, si  $L = 1$  la activación equivale a  $M_i L$ . En cuanto a  $M_i$ , es igual a

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ji} W_{ji} S_{ji}}{\sum_{j=1}^n W_{ji} S_{ji}} \quad [121]$$

Donde  $R_{ji}$  es la activación procedente del nódulo  $j$ ,  $W_{ji}$  es el peso de esta activación,  $S_j$  es la salencia del nódulo que conecta las  $j$  dimensiones y  $n$  es el número de nodos que se comunican con el nodo

*i*. El valor  $R_{ji}$  depende de los valores  $A_i$  y  $A_j$  y varía si la conexión es excitadora o inhibidora de forma que si la activación del nódulo  $j$  aumenta, la activación del nódulo  $i$  disminuye si la conexión es inhibidora y se incrementa si la conexión es excitadora.  $W_{ji}$  y  $S_j$  son parámetros.

Una vez la activación ha sido ajustada, la similitud se calcula de la siguiente forma

$$Similitud = a \frac{\sum_{j=1}^n COR_{i,A_j} S_j}{\sum_{j=1}^n A_j S_j} + (1-\alpha) \sum_{j=1}^n COR_{i,A_j} S_j \quad [122]$$

En la que  $S_i = S_{ia} + S_{ib}$ , siendo  $S_{ia}$  es la salencia de la dimensión  $i$  de la escena  $A$  y  $S_{ib}$  la salencia de la dimensión  $i$  en la otra escena. El valor de  $\alpha$  es 1 mientras que  $COR$  se refiere a la correspondencia de los valores. La similitud, por tanto, depende de las características similares que posean dos objetos (es obvia la relación con el modelo de Tversky).

En resumen, el modelo presenta una nueva forma de entender la similitud en la que se incluyen tanto las características, los objetos y los roles de los objetos que aparecen en una escena (dibujo) recurriendo al concepto de correspondencia.

Recientemente, se ha propuesto un nuevo modelo en el que se postula que las personas creamos ciertas características que utilizamos de forma secundaria para representar y categorizar los objetos (Schyns y Rodet, 1996; Schyns, Goldstone y Thibaut, 1998). En el modelo propuesto por estos autores se distinguen dos tipos de aprendizaje categorial: por una parte, el aprendizaje de categorías de espacio fijo que ocurre cuando nuevas categorizaciones pueden ser representadas con las características ya conocidas. Por otra parte, existe la categorización de espacio flexible que se produce cuando existen características disponibles para categorizar el objeto. Así, para estos autores las características de los objetos sirven para crear comunalidades entre los miembros de las categorías y para distinguir entre las categorías.

De esta forma, la categorización depende del contexto categorial (las características utilizadas y las categorías formadas) y la similitud

entre la nueva categoría representada y los conceptos del participante. Así, si el participante emplea una categorización flexible es posible que el mismo objeto sea percibido y analizado de forma distinta después de ser categorizado ya que nuevas características se han formado tras haber sido clasificado en una categoría.

Finalmente, el modelo afirma que deben existir una serie de características primitivas en las que se basan las características creadas. Así, estas formas primitivas deben cumplir tres condiciones: existen antes de la experiencia con los objetos que representan, ser suficientes para representar el conjunto de objetos representables y deben ser capaces de replicar sistemas complejos de reconocimiento.

En resumen, el modelo propuesto por estos autores afirma que el participante creará una serie de características, que antes no existían, al categorizar los estímulos las cuales se basan en unas características denominadas primitivas que, a su vez, existen antes de la categorización. Además, las características creadas por los participantes poseen una finalidad y se espera que puedan tener servir para clasificar las estímulos que se presentan. Por ello, los procesos de categorización no tienen que basarse necesariamente en una serie de características fijas (espacio fijo) permitiendo, además, reducir la complejidad de las reglas de categorización.

Los mecanismos de creación de las categorías y su relación con el aprendizaje por inferencia o por clasificación han sido estudiados por diversos autores muy recientemente (Anderson, Ross y Chin-Parker, 2002; Chin-Parker y Ross, 2002; Ross y Warren, 2002; Yamauchi y Markman, 1998). Desde esta perspectiva, se examina la posible relación entre la utilización de las categorías (inferencia y clasificación) y su formación.

Así, en la inferencia los participantes tienden a prestar atención a las relaciones entre ejemplares dentro de una categoría mientras que en la clasificación los participantes se centran más en la información que suministran las características de los ejemplares para dividir los ejemplares en grupos. Además, en la inferencia los participantes tenderán a centrarse en la categoría objetivo mientras que en la clasificación los participantes se concentraran en un número pequeño de características útiles para su objetivo. Los resultados (Yamauchi y Markman, 1998) muestran que los participantes que utilizan las categorías en tareas de inferencia tienden a adquirir categorías

fundamentadas en el prototipo mientras que la clasificación facilita la formación de categorías consistentes con reglas o ejemplos concretos. Los recientes resultados de otros autores (Anderson, Ross y Chin-Parker, 2002; Ross y Warren, 2002) siguen esta línea.

Desde esta perspectiva, no obstante, se opta por introducir modificaciones en los modelos ya desarrollados más que por crear otros nuevos y específicos para los nuevos resultados (Anderson, Ross y Chin-Parker, 2002) con alguna excepción como el modelo SUSTAIN (Love, Medin y Gureckis, 2004) que, mediante un sistema de agrupación de ejemplares, intenta incluir tanto el aprendizaje por inferencia, el aprendizaje de categorías, la identificación y la categorización sin supervisión. Los hallazgos, por tanto, son aún muy recientes pero es indudable que abren nuevos caminos (Markman y Ross, 2003).

Un enfoque alternativo lo constituyen los modelos centrados en el estatus causal. En efecto, dentro de los enfoques alternativos a la similitud existen distintos modelos que han estudiado la influencia de la causalidad en la categorización (Rehder y Hastie 2001; Ahn, Kim, Lassaline y Dennis, 2000). Desde este planteamiento se asume que los conceptos están compuestos de características estructuradas de forma compleja más que ser independientes unas de otras (Murphy y Medin, 1985) y que los participantes poseen teorías sobre cómo se conectan estas características (Sloman, Love y Ahn, 1998) en la línea de lo dicho más arriba.

De esta forma, la posición de una característica dentro de una estructura causal determina su centralidad, el grado por el cual la presencia o ausencia de esa característica afecta a la probabilidad de que el ejemplar pertenezca a una categoría (Rehder, 2003a). Este conocimiento causal puede adoptar la forma de relaciones causales relacionando las características de una categoría o pueden presentarse como relaciones verbales manipulando estas relaciones. Recientemente, se ha formulado un modelo en el que se intenta incluir estos factores que afectan a la categorización (Rehder, 2003b).

El estudio de la causalidad se relaciona directamente con el problema psicológico (y filosófico) del esencialismo, en el que se supone que las personas creen que las cosas del mundo poseen una esencia y actúan como si realmente la poseyeran (Medin y Ortony, 1989). Así, una característica de un ejemplar puede llegar a convertirse



en algo esencial para que un objeto sea clasificado dentro de una categoría si los participantes le atribuyen un papel causal del resto de características.

El efecto del estatus causal ha sido comprobado en diferentes estudios (Ahn, 1998; Malt y Johnson, 1992). Por ejemplo, Ahn pidió a los participantes que dibujaran las relaciones causales entre características pertenecientes a la misma categoría a la vez que juzgaban la centralidad de tales características según el grado que, según los participantes, pudiera tener en su categorización cuando no estaban presentes. Los resultados mostraron que cuanto más características causaba una característica, mayor era su influencia en la categorización.

Sin embargo, otros trabajos (Rehder y Hastie, 2001) muestran algunas divergencias al distinguir entre un esquema de causa común —una característica es la causa de varias— y esquema de efecto común en el que una misma característica es causada por varias de ellas (no confirmando en este caso el supuesto de la hipótesis causal). Otros autores (Ahn y Kim, 2000) distinguen entre estatus causal (donde las causas son más importantes que los efectos) y centralidad causal (participación en diferentes relaciones causales).

## Reglas de categorización

Los modelos de regla tienen una fuerte relación con aspectos teóricos procedentes de otros campos de la Psicología Cognitiva como el estudio de la toma de decisiones o el razonamiento —de hecho, algunos autores como Balakrishnan (Balakrishnan, 1997; Balakrishnan y Ratcliff, 1996) han estudiado el proceso de toma de decisiones dentro de la categorización— y pueden ser muy distintos entre sí en su forma más detallada (todo depende de la forma que adopte la regla en cada uno de los experimentos).

No obstante, en primer lugar, uno o varios atributos del objeto es seleccionado, a continuación se determina si la información cumple el valor definido por la regla en cada uno de los atributos seleccionados y, finalmente, con el resultado de este contraste se categoriza el objeto (Smith et al. 1998). Por tanto todos tienen en común la hipótesis principal; categorizar consiste en, a partir de una serie de premisas, llegar a una conclusión, la cual es la respuesta al problema planteado (categoría a la que pertenece el estímulo).

El primer punto a tener en cuenta a la hora de hablar de reglas es que la distinción entre regla y similitud no es clara. Así, regla puede utilizarse que incluyen procedimientos en los que el cálculo de la similitud es un caso especial (Nosofsky, Clark y Shin, 1989) —ya que clasificar algo según la similitud no deja de ser otra regla (Hampton, 1998)— mientras que “similitud” es algo tan general que puede incluir cualquier regla lo que nos lleva a un problema irresoluble (Hahn y Chater, 1998).

Se considera que los procesos basados en regla utilizan estados simbólicos con conexiones lógicas mientras que la similitud opera basándose en casos o con distancias entre estímulos. También se considera que el uso de reglas implica representaciones más abstractas que la similitud, que la atención es el principal factor en el caso de las reglas —ya que es de vital importancia centrarse en las características que proporcionan la clave de la categorización— y que la utilización de reglas conlleva procesos estratégicos y controlados frente a la similitud cuyos procesos serían más automáticos (Smith et al. 1998). Estas reglas pueden ser de distintos tipo y tomar distintas formas (Sloman, 1996; Sloman y Rips, 1998); lógicas, lingüísticas, etc..

Por otra parte, tanto los modelos de regla como los de similitud ofrecen explicaciones alternativas a los resultados empíricos. De hecho, el principal resultado del trabajo de Rips (1989) —los participantes escogen una categoría más variable cuando se les pregunta por la categoría a la que podría pertenecer cierto objeto mientras que escogen la categoría de valores fijos se les pregunta por la categoría a la que más se parece el objeto— ha sido interpretado de muy distintas formas. Así, Smith y Sloman (1994) al replicar el experimento de Rips (1989) llegan a la conclusión de que “los resultados son consistentes con la hipótesis de que la categorización puede producirse de dos formas, por similitud y por la regla” (Smith y Sloman, 1994; página 385) lo que no es demasiado útil si lo que se pretende es conocer las condiciones de uso de unas y otra. De la misma forma, Nosofsky (1991) y Allen y Brooks (1991) encuentran que sus resultados pueden ser explicados desde la teoría de ejemplares pero también desde un modelos de regla (los participantes pueden usar una estrategia de regla si se lo pide el experimentador).

El estudio de las reglas comienza con el trabajo de Bruner, Goodnow y Austin (1956) y desde entonces se han desarrollado diferentes modelos. Puesto que no puede existir un modelo de regla único (existen tantos modelos como reglas puedan inventarse), los autores simplemente construyen las categorías de forma que puedan ser organizadas según un conjunto de reglas más o menos elaborado por lo que en muchas ocasiones no se puede hablar de modelo si no que se trata de saber si la categorización se basa en la utilización de reglas, cualquiera que éstas sean.

No obstante, en algunos casos sí puede hablarse de modelos de regla propiamente dichos. Entre estos modelos podemos citar el COVIS de Ashby (Ashby, F. G., Alfonso-Reese, L. A., Turken, A. U. y Waldron, E. M., 1998), el modelo regla-más-ejemplar de Nosofsky, el ATRIUM de Erickson y Kruschke (Erickson y Kruschke, 1998; Kruschke y Erickson, 1994), el PRAS (*Parallel Rule Activation and Rule Synthesis*) de Vandierendonck (1995) y el modelo de competición de reglas de Busemeyer y Myung (1992). En la mayoría de estos modelos se distingue entre dos sistemas distintos, uno que opera con regla y otro, en general, mediante la similitud. Esta distinción supone para algunos autores dos sistemas de pensamiento distintos; uno de ellos especializado en el análisis y la abstracción y el

otro dedicado a establecer la estructura estadística (correlacional) del mundo (Sloman, 1996).

El llamado modelo de regla-más-ejemplar (Nosofsky et al., 1994b) consiste en un árbol de decisión en el que se desarrolla una secuencia de preguntas y decisiones. Este proceso se estructura en distintas fases. En la primera de ellas, se busca una única dimensión que queda asociada a la categoría que proporciona la retroalimentación (por ejemplo, si un estímulo tiene 3 dimensiones y la primera de ellas un valor de 1, entonces el participante establece la regla de que todo estímulo 1\*\* pertenece a la categoría). Si la regla creada falla, entonces es descartada y se pasa a la siguiente dimensión. Así, si ninguna de las dimensiones proporciona una regla satisfactoria, se pasa a la fase dos.

En esta segunda fase, se busca una regla basada en una única dimensión aunque sea imperfecta y procediendo de la misma forma que en el paso 1. Si esta estrategia también falla, el participante busca reglas en las que se combinen varias dimensiones. Las reglas que superan el criterio son almacenadas como permanentes. Una vez establecida una regla, se comienza a buscar excepciones que, en caso de encontrarse, quedan almacenadas. Los ajustes realizados por Nosofsky a diferentes datos de la literatura de categorización son buenos si bien el modelo en este trabajo no está demasiado desarrollado y debe ser ampliado.

Tanto el modelo COVIS (*COmpetition between Verbal and Implicit Systems*) de Ashby como el ATRIUM de Erickson y Kruschke asumen que dos tipos de estrategias de categorización son posibles; COVIS distingue entre categorización verbal —equivalente a las reglas en el ATRIUM— y categorización implícita —equivalente a la similitud planteada por el ATRIUM—. Ahora bien, el modelo planteado por Erickson y Kruschke equipara el término regla a un límite ortogonal en una dimensión psicológica (por ejemplo, estímulos pequeños pertenecen a la categoría A y estímulos grandes a la B).

El ATRIUM está compuesto de un módulo de regla, otro de ejemplar (igual al ALCOVE) y un mecanismo de comparación que conecta y hace competir a los anteriores. Así, todo estímulo es procesado por los dos módulos siendo la respuesta final una combinación del output de los dos módulos que componen el modelo

(el grado en que cada modulo contribuye a la respuesta lo determina el mecanismo de comparación).

El módulo de regla del ATRIUM contiene dos nodulos: el nódulo de regla y el nódulo de categoría. El nódulo de regla se divide en dos nodulos: uno dedicado a los valores pequeños de la categoría y otro dedicado a los valores grandes. Estos dos nodulos, a su vez, se encuentran conectados a cuatro nodulos de categoría, cuya activación equivale a la suma (ponderada) de los nodulos de regla. El módulo de ejemplares funciona exactamente igual que el ALCOVE. Finalmente, el mecanismo de comparación se encarga de recoger la activación procedente de los módulos de regla y de ejemplares (con el que tiene conexión directa). Este modelo, no obstante, ha sufrido modificaciones y, al ser comparado con el ALCOVE, se han establecido nuevos módulos.

En un reciente trabajo (Erickson y Kruschke, 2001) el ATRIUM es planteado como un modelo con tres tipos de módulos: el de ejemplares, el de posición de regla y el de tamaño de regla. Al incluir dentro de sí al ALCOVE, el ATRIUM puede considerarse como otra expansión del ALCOVE el cual aprende si los estímulos son mejor clasificados mediante el uso de reglas o mediante el uso de ejemplares.

El COVIS de Ashby se estructura, como se dijo, de forma similar al ATRIUM. Así, el módulo verbal divide el espacio psicológico basándose en una única dimensión mientras que el otro módulo (implícito) categoriza los estímulos según los supuestos de la GRT. Los dos módulos se encuentran conectados por su certeza en sus respuestas a un mismo estímulo. El modelo asume que, inicialmente, el sistema verbal es el que domina pero que, con la práctica y la experiencia, el sistema implícito se impone ya que puede proporcionar mejores resultados (el sistema es implícito en tanto que actúa de una forma que el participante no puede explicitar).

En el modelo de Ashby el módulo de regla también se divide en dos fases, en un primer momento se selecciona el tipo de que debe ser activada y, en el paso 2, se calcula la función discriminante adecuada. Si la aplicación de esta regla es correcta, el modelo vuelve a utilizarla con el estímulo  $n+1$  que se le presente, si es incorrecta todo el proceso es repetido con el estímulo  $n+1$ . Así, la respuesta del sistema verbal y la del sistema implícito (implementación del modelo de límites, en su

versión del modelo óptimo) son ponderadas por lo que cuanto mayor es su salencia, mayor es la probabilidad de ser seleccionada.

Finalmente, la respuesta seleccionada depende de la comparación entre los valores discriminantes (ponderados) asignados a cada solución comparada. Estos valores se interpretan como una medida de la confianza en esa solución.

El aprendizaje de COVIS ocurre de cuatro formas distintas: por asociación de los valores del límite óptimo (sistema implícito), comprobando qué regla es la más efectiva (sistema verbal), conociendo qué valores son los que maximizan la efectividad de la regla (sistema verbal) y aprendiendo cual de los dos sistemas (verbal o implícito) es el más eficaz.

La principal novedad del modelo es que trata de fundamentar su estructura desde un punto de vista neurológico. Así, las decisiones del sistema implícito (y el aprendizaje de del criterio de respuesta de varias reglas verbales) parecen tomarse en el núcleo caudado mientras que la selección del tipo de regla más adecuado se produce en el cortex prefrontal cingulado.

En resumen, ambos modelos se dividen en dos partes, mientras una de ellas está basada en teorías anteriores (ejemplares o límites), la otra implementa un modelo de regla.

El modelo de regla propuesto por Busemeyer y Myung (1992a) se basa en el supuesto principal que el participante a la hora de escoger una regla de categorización, elegirá la regla que maximice la recompensa. En este modelo, como en los dos anteriores, también se incluye dos procesos distintos de aprendizaje categorial: un modelo *A* de red que aprende los beneficios de cada una de las reglas y un modelo *B* que busca los valores óptimos de los parámetros de una regla general.

El funcionamiento del modelo propuesto por Busemeyer y Myung es el siguiente: en primer lugar, el modelo de red selecciona una regla general y, después, el modelo *B* selecciona un parámetro para formar un ejemplo específico de esa regla. La selección de una determinada regla se basa en la estimación de su actuación futura en proporción con la actuación estimada del resto de reglas, el parámetro seleccionado es actualizado si la regla seleccionada ha sido utilizada anteriormente.

En modelo *A* estima la actuación de la regla mediante capas las cuales se encuentran conectadas por pesos que se actualizan después de cada ensayo. El modelo *B* estima el valor del parámetro se basa en los cambios en la recompensa producidos por cambios en el parámetro desde la primera aplicación de la regla.

El modelo propuesto por Vandierendock (1995) es el denominado PRAS el cual se basa en la distinción e integración, nuevamente, de dos tipos de generalización: primaria y secundaria. Así, la generalización primaria es equivalente al proceso de comparación de ejemplares en el modelo de ejemplares y se basa, por tanto, en la similitud entre los ejemplares ya vistos y el estímulo presentado. Por otro lado, la generalización secundaria se refiere al proceso que ocurre cuando el participante compara el ejemplar presentado con información abstracta sobre los ejemplares ya vistos. Esta información se refiere al rango de los atributos de los estímulos ya conocidos y se encuentra a un nivel distinto de representación.

El modelo incluye reglas de forma que en ciertos caso pueda utilizar la generalización primaria (lo que lo haría equivalente a un modelo de ejemplares) mientras que en otros casos utilice la generalización secundaria o ambas estrategias. El modelo también contempla, además, un grupo de pesos atencionales así como un almacén a corto y a largo plazo de las reglas activas y de las condiciones de activación de las reglas, respectivamente.

De esta forma, una vez presentado el ejemplar las reglas pertinentes son activadas según su nivel de activación asociada. Tras recibir la retroalimentación, los pesos atencionales son ajustados y, a continuación, se ajusta la activación de las reglas. Finalmente, el sistema combina las distintas reglas activadas en una regla más general. La activación de estas reglas depende de la similitud entre el patrón presentado y la regla y de la fuerza de esa regla.

Por último, siguiendo a Allen y Brooks (1991), pueden establecerse una serie de condiciones por las cuales los participantes se deciden a utilizar una estrategia de ejemplares en lugar de una estrategia de reglas; ausencia de objetos familiares (como semicírculos con un radio), reglas complejas, los ejemplares pueden ser integrados mediante reglas mnemotécnicas, las características relevantes no forman un conjunto perceptivo coherente independiente de las características irrelevantes, repetición de ejemplares.

## Diferentes problemas en categorización

La evolución de los modelos explicativos de la categorización es larga y tiende a la complejidad. Así, la categorización ha incluido nuevos conceptos como el prototipo o la atención dimensional y ha incorporado puntos de vista explicativos muy distintos entre sí. No obstante, es posible plantearse distintas preguntas sobre la proliferación de distintos enfoques, modelos y teorías y reflexionar sobre las propias características de la literatura surgida en torno a la categorización.

De esta forma, es factible preguntarse cómo es posible que todos los modelos propuestos ajusten de forma tan precisa a los resultados y que, sin embargo, existan un número tan elevado de ellos. Una posible respuesta a esta pregunta es que, en realidad, estos modelos se pueden reducir a las mismas expresiones y cálculos siendo los diferentes modelos distintas formas de presentar el mismo modelo matemático y teórico subyacente.

Por otra parte, también es interesante tener en cuenta los sistemas empleados para establecer si un modelo se ajusta de forma convincente a los resultados obtenidos. Así, es conveniente analizar el papel que pueda jugar los procedimientos de comparación de modelos empleados en la literatura de categorización.

Una tercera cuestión de interés es la referente a la que podría denominarse categorización no dimensional, aquella que plantea dudas sobre la utilización de la similitud y que amplía el campo de estudio introduciendo nuevas variables de estudio como los conocimientos previos de los participantes o como la categorización por objetivos.

Por último, también podemos preguntarnos sobre la transición entre el estudio de estímulos unidimensionales a los formados por más de una dimensión. Así, en la actualidad se está produciendo una vuelta a la experimentación con estímulos formados exclusivamente por una única dimensión debido, en parte, a la aparición de modelos que parten desde supuestos distintos a los tradicionales (y que comienzan por estudiar estructuras de estímulos simples) y también debido a una vuelta a los planteamientos iniciales; búsqueda de explicaciones



definitivas a la categorización que no han sido posibles desde configuraciones de estímulos complejas.

### ***Un mismo modelo para un mismo fenómeno***

En efecto, tal y como afirman algunos autores es posible que todos los modelos que hemos presentados, y especialmente aquellos que se ocupan de los estímulos multidimensionales, puedan ser reducidos a un lenguaje común extrayendo una estructura básica dentro de la cual estos modelos no se distinguen más que por pequeñas y sutiles diferencias.

Massaro y Cohen (1992) muestran que “existen gran número de equivalencias entre modelos y que las probabilidades de respuesta predichas por estos modelos no son suficientes para distinguir entre estos modelos” (Massaro y Cohen, 1992; página 445). Así, los modelos analizados en este trabajo —entre los cuales se encuentran los mencionados en este capítulo— pueden ser reducidos a una misma forma de producto de una probabilidad por lo que pueden agruparse bajo el nombre de modelos de producto de probabilidad. Los autores abogan por utilizar otras medidas que permitan discriminar entre todos los modelos como los tiempos de reacción o los juicios de similitud. Esta tendencia, como hemos visto, es la que se manifiesta en los últimos trabajos dentro de la categorización.

Dentro de la polémica existente entre los modelos propuestos por Ashby y por Nosofky también ha habido intentos de examinar la relación entre ambos modelos entre los que podemos destacar el trabajo de Myung (1994). En este trabajo, incluye los trabajos de los primeros dentro de un marco explicativo de máxima entropía (posteriormente ampliado a los supuestos de Shepard sobre distancia psicológica en Myung y Shepard, 1996). Así, la máxima entropía es un método para inferir la distribución de probabilidad desconocida desde un conjunto de momentos de esa distribución de forma que toda la información incluida en ese conjunto sea utilizada al máximo.

La idea básica consiste en encontrar una distribución de probabilidad que satisfaga cierto número de momentos y que se convierta, por tanto, en el mejor estimador de la distribución de probabilidad desconocida. Psicológicamente, la interpretación de máxima entropía equivale a afirmar que el participante almacena

cierta información sobre la categoría incluyendo esta información la media, varianza, correlación entre características y que la categorización supone utilizar de forma óptima estos datos.

La interpretación propuesta por el autor del modelo de Ashby es capaz de derivar algunas formas de límites de decisión (límite de decisión óptimo, límite cuadrático y lineal) como una inferencia óptima basada en la información limitada de la estructura de la categoría. Además, mediante esta interpretación no es necesario asumir distribución normal de ejemplares ni almacenamiento en memoria perfecto.

Por otra parte, la interpretación para el modelo de Nosofsky proporciona una alternativa en cuanto a los supuestos de almacenaje en memoria ya que es capaz de reproducir el modelo de ejemplares para estímulos normalmente distribuidos.

Dentro del marco de máxima entropía y categorización recientemente se ha producido una nueva aportación debida a Miyano (2001) pero en este caso centrada en la identificación (tanto el modelo de Nosofsky como el de Ashby incluyen supuestos sobre identificación, como se recordará). El autor también incluye un modelo de identificación basado en la máxima entropía en el que los modelos de elección de similitud (es decir, modelo de Nosofsky) y modelos de elección multidimensional (basados en la GRT, es decir, modelo de Ashby) son casos especiales. El modelo de Miyano presenta la principal virtud es que no asume que el participante tenga que estimar ningún momento (al contrario que el de Myung).

En cuanto a la distinción entre el modelo de ejemplares y el GRT, la principal conclusión es que mientras que el primero es útil para participantes novatos mientras que el modelo de límites es adecuado para participantes bien entrenados ya que el modelo propuesto es capaz de reproducirlos según el valor de  $\beta$  (valores pequeños derivan en una respuesta determinista). Obviamente, esta conclusión únicamente es válida desde un marco integrador de ambos modelos en la que la percepción de un estímulo está determinada por una función de distorsión que evalúa cuanto difieren dos estímulos entre sí.

Una aportación más general es el esquema propuesto por Roseel (2002) en el que se distingue entre modelos paramétricos y no paramétricos. Entre los primeros se encuentran el modelo de prototipo y el de límites de decisión mientras que en los segundos se encuentran

los modelos de ejemplares. Así, los primeros requieren de fuertes supuestos sobre la estructura de la categoría mientras que los segundos no necesitan de supuestos tan estrictos. Además de estos dos tipos de modelos, podría hablarse de los modelos semiparamétricos en el que se incluiría el modelo racional de Anderson, el ALCOVE y el reciente SPC de Ashby; estos modelos se caracterizan por representar las categorías en subgrupos (cuyo número es menor que el número de ejemplares) lo que les hace mucho más flexibles que los modelos paramétricos. Así pues, la distinción entre unos modelos y otros es el valor de  $J$  —el cual representa el número de componentes mixtos—, si este valor es igual a 1 para cada categoría el modelo es paramétrico, si  $J$  es igual al número de ejemplares, el modelo es el CGM. El autor propone, además, un nuevo tipo de modelo semiparamétrico en el que donde las categorías son representadas por una distribución mixta lo que permite describir gran número de modelos —entre los que se encuentran los citados más arriba— dentro de un marco común.

Así pues, el modelo ideal, en opinión de Rossel, a la hora de explicar la categorización es el semiparamétrico (el de límites y el de ejemplares son los extremos de un mismo continuo). Las conclusiones de este autor parece relacionarse con lo expresado más arriba, es decir, la necesidad de incluir nuevas fuentes de información (a nivel categorial) considerada por los participantes a la hora de categorizar. De hecho, el autor esboza un modelo de ejemplares en el que uno de sus supuestos más discutibles y discutidos como el del almacenamiento de todos los ejemplares es sustituido por un almacenaje parcial consiguiendo buenos índices de ajuste.

Tal y como afirman Ashby y Alfonso-Reese (1995), la similitud entre los modelos de categorización es tal que todos ellos son equivalentes a un proceso en el que el participante debe estimar la probabilidad de que un ejemplar sea miembro de cada una de las categorías contrastadas difiriendo únicamente en el estimador utilizado que, como hemos visto, puede ser paramétrico o no paramétrico. Así, estos dos autores distinguen dos tipos equivalentes de clasificadores; paramétrico o no paramétrico. Esta distinción ha sido puesta a prueba posteriormente (Ashby y Waldron, 1999). Los resultados parecen indicar que los participantes utilizan una categorización no paramétrica lo que indica que los participantes no

categorizan basándose en una idea previa sobre las características de la categoría.

El hecho de que, como hemos visto, los modelos de categorización sean muy similares entre sí conlleva preguntarse cómo es posible discriminar cuál es el más adecuado si, en realidad, apenas difieren unos de otros. En efecto, a menudo hemos hablado de grandes índices de ajustes entre los datos predichos y los obtenidos lo que hace que la diferencia en porcentaje de varianza explicada entre un modelo y otro pueda ser de 0,01%; si estas diferencias son tan pequeñas (debido a la similitud entre modelos) ¿que es lo que hace que se opte por un modelo y no por otro?

El procedimiento usual a la hora de comparar modelos es su ajuste a los datos cuando estos modelos se componen de parámetros libres ya que se supone que a mayor ajuste del modelo, mayor probabilidad de que sus supuestos teóricos sean correctos. No obstante, y siguiendo a Roberts y Pashler (2000) esto es un error que puede producirse en tres situaciones distintas. En primer lugar, podemos tratar con teorías que ajustan demasiado. Así, un mismo modelo puede generar tal rango de resultados que sea imposible encontrar resultados que no puedan ser incluidos en la misma. Por ejemplo, “el ACT de Anderson puede modelar no solo los resultados de Sternberg si no los opuestos o cualquier otro resultado” (Wexler, 1978; página 338).

Es posible también que los mismos datos que puedan ser ajustados por teorías flexibles con supuestos totalmente distintos, lo que indica que el ajuste no apoya los supuestos teóricos. A lo largo de este texto hemos explicado situaciones similares en las que los datos podían ser explicados, por ejemplo, tanto desde la teoría de ejemplares como desde la teoría de límites.

Por último, los modelos propuestos pueden ajustar muy bien pero incluir algún supuesto incorrecto. Así, un modelo de aprendizaje de pares asociados de Bower (1961) mostraba un ajuste de increíble precisión a pesar de que su supuesto central era incorrecto (Hintzman, 1991). En nuestro recorrido a lo largo de los modelos de categorización hemos comprobado que algunos modelos con supuestos discutibles conseguían un ajuste a los datos casi perfecto.

Por tanto, los peligros de utilizar este tipo de técnica para la selección de modelos es que no está claro qué es lo que la teoría predice (o cuanto fuerza a los datos ajustados). Así, una teoría con

parámetros ajustables que se “ajusta” a ciertos datos no es más que un ejemplo de lo que esa teoría puede ajustar, no una predicción efectuada por la teoría. Además, la variabilidad de los datos tampoco es conocida (por ejemplo, variación entre-sujetos). Así, es necesario conocer hasta qué punto los datos coinciden con las predicciones de la teoría y si son compatibles con resultados que la teoría ha desechado. Si una teoría predice que cierto valor debe ser mayor que cero y si resulta que efectivamente lo es, cuanto menor sea el intervalo de confianza, más impresionante será la confirmación. Finalmente, la probabilidad *a priori* (probabilidad de ajuste datos-predicciones tanto si la teoría es cierta o no) de que la teoría ajuste no es conocida ya que tal vez la teoría pueda ajustar a todos los resultados plausibles. Ello es posible en psicología ya que, debido a la dependencia de los datos, los resultados plausibles son una pequeña fracción de los resultados posibles.

Las soluciones a los problemas planteados son, en primer lugar, determinar las predicciones, lo que equivale a conocer todas las posibles combinaciones de los valores posibles de todos los parámetros del modelo. Además, debe mostrarse la variabilidad de los datos para compararla con la variabilidad de las predicciones del punto anterior. Finalmente, debe demostrarse que existen resultados plausibles a los que la teoría no puede ajustarse lo que implica cuatro pasos: determinar lo que interesa a la teoría predecir, determinar un intervalo de confianza del 95% basado en los datos y comparar ambos intervalos. En resumen, establecer un intervalo (al 95%) dentro de los resultados que sea consistente con la teoría, dada la variabilidad de los datos.

Para finalizar, citamos a Roberts y Pashler que afirman que “no hemos podido encontrar dentro de la filosofía de la ciencia ningún apoyo al uso de la bondad de ajuste para apoyar teorías” y “en toda la historia de la psicología no hemos encontrado teorías que originalmente estuvieran total o principalmente apoyadas por buenos ajustes a los datos que eventualmente encontrarán apoyo desde otro tipo de fuentes” (Roberts y Pashler, 2000; página 362).

Además del ajuste conseguido por un determinado modelo otra técnica habitual es la comparación de modelos ya que, por ejemplo, podemos encontrarnos con que dos modelos ajustan con idéntica exactitud a los datos obtenidos por el experimentador y debemos

establecer un criterio para seleccionar uno u otro. La comparación y selección de modelos se basa en la obtención de un índice —la elección del mismo depende de las características de los datos— bien el *BIC*, el *AIC*, la *CV*, etc.. para comparar los modelos. Por ejemplo, si calculamos el *AIC* (*Akaike Information Criterion*) el modelo con menor número de parámetros obtiene menor discrepancia esperada aunque ambos tengan el mismo valor *ML*.

La introducción de estos criterios se ha producido en fechas recientes y pueden presentar algunos problemas específicos para cada uno de ellos por lo que nuevos criterios se siguen desarrollando. Ejemplo de ello son el criterio de generalización de Busemeyer y Wang (2000) con el que se pretende asegurar la generalización de las predicciones (Forster, 2000).

Además, en algunas simulaciones (Myung, 2000) en las que se pone a prueba distintos modelos (incluido el que ha generado los datos) de distinta complejidad —original;  $y = A_1x + A_2x^2$  y el más complejo  $y = A_1x^{0.5} + A_2\exp(A_3x) \sin(A_4x + A_5x^2 + A_6)$ — el modelo auténtico era seleccionado en promedio como el más adecuado para los datos en el 45% de las ocasiones. La conclusión es que estos criterios pueden favorecer los modelos con un elevado número de parámetros.

La selección de modelos es un área nueva de la estadística matemática (Forster, 2000) en la que aún están por definir criterios totalmente fiables que permitan la correcta comparación de modelos y en la que debe procederse con cautela ya que: los criterios pueden favorecer los modelos complejos, esos mismos modelos complejos suelen verse favorecidos cuando aumenta el tamaño de la muestra y, por otra parte, tienen problemas si se intentan generalizar. Debe recordarse que “el modelo con menor *AIC* no es el modelo correcto. Solo significa que es el mejor de los modelos en el sentido de que proporciona predicciones más cercanas a aquellas producidas por el modelo correcto” (Takane y Shibayama, 1992).

Dentro de los modelos de categorización, la utilización de estos criterios es, de igual manera, reciente. Así, el uso de alguno de los criterios de comparación es aún poco frecuente siendo el *AIC* de Akaike el más usado. No obstante, su utilización suele estar restringida a modelos anidados o, lo que es lo mismo, es utilizado para comparar dos modelos dentro de la misma familia (por ejemplo, un

modelo de ejemplares con o sin un parámetro de atención). A este respecto podemos citar los trabajos de Maddox (2001), el de Thomas (2001), el de Vandierendonck (2000) o en el de Ashby et al. (2002). Por otra parte, el uso del AIC para comparar modelos procedentes de distintas teorías lo podemos encontrar en los trabajos de Maddox y Ashby (1993) o en el de McKinley y Nosofsky (1995). Sin embargo, en trabajos recientes como el de Stewart y Chater (2001), en el de Maddox et al. (2002) o en el de Nosofsky y Johansen (2000) en los que se comparan los modelos de ejemplares y de límites no se utiliza ningún criterio de comparación de modelos. Así pues, actualmente la comparación con modelos teóricos rivales parece haberse descartado y esto incluye, además, los trabajos realizados desde la teoría de prototipo (Smith, 2002; Minda y Smith, 1998) o la teoría racional de Anderson (Anderson y Betz, 2001).

### ***Categorización no dimensional***

Entendemos por modelos de categorización no dimensional aquellos desarrollados a partir del análisis y crítica a la similitud en los que busca nuevas formas de explicar la relación entre los objetos que forman una categoría en otros factores que van más allá de las características (dimensiones) de estos objetos. En consecuencia, hemos dividido este apartado en dos partes: en la primera de ellas detallamos las críticas a la similitud como principal factor explicativo de la creación y utilización de las categorías. La segunda parte se divide, a su vez, en dos secciones; la primera se refiere a la importancia de factores internos de categorización —distintos a la similitud y entre los que destacan las teorías implícitas—mientras que la segunda se refiere al rol de los conocimientos previos.

#### **Crítica a la similitud pura**

Hemos visto cómo la similitud ha sido uno de los conceptos clave criticados de las teorías de prototipo y de ejemplar siendo de vital importancia en la teoría de ejemplares de Nosofsky. Sin embargo, hasta este momento no nos hemos referido a las alternativas que, en contraposición a los conceptos de similitud, son propuestas a la hora de explicar la categorización. Así, la discusión entre estas dos posiciones básicamente puede resumirse de la siguiente manera: la

categorización de los objetos presentados depende únicamente de la similitud o, por el contrario, en la categorización se ven implicados procesos de inferencia lógica y los participantes *piensan* en la respuesta que emiten en lugar de simplemente basarse en la relación existente entre las características de los objetos y la categoría a la que pertenecen.

#### La similitud cuestionada

---

La clarificación del concepto de la similitud, en primer lugar, no es un problema exclusivo del estudio de la categorización y su definición es de vital importancia dentro de diferentes campos de la Psicología Cognitiva. Así, en los modelos de memoria, *A* recuerda a *B* si *A* es similar a *B* (Raaijmakers y Shiffrin, 1981) y los objetos similares son almacenados en memoria en un mismo grupo. En el campo del aprendizaje, la tarea *A* es más fácilmente aprendida si se asemeja a una tarea *B* previamente conocida por el participante. De igual forma, en el campo de la resolución de problemas, si alguien ha resuelto el problema *A* e intenta resolver un problema *B*, su tarea se verá facilitada en la medida que ambos problemas se parezcan (Ross, 1984; Gick y Holyoak, 1980).

La similitud, tal y como se dijo, es uno de los mayores problemas teóricos de la teoría de ejemplares y de la teoría de prototipo (Barsalou y Hale, 1993, página 107). Así, estos modelos parten de la comparación de un ejemplar presentado con algún tipo de representación internas (que puede ser un prototipo o los ejemplares de la categoría). Mediante esta comparación, el participante establece la similitud entre ambos objetos (el presentado y el almacenado) y es el grado de similitud resultante el que determina la clasificación final del estímulo presentado.

Sin embargo, este proceso no siempre es tan claro, es decir, el proceso que teóricamente tendría que producirse en ocasiones no ocurre y entran en juego otras consideraciones. Por ejemplo, algunos autores encuentran que los participantes se basan en propiedades abstractas de los objetos para categorizarlos (Huttenlocher, Hedges, Vevea, 2000; Rips, 1989; Rips y Collins, 1993).

Así, Rips encontró un llamativo efecto en uno de sus experimentos. En este experimento los participantes debían juzgar cuan distintas eran dos categorías de objetos reales siendo en este caso pizzas y cuartos



(monedas de 25 centavos) en cierta dimensión (su diámetro). En cada ensayo se les preguntaba a los participantes sobre un cierto objeto (pizza o cuarto) del cual el único dato que se ofrecía era su diámetro (característica muy variable en el caso de las pizzas y con poca variabilidad en el caso de los cuartos). Además, el diámetro del objeto a evaluar se situaba en un valor intermedio entre el valor usual de la categoría pizza y de la categoría cuarto. Las preguntas a los participantes variaban según el grupo experimental; en un grupo se les preguntaba a que categoría era más similar el objeto, en otro grupo se les preguntaba a qué categoría era más típico que perteneciera ese objeto y a otro grupo se le preguntaba a qué categoría con mayor probabilidad pertenecía el objeto. Pues bien, los participantes tendían a escoger la categoría más variable (en este caso, pizza) cuando se les preguntaba por la categoría a la que podría pertenecer el objeto mientras que escogían la categoría de valores fijos (o sea, cuartos) cuando se les preguntaba por la categoría a la que más se parecía el objeto.

Estos resultados ponen de manifiesto diferentes características de la evaluación de la similitud y de la evaluación de la pertenencia a cierta categoría; mientras que en el primer caso, los participantes no tienen en cuenta los posibles valores de las dos posibles categorías —o, lo que es lo mismo, mientras que al evaluar la similitud de un objeto a cierta categoría los participantes no tienen en cuenta la variabilidad de las mismas—, en el segundo los participantes tienen presente la homogeneidad de cierta característica dentro de cada una de las categorías. En resumen, el supuesto según el cual los participantes comparan para luego —y según los resultados de esa comparación— categorizar parece incorrecto a la luz de los resultados encontrados por este autor.

El mismo Rips (Rips y Collins, 1993) confirmó la disociación entre similitud y categorización en un trabajo posterior cuyos resultados muestran que la similitud se relaciona con la distancia a la tendencia central de la categoría mientras que el juicio de pertenencia a una categoría se relaciona con la repetición de ese valor en la categoría. Finalmente, Rips afirma que la categorización depende de propiedades abstractas y no está basada en la similitud percibida entre los objetos. Estas características son propiedades causales internas, relaciones o

información distribucional. De hecho, esta línea de investigación es la que siguen los estudios de los que hablamos más abajo.

Además, la similitud también presenta otros problemas como el hecho de ser demasiado flexible. Así, Goodman (1972) afirma que dos objetos poseen un número arbitrario de características distintas o en común. Así, afirmar que 'X es similar a Y' no significa nada hasta que la afirmación es completada de la siguiente forma "X es similar a Y con respecto a la propiedad Z"; afirmar que dos cosas son similares es afirmar que comparten una serie de características especificando cuales son esas propiedades en común.

En esta misma línea se expresan Murphy y Medin (1985) al afirmar que estas características pueden ser infinitas y que la similitud es siempre con respecto a algo (Murphy, 1993; pág. 175-176). Así, *mapache* y *serpiente* son juzgados menos similares cuando a los participantes no se les facilita ningún contexto de comparación que cuando se establece un contexto como el de *mascota* (Barsalou, 1982).

Es evidente que la intervención del contexto en la similitud sí es reconocida por el modelo de ejemplares (recordemos que su mismo nombre incluye esta palabra) pero el sentido es distinto al empleado por los autores que acabamos de mencionar. Así, el contexto de la teoría de Nosofsky se refiere al contexto con el que se compara el ejemplar presentado (que es distinto si son distintos los ejemplares que componen las categorías) pero que no altera la similitud entre el ejemplar A y el ejemplar B mientras que el efecto del contraste al que se refieren los autores citados más arriba hace referencia a la distinta similitud evaluada en distintos contextos para los dos mismos ejemplares A y B.

Es en este contexto donde encaja perfectamente la teoría de Tversky sobre las relaciones de similitud asimétrica entre estímulos y sobre los efectos del contexto de comparación (Tversky, 1977). De esta forma, no es lo mismo evaluar qué país de entre Grecia, Alemania e Inglaterra se parece más a España que elegir cual es el país más similar a España entre el grupo de países de Grecia, Portugal y Alemania. Es el denominado efecto diagnóstico; en el primer caso, el clima puede ser la característica que diferencia permite decidir entre los tres países del grupo mientras que en el segundo es la proximidad geográfica y cultural la que hace que nos inclinemos por Portugal.

Similares —nunca mejor dicho— resultados han sido encontrados por otros autores en la relación entre adjetivos mediada por nombres. Por ejemplo, Medin y Shoben (1988) encuentran que cuando la palabra *pele* es modificada por un adjetivo referente a su color la relación es inversa que al modificar la palabra *nube* con el mismo tipo de adjetivo. Así, el adjetivo *blanco* es seleccionado como más similar a *gris* si se refiere a la palabra *pele* mientras que ese mismo adjetivo es seleccionado como más similar al *negro*, si el nombre al que modifica es la palabra *nube*.

Finalmente, podemos encontrarnos con el efecto de extensión; las propiedades que son compartidas por todas las entidades de cierto contexto no poseen ningún valor diagnóstico en el sentido de que no pueden utilizarse para establecer distintos subgrupos dentro del grupo principal. Así pues, solamente cuando el contexto es lo bastante amplio para que existan ejemplares con propiedades distintas entre sí, las propiedades pueden alcanzar un valor diagnóstico.

Además, la similitud, puede ser influenciada por otros factores como el contexto cultural de quien la evalúa (Whorf, 1941) o por el grado de conocimiento que se posee del objeto (Chi, Feltovich y Glaser, 1981). Así, estos últimos autores compararon la clasificación entre dos grupos de participantes; los expertos y los novatos. Mientras que los segundos tendían a clasificar los problemas según sus características superficiales, los expertos clasificaban según principios más abstractos.

Un proceso similar ocurre con la edad (Gentner, 1988; Gentner y Toupin, 1986) conforme la madurez de los niños aumenta, sus juicios de similitud tienden a basarse en propiedades de los objetos más abstractas y relacionales. Así, mientras que para un niño de 5 años una nube y una esponja se parecen porque ambas son redondas y esponjosas mientras que para un adulto (usualmente) su similitud es debida a que ambas contienen agua que pueden expulsar más tarde.

Por otra parte, las distintas medidas de la similitud no convergen en un único constructo. Así, la similitud puede ser medida de diferentes formas; podemos pedir que dos objetos sean evaluados según su similitud en una escala de 1 a 10, por ejemplo.

De hecho, otros autores han calculado la similitud a partir del tiempo medio requerido por los participantes para responder si dos objetos son diferentes (Podgorny y Garner, 1979) lo que enlaza

directamente con la ampliación del modelo de ejemplares en el que se predice el tiempo de categorización a partir de la similitud de los ejemplares presentados.

Otra forma de evaluar la similitud pueden ser las falsas alarmas en una prueba de reconocimiento de nuevos y antiguos ejemplares (Medin, Goldstone y Gentner, 1993). Cuanto más similar sea un ejemplar a los ejemplares antiguos, más probable es que el ejemplar presentado sea evaluado como antiguo.

Otro modo de medir la similitud es mediante tareas de igual/diferente. Así, cuanto más similares sean los ejemplares menos proporción de respuestas afirmando que son diferentes serán emitidas por los participantes. Otras maneras de evaluar la similitud es pedir a los participantes que identifiquen cierto estímulo dentro de un conjunto de ejemplares con los que se puede confundir; el patrón de respuesta nos indicará que ejemplares del conjunto son más similares al ejemplar que se compara.

Todas estas medidas pueden clasificarse como directas (la primera de ellas) o como indirectas (el resto) según Medin, Goldstone y Gentner (1993). Ahora bien, la similitud medida mediante una escala como la que hemos mencionado no es equivalente a la similitud medida en una tarea de discriminación perceptiva o en una tarea de confusión perceptiva (Goldstone, 1994a) pese a que puedan estar muy relacionadas. De esta forma, en la similitud directa son más importantes las propiedades abstractas o conceptuales y, por ejemplo (Beck, 1966), encuentra que sus participantes evalúan una *T* recta como más similar a una *T* invertida que a una *L* recta pero que es más probable que sea agrupada perceptualmente.

Pero es que, además, en algunos casos se han detectado divergencias entre dos mediciones directas de similitud (Medin, Goldstone y Gentner, 1990) pudiéndose distinguir, además, entre la similitud atribucional y la similitud relacional (Medin, Goldstone y Gentner, 1990) en la que la primera se refiere a la similitud entre dos objetos en cuanto a sus atributos (por ejemplo, el verde del césped) mientras que la segunda se refiere a la conexión existente entre dos atributos y que solo puede ser descrita con relación a otro atributo o relación (por ejemplo, si un cuadro está compuesto por un cuadrado rojo junto a un círculo rojo, entonces el cuadro tiene la relación “idéntico matiz”).

La disociación entre similitud y categorización ha sido recientemente demostrada (Thibaut, Dupont y Anselme, 2002); los participantes categorizaban los estímulos presentados según los atributos necesarios (los que podían ser utilizados para distinguir entre las categorías y presentes en todas ellas) mientras que evaluaban la similitud según los atributos característicos (propios de una única categoría).

Finalmente, existe el peligro de que la similitud sea fijada de forma externa y arbitraria. Así, cuando afirmamos que Freddy es similar a Manolo nadie es capaz de entender qué es lo que queremos decir si no explicamos respecto a qué son similares. Por tanto, se corre el riesgo de la similitud se refiera a uno o más predicados aplicados a las diferentes entidades que están siendo comparadas lo que es especialmente grave si la comparación es más conceptual que perceptiva. Por ello que “restringir la similitud a aspectos puramente perceptuales conlleva una reducción drástica de los dominios de la similitud y de su poder explicativo dejando a un lado las estructuras relacionales y los procesos” (Medin, Goldstone y Gentner, 1993; pág. 273).

Así pues, el modelo de ejemplares (y el de prototipo) basan una parte importante de sus supuestos en la similitud perceptiva. No obstante, la definición de similitud, la operativización de esta variable así como su importancia dentro de la categorización ha sido puesta en entredicho por diferentes autores a lo largo de las dos últimas décadas. La búsqueda de relaciones diferentes a la similitud entre los ejemplares y las categorías ha propiciado una perspectiva diferente en el estudio de la categorización. De hecho, el propio Lamberts, afirma que la similitud es insuficiente si se concibe como algo rígido e invariable (Lamberts, 1994) intentando explicar sus causas en la línea de los trabajos que vemos veremos a continuación.

### **Factores internos de categorización y conocimiento previo**

Tal y como dijimos la crítica a la similitud como principal variable explicativa de la categorización ha generado nuevos enfoques, los cuales hemos dividido en dos: por una parte, factores internos de categorización (como el objetivo de la categorización o las teorías implícitas) y el conocimiento previo de los participantes. A continuación desarrollamos estos dos puntos.

### Factores internos de categorización

---

Así pues, han surgido modelos en los que la categorización es postulada como un fenómeno que depende de otros factores internos y no de la similitud. Siguiendo a Goldstone (1994) podemos hablar de tres tipos de categorización que detallamos a continuación.

(1) Categorización debida a información no local. Desde este punto de vista la categorización puede depender de la información que está disponible a un cierto nivel categorial pero no de la información proporcionada por ejemplares individuales.

Se ha demostrado que los participantes son sensibles a las características de los estímulos en tanto que pertenecen a una categoría (Anderson, Ross y Chin-Parker, 2002; Livingston, Andrews y Harnad, 1998), que el hecho de pertenecer a una categoría influye tanto en la categorización como en la inferencia realizada con esos ejemplares (Yamauchi y Markman, 2000) y que los participantes, además, son sensibles a la variabilidad dentro de la categoría (Fried y Holyoak, 1984; Rips, 1989). Estos últimos presentaron a los participantes prototipos procedentes de dos categorías (las cuales diferían en variabilidad y fueron atribuidas a dos dibujantes). Así, los participantes categorizaron los dibujos según la variabilidad de la categoría; algunos dibujos que eran más similares en promedio a los dibujos de la categoría con menor variabilidad fueron categorizados como pertenecientes al dibujante de la categoría más variable. Por tanto, los participantes se ven influidos por las características de las categorías como un todo.

Recientemente, se ha presentado una nueva teoría (Schyns, Goldstone y Thibaut, 1998) en la que las personas crean características de las que se sirven para categorizar los objetos. Así, al presentarse un nuevo objeto dos tipos de aprendizaje son posibles; basado en las características fijas o basado en características flexibles. El segundo ocurre cuando las nuevas categorizaciones no pueden ser representadas con las características ya disponibles. Además, las características presentadas en los objetos son descompuestas en subcaracterísticas para evitar el aprendizaje de complejas reglas de categorización. Los detalles del modelo quedaron explicados más arriba.

En una línea similar se ha desarrollado un nuevo modelo denominado modelo CA (de ajuste categorial) —(Huttenlocher,

Hedges y Duncan, 1991; Spencer y Hund, 2002)— en el que los estímulos se postulan como representados por dos niveles de detalles. Por una parte, los estímulos se codifican mediante valores en detalle los cuales forman las categorías mientras que, por otra parte, los estímulos incluyen información sobre la categoría. Cuando la representación del estímulo es exacta, ambos valores coinciden (redundancia), si la representación no es exacta, los niveles proporcionan información no redundante la cual puede ser combinada para su uso. Los detalles del modelo quedaron explicados más arriba.

(2) La categorización también puede ser considerada como dependiente del objetivo. Dentro de esta perspectiva destaca Barsalou (Barsalou, 1987; 1991; Barsalou y Medin, 1986) que afirma que las categorías pueden ser creadas según sean necesarias para cumplir un determinado objetivo y que, por tanto, cambios temporales en estos objetivos, influirán en la estructura de la categoría.

Así, Barsalou (1987) pedía a los participantes evaluar la tipicidad de ciertos objetos desde diferentes perspectivas. Los participantes evaluaron *gansos* como más ejemplos más típicos de pájaro desde una perspectiva china que desde una perspectiva americana. En este sentido, destaca el trabajo de Barsalou (Barsalou, 1983) y sus categorías *ad hoc*. Estas categorías tales como “cosas que hay que salvar de una casa en llamas” poseen las mismas características que el resto de categorías como la estructura graduada (tipicidad) y los participantes muestran igual grado de acuerdo que en el caso de las categorías tradicionales pese a que no están tan bien establecidas en memoria. Además, estas categorías violan la estructura correlacional y no son elaboradas por la gente de forma habitual. Así, la mayor dificultad de estas categorías consiste en explicar cuantos objetivos hacen que una categoría *ad hoc* sea relevante o cuantos nuevos conceptos pueden ser contruidos para representar estas categorías. No obstante, los ejemplares de estas categorías se encuentran en ellas debido a los objetivos establecidos por los participantes y no a su grado de similitud. Estos objetivos influyen, además, en la estructura graduada de las categorías (Barsalou, 1985).

Recientemente, Yamauchi y Markman (1998) y Ross y Warren (2002) han obtenido resultados similares; la formación de las categorías se relaciona con la tarea realizada durante el aprendizaje.

(3) Categorización como dependiente de teorías implícitas. Según esta perspectiva, los participantes categorizan según la teoría que tienen del mundo que incluyen sistemas organizados de conocimiento. De esta forma, nuestras intuiciones de la coherencia de los conceptos así como nuestra flexibilidad usando conceptos proviene de la comprensión de las relaciones explicativas presentadas. Los distintos objetos se agrupan formando una categoría, desde este punto de vista, debido a la disponibilidad de la explicación. De esta manera, los objetos vivientes que vuelan, tienen plumas y huesos forman una categoría debido a que todos estos atributos deben ser (teóricamente) manifestaciones de una estructura genética única; compartir (por teoría) esta estructura es lo que da coherencia a la categoría (Komatsu, 1992).

Además, estas teorías dependen del contexto cultural de las personas y, de esta forma, algunos resultados obtenidos por Rosch (Rosch et al. 1976) —en los que se aprecia que el nivel básico era más general en los agricultores que en los participantes americanos— pueden interpretarse en esta línea (la mayor importancia de un dominio causa estructuras de conocimiento más elaboradas en ese dominio lo cual provoca una mayor diferenciación en conceptos específicos).

Dentro de esta tendencia pueden citarse diferentes aproximaciones al mismo problema (Komatsu, 1992) como son las siguientes.

(A) Esencialismo psicológico. Según el cual las representaciones de que la gente posee de las cosas reflejan la creencia de que las cosas tienen una esencia. Así, la representación de una roca incluye la creencia de que ésta posee una “esencia de roca”. Algunos autores (Medin y Ortony, 1989) incluyen dentro de esta tendencia tres supuestos principales; que los atributos asociados a los ejemplares de la categoría se distribuyen en un continuo de arriba (más accesibles) a abajo (más abstractos), que el sistema perceptivo y el conceptual han evolucionado de forma que las características de la superficie están conectadas con las más profundas y a partir de las primeras extraer las segundas y que el esencialismo es lo que proporciona coherencia a las categorías. Así, un líquido puede ser considerado como agua siempre que contenga  $H_2O$  —lo que podría considerarse como su esencia— si bien pueden existir otros factores complementarios para que el líquido



sea considerado como agua; existe por tanto un cierto esencialismo con respecto a esta sustancia (Malt, 1994).

(B) Conceptos como modelos cognitivos idealizados (Lakoff, 1987; Fillmore, 1982). Desde este punto de vista, las personas operan con una serie de modelos idealizados de los conceptos los cuales interaccionan con el mundo real pudiendo en ocasiones no coincidir. Así, el modelo que tenemos de *carnicero* es el de un hombre soltero adulto, pero estos atributos no siempre aparecen en el mundo real siendo, además, esta falta de ajuste la causante de los efectos de tipicidad.

(C) Modelos mentales (Johnson-Laird, 1980, 1987). Desde este punto de vista, las representaciones corresponden a conceptos que son entendidos como esquemas almacenados en la memoria a largo plazo. Así, cualquier efecto relacionado con los conceptos no deriva directamente de las representaciones conceptuales almacenadas a largo plazo si no que depende de los modelos mentales (representaciones) construidos en la memoria activa.

(D) Aproximación basada en dos componentes (Michalki, 1989). En la que se afirma que nuestro entendimiento de un concepto en un contexto determinado depende de la representación base del concepto (*BCR*) y de la interpretación inferida del concepto (*ICI*). La primera de ellas incluye información (almacenada en la memoria a largo plazo) específica y general del concepto mientras que la segunda es un proceso en el que se aplican métodos de inferencia a los datos procedentes de la *BCR* haciendo uso de los conocimientos previos relevantes para construir una interpretación del concepto apropiada al contexto. Este componente es específico de cada concepto.

Desde el punto de vista de las teorías implícitas se han producido distintas aportaciones. Así, Murphy y Medin (1985) muestran que un hombre que salta a una piscina vestido puede ser categorizado como *borracho* ya que esto explica su acción sin que esta categorización dependa de la comparación de las características del hombre con las características de la categoría *borracho*.

También Keil (1989) ha encontrado evidencias en este sentido. Este autor relató a niños la historia de unos científicos que descubrían un animal de aspecto físico similar exactamente igual a un mapache pero que interiormente tiene órganos de una mofeta y sus padres y sus hijos son asimismo mofetas. Cuando la edad de los niños aumentaba los

niños tendían a afirmar que el animal era una mofeta. Es decir, los niños, con la edad, tendían a categorizar el animal según la teoría implícita sobre biología y herencia más que según su aspecto físico exterior. Además, no podemos olvidar que una ballena se encuentra dentro de la categoría *mamífero* pese a su similitud perceptiva con los peces (Murphy y Medin, 1985).

Las teorías que poseemos sobre el mundo se relacionan con la estructura correlacional del mundo ya que son las que explican la percepción de esta correlación aunque las características que se encuentren correlacionadas en las representaciones mentales no tienen por qué corresponderse con las relaciones empíricas. La correlación de estas características es de gran importancia cuando pueden ser representadas como conocimiento teórico ya que la gente tiene una tendencia pronunciada a agrupar los conceptos según la correlación de sus atributos cuando existe una conexión causal entre los conceptos agrupados (Murphy y Medin, 1985).

La estructura correlacional también ha sido estudiada en diferentes trabajos en los que se manipula las características de las categorías presentadas a los participantes tanto a nivel entre (Wattenmaker, 1991; Wattenmaker, Dewey, Murphy y Medin, 1986) como a nivel intra categorial (Chin-Parker y Ross, 2002). Los participantes de Wattenmaker, por ejemplo, aprendían las categorías de forma incidental o intencional; los resultados muestran que, si la actividad genera suficientes elaboraciones, una parte importante de la información sobre las categorías es preservada incluso en ausencia de un aprendizaje intencional sobre las categorías. Además, los participantes que analizaban los ejemplares como pertenecientes a una categoría mostraban una menor sensibilidad a la correlación de las características que los participantes que habían sido orientados a analizar los ejemplares como tales.

Las teorías implícitas también han sido manipuladas por diferentes autores (Ahn, Brower y Mooney, 1991; Medin, 1989; Ross y Warren, 2002). De esta forma, a los participantes se les proporciona descripciones abstractas o conocimiento previo significativo para la categorización. Los resultados muestran que los participantes categorizan de forma distinta según hayan recibido o no los datos suministrados por el experimentador, los participantes aprenden las diferentes categorías más fácilmente si previamente se les ha

proporcionado cierto conocimiento previo coherente con ellas (Murphy y Allopenna, 1994; Pazzani, 1991). En algunos casos los resultados muestran que dependiendo de la estructura de la información suministrada los participantes pueden usarla apropiadamente, ignorarla o usarla de forma equivocada (Medin y Edelson, 1988).

Más recientemente, Rehder (Rehder y Hastie, 2001; Rehder y Ross, 2001) ha centrado sus trabajos sobre categorización en el análisis de las características de estas teorías. Así, este autor ha mostrado la importancia del conocimiento de los mecanismos causales proponiendo la hipótesis del esencialismo causal o, lo que es lo mismo, afirma que las características distintivas de los objetos naturales provienen de una estructura causal organizada en torno a una característica central que se supone que tales objetos poseen; todas las categorías así organizadas exhibirán las propiedades típicamente asociadas a los objetos naturales.

Los resultados muestran que la eficacia del conocimiento causal aumenta la influencia de ciertos atributos debido a su papel desempeñado desde un punto de vista causal. En ciertos casos, por ejemplo, los participantes mejoraban su aprendizaje de las categorías si estas eran coherentes; las dos categorías describían a morleks de forma coherente (flotan en la estratosfera, poseen un filtro electroestático, trabajan absorbiendo iones gaseosos venenosos) o de forma incoherente (operan en tierra, trabajan absorbiendo iones gaseosos venenosos, recubiertos de un material esponjoso).

Al igual que Rehder, Ahn también ha desarrollado un modelo sobre las características causales (Ahn, 1998; Ahn, Kim, Lassaline y Dennis, 2000) proponiendo la hipótesis del estatus causal. Dicha hipótesis afirma que un ejemplar que no posee una causa es menos probable que sea considerado como miembro de la categoría que un ejemplar que no posee un efecto o, idénticamente, que las causas son más importantes que los efectos. La distinción entre el atributo causa y el atributo efecto también ha sido puesta de manifiesto por Sloman, Love y Ahn (1998).

También destaca la distinción entre categorización de eventos y categorización de individuos (Barsalou, Huttenlocher y Lamberts, 1998; Rips y Estin, 1998). Así, estos autores afirman que las teorías de ejemplares o de prototipo asumen que los eventos constituyen la

unidad básica de aprendizaje y de representación en la categorización, cada uno de estos eventos actualiza la representación estadística de la categoría independientemente del resto de eventos (Barsalou, Huttenlocher y Lamberts, 1998).

Sin embargo, estos eventos distintos pueden implicar a los mismos individuos (ejemplares) los cuales pueden afectar de forma independiente la categorización de los participantes. Así, a los participantes se les presentaban dibujos de peces algunos de ellos repetidos pero, mientras a un grupo se les aseguraba que todos los peces eran distintos, al otro grupo se le informaba que algunos dibujos se repetían. Los participantes debían evaluar la tipicidad y la categoría a la que pertenecían los peces tras una fase de entrenamiento. Los resultados mostraron que los participantes trataban de forma distinta a los ejemplares (individuos) y a los eventos (aparición de cada ejemplar) utilizando tanto la información debida a los ejemplares como a los eventos.

Además, a los participantes se les presentó cierto ejemplar en repetidas ocasiones (con las mismas instrucciones mencionadas); si los participantes estaban advertidos de las repeticiones el resto de ejemplares dominaba la categorización mientras que si no lo estaban era el ejemplar repetido el que lo hacía (el ejemplar era repetido en 18 ocasiones lo que debía generar 18 trazas, las cuales eran tratadas de forma distinta según fuera conocida la repetición) llegando a ser este individuo el más típico de la categoría.

#### **Importancia de los conocimientos previos**

---

Finalmente, podemos referirnos a las teorías que estudian los conocimientos previos de los participantes. Dentro de este apartado, podemos destacar 3 teorías. Esta perspectiva del estudio de las categorías se ocupa del efecto de los conocimientos previos en el aprendizaje de las categorías y de cómo este aprendizaje afecta a su vez a las categorías ya conocidas. Así, si alguien que vive en Valencia se traslada a Barcelona, el aprendizaje de la nueva categoría como *playas de Barcelona* estará afectado por las ideas previas que poseía sobre la categoría *playas de Valencia*. Además, el conocimiento de las nuevas categorías afectará tanto a la categoría previa *playas de Valencia* como a la categoría más genérica *playas*.

El conocimiento previo —o expectativa (Heit, 1994)— puede influir de tres formas distintas en la categorización realizada por los participantes, lo que da lugar a, como decíamos, tres enfoques explicativos. En primer lugar, podemos hablar de la teoría de la integración. Desde esta teoría se afirma que los juicios de categorización dependen de dos clases distintas de ejemplares almacenados en memoria: ejemplares observados de la categoría y ejemplares previos, siendo estos últimos miembros de categorías relacionadas que sirven como expectativa para la nueva categoría. Así, los ejemplares previos afectan a la categorización de la misma forma que los ejemplares observados pero los ejemplares previos proceden de fuentes externas a la categoría nueva siendo posible, además, que estos ejemplares sean idealizaciones o ejemplares ficticios elaborados.

Recientemente (Heit, 2001), se ha propuesto un modelo derivado del modelo de ejemplares en el que, básicamente, se ha sustituido la similitud por la familiaridad (la cual es calculada a partir de la similitud entre ejemplares).

Por otra parte, se ha formulado la teoría de los pesos. Desde esta perspectiva, el conocimiento previo de los participantes facilita el aprendizaje de las categorías que cumplen las expectativas y descarta aquellos ejemplares que no las cumplen de forma que los ejemplares observados de las categorías que son congruentes con este conocimiento tiene mayor efecto sobre la categorización que aquellos que no se corresponden con las expectativas creadas. Ello puede explicar por qué la gente tiende a centrarse más en aquellas características que se espera que ocurran (Murphy y Medin, 1985).

Finalmente, la teoría de la distorsión afirma que los ejemplares observados son distorsionados para hacerlos más congruentes con el conocimiento previo del participante. Estas distorsiones pueden suceder de distinta forma y en distintas fases, como la recuperación de la información o en la codificación. Esta teoría forma parte de la teoría del esquema que sugiere que la información previa que posee el participante provoca que en los casos en los que la información no se recuerda con claridad se tienda a utilizar información previa relacionada. Este proceso puede explicar por qué los participantes las características ambiguas son interpretadas como congruentes con la información previa (Wisniewski, 1994).

Estas teorías han sido incluidas en algunos trabajos dentro del esquema de la teoría de ejemplares, sin conclusiones claras (Heit, 1994, 1998) si bien en un reciente trabajo (Vandierendonck y Roseel, 2000) han puesto de manifiesto que disponer de conocimiento previo afecta a la importancia asignada a las dimensiones que forman los estímulos cuando se evalúa la similitud entre pares de estímulos y en el aprendizaje de las categorías. De hecho, se ha propuesto un modelo conexionista, *KRES* (Rehder y Murphy, 2003), en el que el conocimiento previo —en forma de relaciones entre conceptos— es introducido para comprobar su efecto en el aprendizaje de las categorías.

Es destacable que el conocimiento *a priori* de los participantes haya recibido tan poca atención dentro de los modelos de categorización humana comparado con los modelos aplicados a animales donde la pre-exposición a estímulos es práctica habitual como se recordará por lo comentado anteriormente. De igual manera sucede con la información irrelevante —donde destacan el modelo de Edgell-Castellan (Castellan y Edgell, 1973; Edgell y Roe, 1995; Edgell, Castellan, Roe, Barnes, Ng, Bright y Ford, 1996), el cual se relaciona con la toma de decisiones desde un paradigma NMCPL— que, tal y como hemos visto, ha sido tratado ampliamente desde el aprendizaje animal y que ha sido trasladada de forma directa a los humanos (Wills y McLaren, 1998)—. Evidentemente, estas aproximaciones desde el aprendizaje animal se basan de una forma u otra en la similitud.

Así pues, en los últimos años se ha cuestionado el principal fundamento del principal y más influyente modelo de categorización (y otros); el uso de la similitud a la hora de categorizar los estímulos. Además, hemos visto que nuevos modelos han surgido para explicar el proceso de categorización debido precisamente a la búsqueda (y hallazgo) de nuevas formas de explicación del fenómeno que nos ocupa.

### ***Categorización unidimensional y multidimensional***

Una vez conocidas las limitaciones teóricas y de conceptualización así como las limitaciones metodológicas de los mismos, podemos referirnos a las limitaciones prácticas y de estudio de los diferentes

modelos, concretamente al uso que, bien de estímulos unidimensionales o multidimensionales, se ha realizado en la literatura de categorización y de su relación más allá de la ya mencionada (los primeros como precedentes teórico-prácticos de los segundos). Podemos referirnos a dos tendencias, por una parte el acercamiento desde el estudio de los modelos unidimensionales a los procedimientos multidimensionales y, por otro lado, la aproximación desde los modelos multidimensionales a los estímulos unidimensionales.

El principal intento de generalización desde la unidimensionalidad al estudio de los estímulos multidimensionales lo podemos encontrar en el trabajo de Marley (1992), el cual sintetiza las posibles soluciones a esta cuestión.

Así, la idea principal es que es posible combinar los datos obtenidos para una única dimensión de forma tal que puedan ser aplicados a estímulos formados por varias dimensiones. Es decir, ya que “inferir estructuras subyacentes (distribuciones) desde un grupo de probabilidades de elección es mucho más difícil que asumir ciertas representaciones de probabilidades y derivar las probabilidades de elección” lo que se puede intentar es “caracterizar apropiadamente reglas de agregación combinando las probabilidades de elección en unidimensional para producir las probabilidades de elección multidimensionales asociadas y entonces estudiar qué modelos de elección satisfacen estas reglas” (Marley, 1992; página 301).

De esta forma, las probabilidades obtenidas en identificación absoluta pueden ser utilizadas —si cumplen los supuestos del modelo escogido (las mencionadas reglas de agregación)— a un determinado modelo. Por ejemplo, si disponemos de estímulos formados por dos dimensiones y las probabilidades obtenidas en identificación de una dimensión son independientes de la otra dimensión, entonces puede encontrarse la probabilidad de identificar el estímulo a partir de los valores obtenidos en la identificación unidimensional (media geométrica ponderada).

No obstante, y aún habiendo resuelto los problemas de cálculo, existen otros problemas referidos al diseño experimental tanto relacionados con la recogida de datos (qué tipo de probabilidad calcular) como con la presentación de estímulos (presentar los estímulos enteros o por partes), tal vez estos problemas hacen que, a la

hora de establecer paralelismos entre el estudio de estímulos formados por una dimensión y aquellos compuestos por varias, se prefiera proceder de modo inverso y adaptar los modelos multidimensionales a los datos obtenidos con estímulos unidimensionales.

En efecto, el estudio de los modelos de ejemplar y de límites ha generado diferentes trabajos en fechas recientes. Así, entre los segundos podemos destacar el trabajo de Kalish y Kruschke (1997) en el que los autores enfrentan el modelo de ejemplar con el modelo de límites (formado por un único límite vertical sobre el continuo dimensional) manipulando las distribuciones de los estímulos. El trabajo de estos autores pone se manifiesto que los participantes son sensibles a la variación de estas distribuciones y, lo más importante, que pese a utilizarse estímulos de gran sencillez (formados por una dimensión) es necesario un modelo de categorización que incluya supuestos del modelo de ejemplares como supuestos de los modelos de regla.

Por tanto, los participantes categorizan los estímulos basándose tanto en reglas como en la comparación de estímulos vistos anteriormente. De ello se concluye que la utilización de estímulos complejos puede forzar a los participantes a emplear estrategias como la memorización de ejemplares, estrategias que no utilizarían, o utilizarían en parte, de tratarse de estímulos sencillos.

Por otra parte, la dificultad que entraña la tarea de separar ambos tipos de procesos incluso con estímulos de este tipo parece indicar que frente a estímulos de mayor complejidad, los participantes tenderían a desarrollar estrategias más elaboradas, siempre y cuando no se vean forzados a memorizar la totalidad de ejemplares presentados debido a su dificultad a la hora de discriminarlos o a la dificultad de aprender las categorías (frente a la sencillez de las categorías basadas en ejemplares unidimensionales y la facilidad para distinguirlos).

El mismo Ahsby (Ashby, Queller y Berrety, 1999) ha investigado reglas unidimensionales recientemente aunque en tareas de categorización sin supervisar, es decir, tareas en las que los participantes deben categorizar los estímulos —formados por dos dimensiones— que se les presentan pero en los que no se les proporciona ningún tipo de retroalimentación durante los ensayos. En estas tareas los propios participantes deben determinar qué estímulos son críticos y aprender el valor correcto del criterio (el límite entre las



dos categorías). Además, en ausencia de retroalimentación, los participantes tienden a utilizar reglas unidimensionales aunque puedan fallar mientras que cuando se les proporciona información sobre sus respuestas, los participantes pueden aprender reglas diagonales. Es decir, los participantes tienden a establecer reglas sencillas basadas en una única dimensión (de las dos que forman el estímulo) cuando no se les proporciona retroalimentación.

Recientemente (Ashby, Maddox y Bohil, 2002; Ashby, Ell y Waldron, 2003), se ha retomado el estudio de las reglas unidimensionales otros dos tipos de entrenamiento: entrenamiento observacional, en el que los participantes observan cual es la categoría del ejemplar presentado y el entrenamiento con retroalimentación usual. Los resultados muestran que los participantes utilizan reglas unidimensionales al margen del tipo de entrenamiento recibido si la estructura de las categorías estaba basada en alguna regla. Además, cuando la regla era sencilla de verbalizar, la categorización de los participantes era tan acertada tanto en la condición de retroalimentación como en la de entrenamiento observacional.

Todo parece indicar, pues, que la forma de categorizar los estímulos que se presentan a los participantes depende de diversos factores, entre ellos la propia estructura categorial que, cuando sigue unas reglas simples o cuando los participantes no reciben ninguna ayuda, provocan en los participantes estrategias simples de categorización. Además, las características de los estímulos con dimensiones separables o integrales también influyen en la construcción de las categorías (Milton y Wills, 2004).

La teoría de ejemplares también recientemente se ha contrastado utilizando estímulos unidimensionales (Stewart, Brown y Chater, 2002) en este caso para estudiar efectos de secuencia. Así, se producen efectos de secuencia de los cuales el modelo de ejemplares no puede dar cuenta con estímulos formados por una única dimensión (en este caso, los estímulos empleados son sonidos) por lo que un modelo de ejemplares debe ser incapaz de explicar estos efectos (supuestamente anulados mediante la presentación aleatoria de los estímulos que componen cada categoría) con estímulos multidimensionales. No obstante, cuando la categoría a la que pertenece el estímulo es variable (la pertenencia a una categoría no es de 0 o 1 si no una probabilidad),

la teoría de ejemplares predice de forma más acertada los resultados que la de límites (Rouder y Ratcliff, 2004).

# Capítulo IV

## Modelos de categorización

---

El objetivo principal de este apartado es analizar cómo ocurre la categorización humana. Con este fin, revisaremos críticamente las distintas teorías que actualmente explican este proceso. Si bien la categorización humana ha sido ampliamente estudiada, también es cierto que no se ha conseguido un marco teórico común que explique de forma satisfactoria los principios psicológicos que rigen este proceso. Paradójicamente, las diferencias entre los planteamientos de las principales teorías contrastan con una base común ampliamente asentada que coincide al disponer el mismo tipo de tarea experimental, los mismos principios básicos matemáticos para el cálculo de la similitud entre los estímulos, etc. En resumen, aunque se acepta un paradigma común para explicar la categorización partiendo de la identificación como proceso básico, no se ha podido contrastar suficiente y claramente los supuestos teóricos completamente distintos y contradictorios que defienden cada uno de los principales paradigmas teóricos.

La dificultad de refutar experimentalmente alguna de las principales teorías puede explicarse desde varias perspectivas. Por un lado, por la abundancia de conceptos definidos ex profeso para cada teoría y en ocasiones de forma imprecisa. Por este motivo, consideramos necesario una revisión conceptual que permita emplear un lenguaje común, donde los conceptos estén definidos por sus relaciones de la manera más sencilla y clara posible. En este punto, consideramos que es muy importante la revisión que realiza Laming (1984, 1997) de las estructuras de estímulos que se emplean en los experimentos de sensación y percepción, y aplicarlos sistemáticamente a los conceptos habituales de ejemplar, prototipo, etc.

Una segunda explicación a este estado de cosas, puede proceder de la contrastación de las teorías principales mediante el uso de estructuras de estímulos multidimensionales sin solucionar, previamente, las cuestiones teóricas de fondo o las manifiestas contradicciones entre los supuestos teóricos de los diferentes paradigmas. En este trabajo, por lo tanto, y para que sea más sencillo manejar los parámetros que implica cada acercamiento teórico, optaremos por plantear la situación unidimensional, mucho más sencilla de analizar teóricamente.

Partimos de la base de que las teorías de categorización multidimensional son capaces de explicar procesos más sencillos — como los que se analizan en este trabajo— que los que usualmente se estudian para contrastar los supuestos teóricos actuales.

Pretendemos, pues, analizar, de la manera más sencilla, el problema fundamental de conocer cómo se produce la categorización. Para ello, revisaremos sistemáticamente, para unas mismas situaciones experimentales típicas, las predicciones de las teorías de categorización. El supuesto de partida es que estas tareas experimentales no permiten contradecir claramente ninguna teoría.

El objetivo último de este apartado es plantear situaciones cruciales que muestren como los procesos de categorización humana no pueden regirse a la vez por dos o tres principios teóricos contradictorios los cuales, por tanto, son incapaces de explicar los procesos de categorización.

## Principales teorías

Las principales teorías de categorización multidimensional son la teoría de prototipo, la teoría de ejemplares y la teoría de límites. De hecho, es habitual en la literatura la comparación de estos tres modelos teóricos. Puesto que han sido desarrolladas ampliamente en el capítulo anterior, plantearemos una breve revisión del contenido teórico de cada una de ellas.

Para la teoría de ejemplares (Medin y Schaffer, 1978; Nosofsky, 1986), la categorización humana implica almacenar en la memoria a largo plazo todos los ejemplares de todas las categorías. Ello es necesario ya que, para categorizar un objeto X, debe compararse ese

objeto con todos los objetos percibidos y determinar de esta forma el parecido a cada una de las categorías. Esta teoría, por tanto, supone que el ser humano almacena gran cantidad de información para poder realizar cualquier proceso de categorización. Así, suele ser la que predice con mayor precisión la asignación de un objeto X a cierta categoría.

La teoría de prototipo (Reed, 1972; Rosch, 1976) es anterior a la de ejemplares y plantea un proceso mucho más simple pero menos eficiente a la hora de pronosticar los resultados. Según esta teoría, únicamente es necesario retener en la memoria a largo plazo los prototipos (considerados como los ejemplares más representativos de cada categoría) pues el proceso consiste en comparar el objeto X con los citados prototipos. Cada categoría es resumida en un único ejemplar, el prototipo, que es utilizado para establecer la categoría a la que pertenece el objeto X. El objeto X será asignado a la categoría con cuyo prototipo el objeto presente mayor similitud.

Finalmente, el tercer gran paradigma teórico es la teoría de límites (Ashby y Townsend, 1986; Ashby y Perrin, 1988). Desde esta teoría se afirma, en general, que únicamente se almacena en memoria a largo plazo los límites de las categorías. En este caso, el objeto X se asigna a cierta categoría si el objeto en cuestión se sitúa dentro del área asignada a esa categoría. Así, cada categoría está delimitada por unos límites y todo objeto X —a través de su efecto en la percepción— se situará necesariamente entre alguno de estos límites.

Tan dispares supuestos teóricos se contrastan mediante tareas idénticas y realizando cálculos muy similares (y matemáticamente equivalentes). Así, los resultados de los distintos experimentos no han permitido conocer claramente cual de los tres representa mejor la realidad.

Para poder responder a la pregunta crucial de cómo se produce la categorización humana seguiremos, en primer lugar, un proceso analítico de los supuestos fundamentales del proceso de identificación, el cual constituye la base de los experimentos de categorización. En este punto, incorporaremos los recientes planteamientos teóricos de Laming (1984, 1997) y explicaremos utilizando una terminología común a los tres paradigmas. En segundo lugar, se planteará la categorización en términos de un proceso secuencial y estructurado que da lugar a distintas situaciones —o condiciones objetivas

establecidas durante el aprendizaje de las categorías— a partir de las cuales es posible categorizar nuevos objetos. Finalmente, simularemos la aplicación de las distintas teorías a tales situaciones, para conocer su capacidad de predicción, teniendo en cuenta las distintas formas que pueden adoptar las escalas de estímulos y los distintos valores en los parámetros de cálculo de similitud entre un objeto y una categoría.

## De estímulos a escalas

**El estímulo.** El proceso más simple que se puede tratar en el estudio de las categorías es la categorización unidimensional en la que, un estímulo, se caracteriza mediante una única magnitud. Ésta puede ser una distancia, si se trata de un objeto físico que se pueda representar en el espacio, la intensidad de un sonido, el brillo de una luz, etc. Ello no quiere decir que la única característica que se pueda definir de dicho estímulo sea ésa, de hecho, si se trata de una línea también se puede definir el color, si se trata de un sonido el tono, etc. Pero, en cada caso, se suele simplificar notoriamente la exposición del problema si se considera una única propiedad como definitoria.

Bajo este supuesto, un estímulo puede definirse por una característica del mundo físico a la que se puede asignar una cantidad. Un caso muy simple puede ser determinar la longitud de un objeto. En este caso, puede afirmarse que los distintos estímulos se caracterizarán por tener una longitud denominada  $\mathbf{X}$ , siendo  $X_i$  la longitud concreta de determinado estímulo  $i$ .

Puede establecerse un primer principio según el cual, dados dos estímulos cualesquiera  $r$  y  $s$ , se puede decir que cumplirán una de las siguientes tres relaciones:

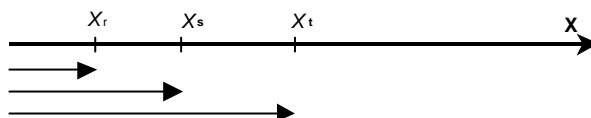
$$X_r > X_s$$

$$X_r < X_s$$

$$X_r = X_s$$

A partir de las cuales se puede determinar que todos los estímulos serán ordenables en base a su característica  $\mathbf{X}$ , por lo tanto:

Si  $X_r < X_s$  y, además  $X_s < X_t$  se sabe que  $X_r < X_t$



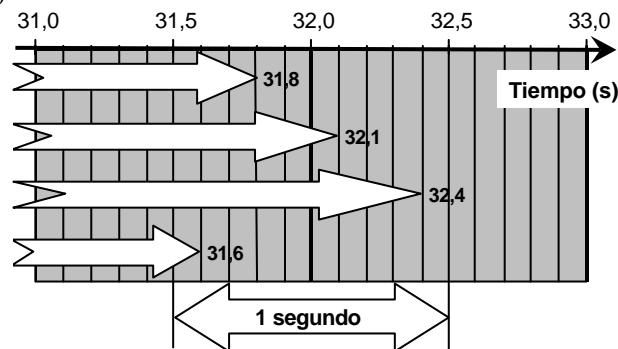
Por el mismo principio de **desigualdad transitiva** si  $X_s > X_r$  y además  $X_t > X_s$  se sabe que  $X_t > X_r$ .

¿Es posible plantear un esquema similar desde un punto de vista psicológico? Considerando que las respuestas del sujeto parten de la percepción de la realidad, y que el sujeto tiene que actuar en un mundo real, es lógico suponer que el mismo principio se aplique a la percepción. La percepción se relaciona con los valores físicos de los estímulos con una nueva escala a la que se denomina escala psicológica. A la hora de definir la relación entre la escala física y la psicológica, Laming (1984, 1997) plantea que los valores percibidos se ordenan a partir del orden de los valores físicos de los estímulos. Es importante señalar que ninguna teoría mantiene que la relación que guardan ambas escalas sea lineal. Así, no es posible predecir cual será la respuesta del sujeto a partir de realizar una transformación lineal de las magnitudes físicas, aunque existen diferentes formas de modelar esta relación, como muestran, por ejemplo, los trabajos de Fechner (1860) y de Stevens (1957). Mientras el primero establecía que la sensación es igual al logaritmo de la magnitud física del estímulo, para el segundo la sensación es igual a la magnitud del estímulo elevada a un exponente, que varía en función del atributo (por ejemplo, 1 en el caso de líneas), multiplicado por una constante que depende de la unidad de la escala de la sensación. Así pues, hay distintos sistemas pero todos ellos comparten, lógicamente, el principio de desigualdad transitiva sobre las unidades que definen. Las diferencias entre estos sistemas se refieren a la forma de determinar la amplitud en unidades psicológicas de cada unidad física o, a la inversa, determinar la amplitud en unidades físicas de cada unidad psicológica.

**La escala de medida (de puntos a segmentos).** A la hora de medir una longitud, y muchas otras características físicas, dicha magnitud se transforma a una unidad de medida. De forma general, en cualquier proceso de medida de una variable continua, se produce una transformación por la que muchas cantidades diferentes se consideran la misma.

Este principio se representa en la Figura 22, si la unidad de medida de determinado instrumento fuera de 1 segundo, 31,8 s, 32,1 s, 32,4 s ó 31,6 s, proporcionarían el mismo resultado: 32 segundos. Es intrascendente que la unidad de medida sean los segundos, si fueran las millonésimas de segundo ocurriría lo mismo, pero en una escala más detallada.

Este ejemplo indica que muchas cantidades diferentes, infinitas si consideramos que se puede establecer una cantidad ilimitada de divisiones, se reducen a una sola. El proceso general que se intenta ejemplificar es que, al medir una variable, se discretizan las cantidades. Las magnitudes originales, que estarían representadas por puntos en la recta del continuo, se transforman en segmentos. Los segmentos resultantes representan unidades de medida y a estos valores segmentarios en la teoría de la medida se le denominan *valores informados*.



**Figura 22** Ejemplo de 4 valores que con un instrumento que indique como unidad menor el número de segundos, producirían la misma medida del tiempo

Los *valores informados* son los que proporciona el instrumento de medida y se relacionan con los “reales” porque cada valor informado incluye un segmento de puntos que se inicia media *unidad* por debajo de cada valor informado y concluye otra media unidad por encima de dicho valor informado. En este contexto, los *límites reales* del valor informado de 32 segundos, representados en la Figura 22, serían: 31,5 s el límite real inferior y 32,5 s el límite real superior. Todo este intervalo de valores de los números reales recibiría el mismo valor en el instrumento. Obviando, claro está, los errores de precisión.



La escala de medida se puede representar sencillamente mediante una escalera. Cada escalón —o unidad— representa un conjunto de puntos que comparten entre sí que son mayores que los del escalón previo y menores que los del próximo. Si todos los escalones son de igual amplitud se afirma que se ha empleado una unidad de medida.

El tópico de la **identificación** de estímulos se basa en determinar las “unidades de medida psicológicas” y tiene que considerar el límite de precisión de los sentidos humanos y si la amplitud de los segmentos —las unidades— son percibidas como “iguales” para todo el recorrido del continuo físico. Se sabe que los escalones de la escala psicológica no se relacionan linealmente con los de la física y que esta relación puede variar incluso por la tarea realizada. Un ejemplo de esto lo constituyen las leyes de Fechner y de Stevens, mientras la primera explica mejor la relación entre el estímulo y la sensación en tareas de discriminación entre estímulos, la ley de Stevens explica con mayor exactitud esa relación en tareas de estimación de la magnitud física de estímulos (Laming, 1997, pág. 7).

La relación de muchos a uno que supone la medida de objetos físicos mediante un instrumento de medición siempre mantiene la principal propiedad de la escala física original, la relación de orden que implica la desigualdad transitiva. Para determinar la escala psicológica, las distintas unidades se deben componer de elementos que sean diferentes de los anteriores (mayores o menores) e iguales a los que estén compuestos por la misma unidad psicológica. Un ejemplo claro de esto lo constituyen los experimentos de Fechner (1860) que, basándose en los trabajos de Weber (1834), estableció una escala de la sensación compuesta de unidades denominadas “diferencias apenas perceptibles” al suponer que todas ellas representaban aumentos iguales en la sensación (una unidad).

Los procesos de escalamiento de las respuestas de identificación, utilizados en el estudio de la categorización, repiten el mismo proceso mediante la técnica de escalamiento multidimensional asumiendo que la escala psicológica no se puede representar adecuadamente mediante una función *a priori* y debe ser ajustada a partir de los propios datos. Así, se asume que los datos de identificación reflejan la escala psicológica de los estímulos, pudiéndose estimar, por ejemplo, la distancia que separa dos estímulos en dicha escala. La finalidad última de este proceso es determinar la relación ajustada entre las

propiedades físicas y las respuestas (relación entre la escala física y psicológica). Así sucede, por ejemplo, en Nosofsky (1986) donde la identificación de los valores del diámetro de un semicírculo y de su radio se utiliza para determinar la escala o espacio psicológico.

El tópico relacionado de la **discriminación**, es simplemente la parte complementaria que se deriva del anterior. De tal manera que si dos estímulos son iguales, también lo serán porque pueden ser diferentes a otros. Las unidades de medida agrupan los estímulos que son iguales, es decir, aquellos que proporcionan la misma respuesta. Dos estímulos, por tanto, son iguales si y sólo si proporcionan la misma respuesta.

Por tanto, lo definitorio es que se conserve el principio de desigualdad transitiva que guardaban los estímulos. El empleo de cualquier escala implica considerar como iguales a un número de estímulos diferentes.

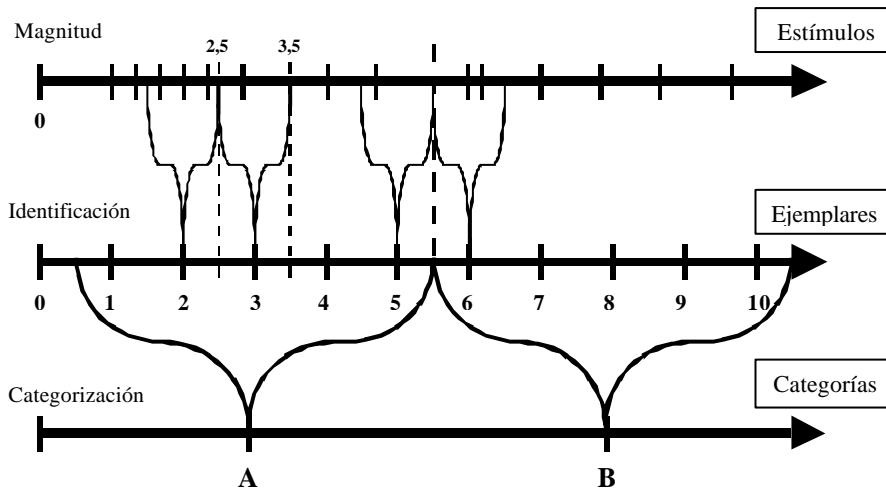
## De ejemplares a categorías

Según se ha comentado en el apartado anterior, la identificación de estímulos puede definirse como un proceso en el que se asigna un orden a los estímulos y se establecen unidades (relación de muchos a uno), es decir, se crea una escala. Cuando distintos estímulos (distintos valores en una magnitud física) son percibidos y tratados como iguales se consideran que forman un *ejemplar*. El ejemplar, por tanto, es una unidad en la escala psicológica que puede agrupar a uno o varios estímulos y mantiene, con respecto a los otros ejemplares, la misma relación de orden que los estímulos originales. Esta transformación se repite en el proceso de categorización ya que las categorías constituyen, a su vez, una supraordenación de los ejemplares. Así, las *categorías* suponen un nuevo cambio de escala en el que se mantienen las propiedades mencionadas puesto que, muchos ejemplares, son tratados como si fueran el mismo y persiste la propiedad transitiva de la desigualdad entre las categorías. La **categorización**, así entendida, no es más que la asignación de un cierto valor a un objeto en una nueva escala de medida. Así pues, tanto las categorías como los ejemplares que las componen son agrupaciones ordenadas que reflejan el orden y la agrupación de los

valores físicos de los estímulos. Para ejemplificar este proceso, consideremos un experimento como el siguiente:

*Se presenta a un grupo de sujetos X estímulos y se les pide, en primer lugar, que les asigne un valor según su magnitud física entre 1 y W. Con los datos obtenidos, se establece la escala psicológica. A continuación, se les pide que esos W ejemplares los dividan en 2 categorías, A y B.*

Por lo tanto, en este ejemplo —véase Figura 23— se parte del continuo que representa la escala física para pasar a una situación controlada que plantea un experimento. Se trata de un proceso jerárquico con tres niveles básicos: estímulos, ejemplares y categorías.



**Figura 23** *Relación entre las escalas física, de identificación y de categorización en un ejemplo de experimento*

El primer nivel, la escala física, se compone de los infinitos estímulos posibles. Si se presenta, por ejemplo, una línea de 10,000 centímetros, otra de 10,100 centímetros, de 10,101 centímetros, etc., lo más probable es que las tres sean percibidas por el participante como el mismo objeto. Aunque esto no fuera así, basta ponerse en el caso extremo en el que la diferencia entre ellos fuera de 0,000000001 mm, para asegurar que los dos estímulos son percibidos por el participante como exactamente iguales, es decir, constituyen la misma unidad psicológica o ejemplar.

Por lo tanto, mediante las tareas de identificación en los experimentos —dada la dificultad de determinar una escala común para todas las personas y situaciones—, se establece la relación entre los estímulos y los ejemplares fijando los estímulos que se presentan en una escala reducida. Pero, cualquiera que sea ésta, se mantiene las propiedades de orden y agrupación. Esta escala se representa en la fase de identificación de la Figura 23 y constituye el segundo nivel de los tres citados. Es importante destacar que los ejemplares se encuentran ordenados en la escala psicológica de la misma forma que los estímulos se ordenaban en la escala física, pero desaparece —en el experimento— el problema de determinar los grupos de estímulos que componen cada ejemplar.

El mismo proceso de agrupación se repite al asignarse los ejemplares —que, en los experimentos, suelen coincidir con los presentados en la fase de identificación— a las diferentes categorías. El orden de las categorías constituye, por tanto, el tercer nivel del proceso. Para establecer estas categorías, en el experimento se determina un límite para separar cada una de ellas, ello es necesario para poder establecer donde acaba una y comienza la otra. Esta supraordenación mantiene las mismas propiedades de orden que las anteriores pero permite de una manera muy eficiente organizar infinitos nuevos estímulos.

Por consiguiente, y aunque la tarea de identificación es una fase previa a la de categorización, no es necesario establecer esta escala para poder determinar las categorías ya que en cualquiera de las escalas se mantienen las propiedades definitorias mencionadas. De hecho, como indica Stewart y Brown (2004), las tareas de identificación de estímulos unidimensionales suelen ser procesos muy difíciles para los seres humanos (pág. 3), lo que parece indicar que no se trata de un proceso que refleje algún tipo de tarea usual y natural en los humanos.

Asimismo, la necesidad de una escala es un condicionante y requisito propio de casi todos los experimentos. Casi todas las teorías han contrastado sus supuestos teóricos considerando un número limitado de ejemplares y, por lo tanto, plantean un problema de generalización de los resultados puesto que, en la realidad, el número de estímulos es infinito.

## El desarrollo de las categorías

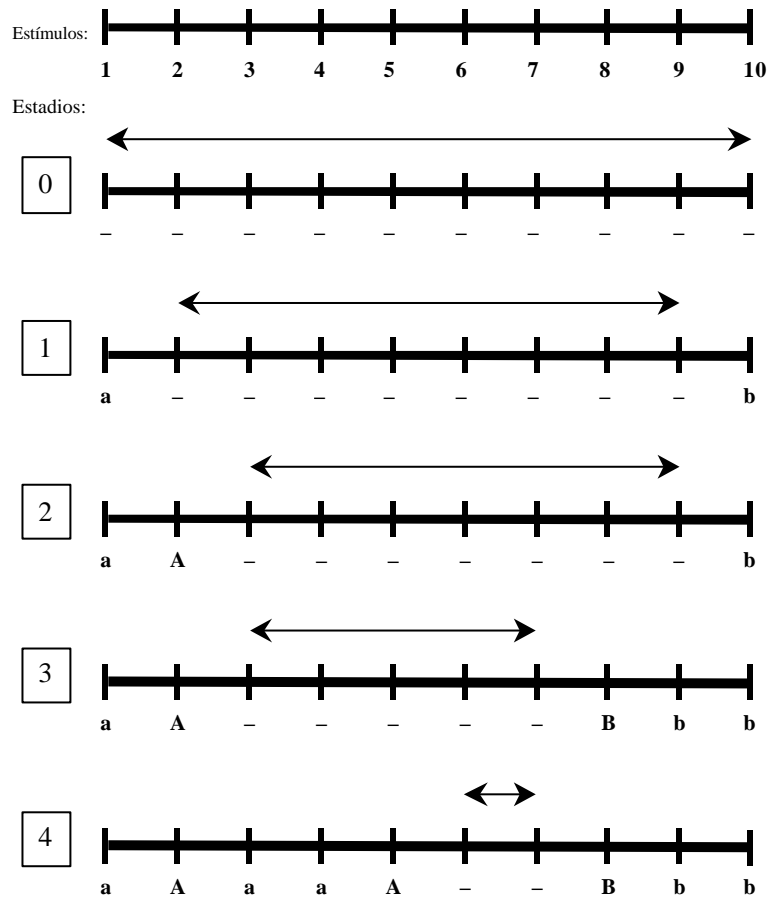
Así pues, se ha definido la forma en que se agrupan, sucesivamente, los estímulos y los ejemplares para dar lugar a las categorías. Nuestra explicación se ha centrado, por tanto, en la estructura de las categorías como un modo de organizar el entorno físico. Pasemos ahora a analizar el proceso por el que se determinan los estímulos que componen cada categoría en el continuo más simple posible: el unidimensional.

El proceso de desarrollo de las categorías se reproduce, en un experimento, en la fase denominada de “práctica”, de “adquisición de categorías” o de “aprendizaje”. Durante esta fase, a los participantes se les presenta una serie de ejemplares que deben asignar a una categoría y, tras cada respuesta, se indica la respuesta correcta de forma que el participante pueda saber si ha acertado o se ha equivocado.

Así, puesto que los ejemplares se encuentran ordenados en el continuo, la categoría a la que pertenece cada ejemplar depende de cómo se van fijando los límites de ambas categorías. Por ejemplo, en la Figura 24 se plantea un posible desarrollo de las categorías en un continuo unidimensional. Cuando no ha comenzado la fase de aprendizaje, en el *estadio 0* de la Figura 24, cualquier ejemplar puede pertenecer a cualquier categoría constituyendo todo el continuo a lo que se denominará una zona de incertidumbre. Una zona de incertidumbre es todo segmento compuesto por ejemplares de los cuales no es posible conocer su categoría por el principio de desigualdad transitiva. Así, el segmento del continuo señalado con una flecha en la Figura 24 constituye una zona de incertidumbre ya que, dentro de él, cualquier ejemplar puede pertenecer a cualquier categoría.

En este estadio, el participante no sabrá a qué categoría pertenece cada ejemplar. No obstante, si se le obliga a responder es muy posible que la mitad inferior fuera asignada a una categoría y la mitad superior a la otra (Ashby, Queller y Berretty, 1999) si bien en este estadio se puede afirmar que no hay certeza. Esto queda reflejado en el *estadio 1* de la Figura 24. En este estadio —dadas dos categorías ordenadas

entre sí y presuponiendo, que A es la categoría inferior<sup>1</sup>—, el participante sabe que, en cada uno de los extremos, se sitúa, necesariamente, un ejemplar de cada una de las categorías. Este conocimiento implícito queda representado en la Figura 24 mediante las minúsculas.



**Figura 24** Estadios de la fase de aprendizaje según variación de la zona de incertidumbre (flecha), aprendizaje de la categoría (minúsculas) y la presentación de estímulos (mayúsculas)

<sup>1</sup> No se emplea un número para designar a las categorías aunque, al igual que los ejemplares, quedan ordenadas en el continuo de menor a mayor. Un ejemplo de esto lo constituyen las categorías “bajo” y “alto”.

En el instante en que el participante conoce que un ejemplar pertenece a una categoría, la zona de incertidumbre se reduce por el principio de desigualdad transitiva que guardan los estímulos, los ejemplares y las categorías. Por tanto, presentando el ejemplar 2 en el *estadio 2*, el participante conoce que tanto éste ejemplar como los ejemplares menores pertenecen a la misma categoría. Ello limita la zona de incertidumbre a los ejemplares mayores que el ya presentado (mayores de 2) hasta el ejemplar 9, puesto que el ejemplar 10 pertenecerá necesariamente a la categoría B.

Al presentar el primer ejemplar de la categoría B, y si este ejemplar no es contiguo al de la categoría contraria, la zona de incertidumbre se sitúa en el intervalo comprendido entre los dos ejemplares presentados (*estadio 3*). A partir de este momento, el participante puede determinar, por la relación de orden establecida entre ellos, que todos los ejemplares mayores que el conocido pertenecen a B. Así ocurre en el *estadio 3* donde se ha presentado el ejemplar 8, el cual pertenece a la categoría B (y, por ello, el ejemplar 9 y el 10).

Por tanto, siempre que se presente un ejemplar situado en la zona de incertidumbre y se determine a qué categoría pertenece, la citada zona se reducirá. Como vemos en el *estadio 4* con el ejemplar 5, la presentación de este ejemplar reduce la zona de incertidumbre existente entre ambas categorías.

En consecuencia, no es necesario conocer todos los ejemplares que forman una categoría para saber cuales forman parte de ella debido a la relación de orden que guardan entre ellos. Como vemos en el ejemplo, en el *estadio 4*, esto ocurre con los ejemplares 3 y 4 que han pasado a ser de la categoría A al ser presentado —y categorizado— el ejemplar 5. Así pues, teóricamente, la forma más rápida de aprendizaje de las dos categorías es presentar al principio los ejemplares que delimitan la zona de incertidumbre.

Una vez concluida la fase de aprendizaje del experimento, es posible establecer distintas condiciones típicas de la fase de categorización, situaciones que se enuncian en el siguiente apartado.

## Situaciones de categorización

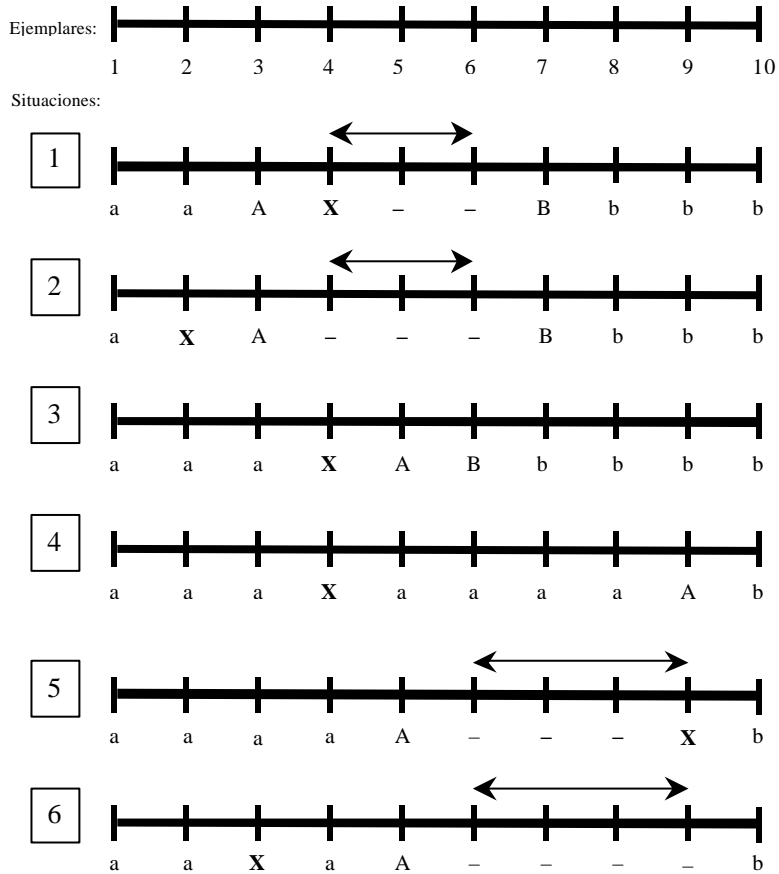
En efecto, una vez concluida la fase de aprendizaje de las categorías en un experimento, es posible establecer seis situaciones típicas de la fase de categorización experimental. Estas situaciones dependen de la posición del ejemplar X (el cual es nuevo y debe ser categorizado por el participante) y de la forma en que se distribuyen las categorías después de la fase previa de entrenamiento.

Estas situaciones posibles, en el caso de estímulos unidimensionales y dos categorías, se pueden resumir en seis situaciones características, las cuales se ejemplifican en la Figura 25. En primer lugar, puede hablarse de una *situación de incertidumbre*. En esta situación, se han presentado ejemplares de ambas categorías, las cuales se encuentran separadas por una zona de incertidumbre. Además, el nuevo ejemplar X, se encuentra dentro de esta zona de incertidumbre (a lo que denominaremos inclusión). Por tanto, no es posible saber con certeza a qué categoría pertenece. Esta es la *situación número 1* de la Figura 25. El caso siguiente es una *situación de cuasi-incertidumbre*. Esta situación es idéntica a la anterior salvo que, en este caso, el ejemplar que debe ser categorizado se encuentra fuera de la zona de incertidumbre (a lo que denominaremos exclusión). En la Figura 25 esto se corresponde con la *situación 2*, donde el ejemplar 2 es presentado cuando ya se ha categorizado el ejemplar 3 en la categoría A.

A la tercera situación, *situación de certidumbre dual*, se le ha denominado así debido a que no existe zona de incertidumbre que separe ambas categorías. En esta situación, además, ejemplares contiguos de ambas categorías han sido presentados en la fase de entrenamiento. Al no existir zona de incertidumbre, es conocida la categoría de cualquier ejemplar X debido a la propiedad transitiva que guardan los ejemplares y las categorías entre sí. Esta situación es la *número 3* de la Figura 25 y en ella se ha presentado el ejemplar 4, el cual pertenece a la categoría A. Es posible plantear una situación de certidumbre en la que únicamente se presentan ejemplares de una categoría. A esta situación se le ha denominado de *certidumbre única* y, al igual que en la situación de *certidumbre dual*, el ejemplar X se sitúa fuera de la zona de incertidumbre (puesto que ésta no existe). Se trata de la situación 4 de la Figura 25.



La quinta de las situaciones típicas se ha denominado *situación de incertidumbre total* y en ella únicamente se han presentado ejemplares de una categoría. La categoría no presentada —en el lado opuesto a la categoría presentada— está compuesta de, al menos, un ejemplar. El único ejemplar que se puede categorizar, con certeza, en esa categoría es el que se sitúa más lejos de los ejemplares presentados, es decir, en el extremo del continuo que ocupa la categoría no presentada. El resto de ejemplares no presentados, que pueden pertenecer a cualquiera de las categorías, forman la zona de incertidumbre. En esta situación, además, se presenta un ejemplar para ser categorizado dentro de la zona de incertidumbre (como, por ejemplo, el ejemplar 9). Se trata de la *situación 5* de la Figura 25. Finalmente, la *situación de cuasi-incertidumbre total* es idéntica a la anterior salvo que, en este caso, el ejemplar que debe ser categorizado se encuentra fuera de la zona de incertidumbre (*situación 6* de la Figura 25).



**Figura 25** Situaciones típicas según la zona de incertidumbre (flecha) y la posición del ejemplar X. Las mayúsculas son ejemplares presentados, las minúsculas representan el aprendizaje de la categoría

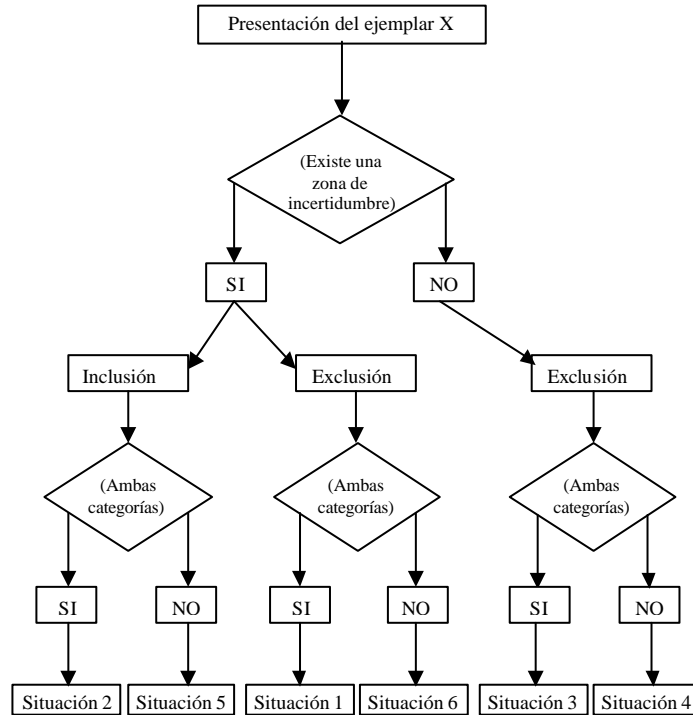
Así pues, pueden plantearse seis situaciones típicas: (1) incertidumbre, (2) cuasi-incertidumbre, (3) certidumbre dual, (4) certidumbre única, (5) incertidumbre total y (6) cuasi-incertidumbre total. Todas ellas se representan en la Figura 25.

En las situaciones 1, 2 y 3 basta con presentar un ejemplar de cada categoría para que ambas queden delimitadas estableciéndose la zona de incertidumbre entre ambos ejemplares. Esto es posible debido a que, como se ha expuesto, las categorías se encuentran ordenadas entre sí. En el caso de las situaciones 4, 5 y 6, en las que sólo se

presentan ejemplares de una categoría, la categoría B no está delimitada si bien el participante sabe que existe, al menos, un ejemplar que de la misma. Este ejemplar, por lo tanto, siempre se encuentra fuera de la zona de incertidumbre lo que implica que es conocida su categoría con certeza.

Es posible exponer las condiciones de cada una de las situaciones explicadas mediante un diagrama de flujo como el de la Figura 26. Así, al presentar un ejemplar X para ser categorizado, en el continuo puede existir una zona de incertidumbre. Si no existe esta zona, X nunca puede situarse dentro de ella, lo que implica exclusión. Si, dada esta condición, se han presentado ejemplares de ambas categorías, se trata de la *situación 3*. Si, por el contrario, solo se han presentado ejemplares de una categoría, la *situación* es la *número 4*.

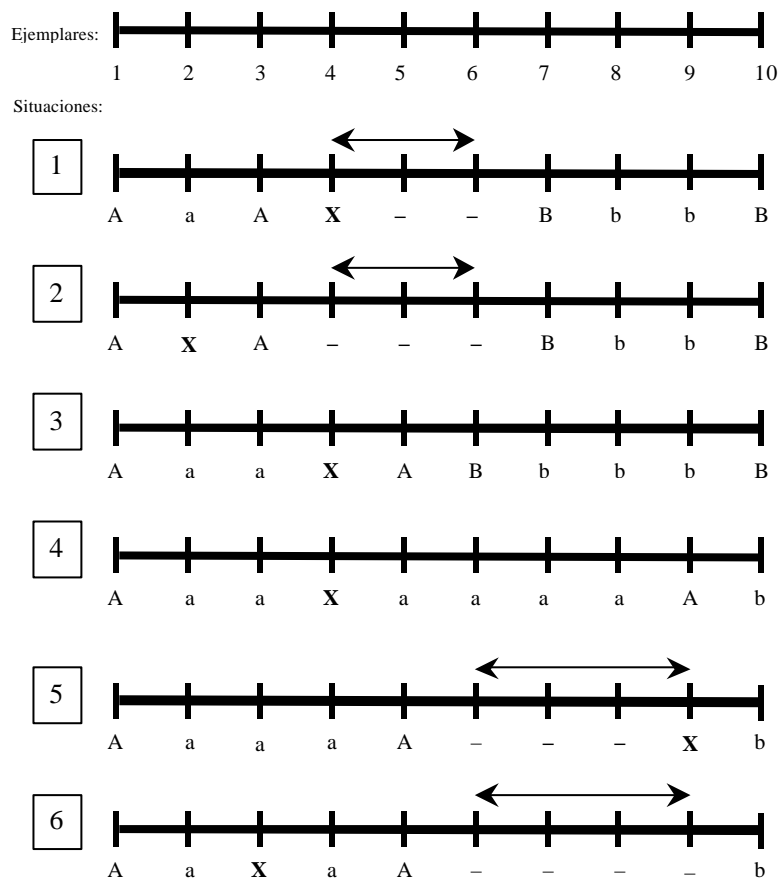
Si, por el contrario, existe una zona de incertidumbre, el ejemplar X puede situarse dentro (inclusión) o fuera de ella (exclusión). Si la posición de X es de inclusión, es posible que se hayan presentado ambas categorías (lo que produce la *situación 1*) o bien que solamente se haya presentado una de ellas (lo que implica la *situación 5*). De igual manera, si la posición del ejemplar X con respecto a la zona de incertidumbre es de exclusión, pueden haberse presentado ambas categorías (se trataría de la *situación 2*) o solo una (la *situación 6*).



**Figura 26** Situaciones según la zona de incertidumbre, la posición del ejemplar X y la presentación de ambas categorías

Por lo tanto, el desarrollo de una categoría en la fase de aprendizaje, puede caracterizarse como un proceso en el que la presentación de los nuevos ejemplares delimita el tamaño de la zona de incertidumbre que separa las categorías. Además, en la fase de categorización, es posible establecer ciertas situaciones típicas, las cuales dependen de la forma en que se distribuyen las categorías en el continuo y de la posición del nuevo ejemplar —que el participante debe categorizar, el ejemplar X— en relación con la zona de incertidumbre. Así, estas situaciones típicas pueden ser interpretadas desde cada una de las teorías de categorización, pudiéndose pronosticar un resultado para cada situación según cada teoría. Pasemos, pues, a la interpretación de estas situaciones típicas desde las teorías de categorización y a establecer, según las mismas, un primer pronóstico de la categorización del ejemplar X.

Para realizar este pronóstico, utilizaremos las situaciones de la Figura 27. Se trata de las mismas situaciones que las representadas en la Figura 25, a las que se han añadido más ejemplares a las categorías presentadas (por ejemplo, incluyendo el prototipo de cada categoría) para facilitar su interpretación desde estas teorías. Es necesario presentar al menos dos ejemplares por categoría porque, si se utiliza un ejemplar por categoría, las predicciones son las mismas para todas ellas. Esta modificación de las predicciones afecta únicamente a las situaciones 1, 2 y 3 (véase Figura 27).



**Figura 27** Situaciones típicas modificadas. La flecha delimita la zona de incertidumbre, las mayúsculas son ejemplares presentados, las minúsculas representan el aprendizaje de la categoría, X es el ejemplar a categorizar

En cuanto a las situaciones 4, 5 y 6, las modificaciones no permiten efectuar un pronóstico desde estas teorías ya que todas ellas consideran únicamente los ejemplares categorizados. Por tanto, ninguna de ellas puede usarse para realizar un pronóstico cuando una de las categorías (es decir, ningún ejemplar de una categoría) no ha sido presentada.

Para la teoría de prototipo, X debe ser comparado con el prototipo de cada categoría. En cada categoría se considera el prototipo de la misma al ejemplar más discriminativo (Rosch y Mervis, 1975) que, cuando existen dos categorías, se corresponde con el ejemplar situado en los dos extremos del continuo (McLaren et al., 1995), se trata del menor de los más pequeños (categoría inferior) o el mayor de los más grandes (categoría superior). Cuanto más cerca se sitúa X de cierto prototipo (en comparación con el prototipo de la categoría contraria), más probable es que sea clasificado en la misma categoría que dicho prototipo. Para la categoría A, el prototipo es el ejemplar 1 y para la categoría B, el 10. En cambio, para la teoría de ejemplares, esta comparación se establece con todos los ejemplares percibidos y categorizados con anterioridad, cuanto más cerca se encuentre X de los ejemplares de una categoría, en comparación con los ejemplares de la categoría contraria, mayor será la probabilidad de que sea asignado a la primera (Nosofsky, 1986). Para la teoría de límites, la categoría del ejemplar X depende de si este ejemplar es mayor o menor que cierto valor o límite. Se establece este valor en la mediatriz de la distancia entre los ejemplares de cada categoría que delimitan la zona de incertidumbre (Kalish y Kruschke, 1997). Sin embargo, para que los cálculos sean formalmente equivalentes, se utilizará una versión probabilística en la que se calculará la distancia de X a cada categoría. Esta distancia es, simplemente, la distancia que separa X de los ejemplares que delimitan la zona de incertidumbre a los que denominaremos *ejemplares límite*. Cuanto menor es esta distancia a cierto ejemplar límite, más probable será que X sea incluido en la categoría a la que pertenece ese ejemplar límite. En la *situación 2*, por ejemplo, estos ejemplares son el 3 y el 7.

Asumiendo que los ejemplares se encuentran distribuidos en unidades de igual amplitud, y que la relación entre similitud y distancia es inversa, pasemos a examinar la *situación 1* y la *situación 2* de la Figura 27. En la *situación 1*, el ejemplar X es el

número 4 en el continuo. Según la teoría de prototipo, X se asemeja más al prototipo de la categoría A (el ejemplar 1) por lo que el ejemplar X será asignado a esta categoría. Para la teoría de ejemplares, el ejemplar X debe ser comparado con los ejemplares 3 y 1 de la categoría A y con los ejemplares 7 y 10 de la categoría B. Puesto que X se asemeja más a los ejemplares de la categoría A, será asignado a esa categoría. Finalmente, para la teoría de límites, el ejemplar X se asemeja más al ejemplar límite de la categoría A por lo que pertenecerá a esa categoría A. En la *situación 2*, el ejemplar X es el número 2, sin embargo, las predicciones de ambas teorías son las mismas que en la *situación 1*. El ejemplar X sigue siendo el más similar al prototipo de la categoría A, por lo que será asignado a esa categoría. Al igual que antes, el ejemplar X es más similar a la categoría A y, además, se sitúa más cerca del ejemplar límite de dicha categoría por lo que será asignado a esa categoría.

En cuanto a la *situación 3*, X sigue encontrándose más cerca del prototipo de la categoría A, luego el participante lo asignará a esa categoría. En esta situación, el ejemplar X es más similar a los ejemplares de la categoría A ya vistos (ejemplares 1 y 5) que a los de la categoría B (ejemplares 6 y 10), será asignado a la categoría A según la teoría de ejemplares. Puesto que el ejemplar X se encuentra más cerca del ejemplar límite de la categoría A, será asignado a dicha categoría.

Finalmente, en la *situación 4*, en la *situación 5* y en la *situación 6*, no se ha categorizado ningún ejemplar de la categoría B y, por tanto, el ejemplar X no puede compararse con el prototipo de dicha categoría. De igual modo, tampoco es posible comparar su similitud con la categoría B. En cuanto a la teoría de límites, no es posible establecer un límite en el continuo ya que el ejemplar límite de la categoría B no ha sido categorizado. Como se dijo, ninguna de estas teorías contempla, entre sus supuestos, la comparación con ejemplares que no han sido categorizados previamente. Se trata de ejemplares que no han sido almacenados en la memoria y, por tanto, no pueden ser empleados para establecer límites o prototipos a las categorías ni para calcular la similitud con el nuevo ejemplar X que debe ser categorizado.

Así pues, las teorías más importantes en categorización parecen predecir el mismo resultado para las situaciones estudiadas. No

obstante, es posible que sus pronósticos difieran si se utiliza una escala psicológica o si se ajustan las ecuaciones adecuadas que relacionen la distancia y la similitud. Para comprobarlo hemos realizado la simulación que se detalla a continuación para las *situaciones 1, 2 y 3* de la Figura 27.

En primer lugar, se ha seleccionado el modelo teórico que se aplicará para realizar los pronósticos de cada una de las teorías. En cuanto a la teoría de prototipo, se ha optado por un modelo de prototipo sencillo en el que se calcula la similitud del ejemplar X con los prototipos (Minda y Smith, 2001). Según este modelo hay que comparar el ejemplar X con el prototipo de cada categoría, a mayor similitud con un prototipo, mayor probabilidad de que X sea categorizado en la categoría de dicho prototipo. En cambio, para la teoría de ejemplares, la categorización es un proceso en el que el nuevo ejemplar es comparado con todos los ejemplares categorizados con anterioridad. El modelo empleado es el CGM de Nosofsky (1986) simplificado para una única dimensión. En este modelo, cuanto mayor es su semejanza entre X y los ejemplares de una categoría, mayor es la probabilidad de ser asignado a esa categoría. Finalmente, para la teoría de límites, se ha tomado el límite óptimo (Ashby y Maddox, 1993) el cual debe situarse en la mediatriz de la zona de incertidumbre. Se utilizará una versión probabilística por lo que se calculará la similitud entre X y los ejemplares límite de cada categoría. Cuanto más similar sea X y un ejemplar límite, más probable que se categorice en la categoría de dicho ejemplar. Todos los modelos, por tanto, se basan en evaluar la similitud entre X y cada categoría pero tomando distintos ejemplares (prototipo, ejemplares límite, todos los de la categoría) para realizar el cálculo de esta semejanza.

Puesto que la similitud depende de la distancia que separa los ejemplares, y dado que esta distancia podría variar según la escala utilizada, se han establecido diferentes escalas. Para la primera de ellas, se han tomado 10 estímulos que van de 100 a 1000, en una dimensión  $\Omega$  y se les ha asignado un valor de 1 a 10 para la identificación. Así, el estímulo 1 equivale a 100 unidades, el número 2 a 200 unidades, etc.. Con esta unidad a la que podemos denominar objetiva (en contraposición a psicológica o dependiente del sujeto) puede estimarse la distancia entre los ejemplares. A esta escala se le ha denominado “orden”.



Otra alternativa, consiste en numerar de 1 a 10 un grupo de estímulos sabiendo previamente que están situados a una misma distancia en la escala logarítmica (Stewart y Brown, 2004). Para ello, podemos calcular un incremento del 6 por ciento —el doble de, por ejemplo, la constante de Weber para líneas (Lacouture, 1997)— en cada estímulo a partir del valor 100 del estímulo 1. La escala resultante es denominada “magnitud escalada”. Todos los estímulos están separados por un valor de 0,0025 en la escala logarítmica.

Por último, también es posible construir una nueva escala a partir de datos de identificación o incluso de juicios de similitud (puesto que los resultados son prácticamente idénticos; Rouder y Ratcliff, 2004). Así, podemos tomar los valores de Wedell (1996) en el que ha utilizado el MDS para escalar 11 cuadraditos (el tamaño original es de 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 19 y 25 píxeles, siendo un píxel 0,3125 mm), de los cuales tomamos los 10 últimos. A esta escala se le ha denominado “identificación”. Los valores de todas estas escalas se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1** Cambios de escala

Estímulo	E1	E2	E3	E4	E5
Magnitud	100	200	300	400	500
Orden	1	2	3	4	5
Magnitud escalada (log)	100	106	112,36	119,10	126,25
Identificación	2,20	3,10	3,90	4,50	5,40
Estímulo	E6	E7	E8	E9	E10
Magnitud	600	700	800	900	1000
Orden	6	7	8	9	10
Magnitud escalada (log)	133,82	141,85	150,36	159,38	168,95
Identificación	6,40	7,00	7,70	9,20	10,00

Una vez establecidos los modelos y las distintas escalas, únicamente queda por detallar el procedimiento de cálculo. Para ello, la expresión 124 se ha empleado para ajustar los tres modelos. Así, mediante esta fórmula se ha calculado tanto la distancia entre X y los prototipos (en cuyo caso  $x_{jk}$  representa a los prototipos), la distancia entre X y el resto de ejemplares, ( $\hat{x}_{jk}$  representaría a cada uno de los ejemplares vistos) y la distancia entre X y los ejemplares límite (donde  $x_{jk}$  representaría a cada ejemplar límite).

Para calcular estas distancias son necesarios 3 parámetros:  $w$ , que varía de 0 a 1 y se refiere al peso o importancia de cada dimensión. Puesto que en nuestro caso los estímulos están formados por una sola dimensión, necesariamente  $w$  siempre será igual a 1. El segundo parámetro es  $t$  y se refiere a la métrica utilizada para calcular las distancias entre dos puntos. Esta métrica puede ser euclídea (y, por tanto,  $t$  igual a 2 y utilizada para estímulos de dimensiones integrales) o manhattan (con valor de  $t$  igual a 1, dimensiones separables). Puesto que los estímulos están formados por una única dimensión, cualquiera de los dos valores de  $t$  proporciona el mismo resultado. Finalmente, el parámetro  $c$  refleja la discriminabilidad de los estímulos en el espacio psicológico y puede tomar un valor de 0 a 20 (Smith y Minda, 1998). Se supone que su valor se incrementa, por ejemplo, si se incrementa el tiempo de exposición al estímulo. A mayor discriminación entre los estímulos, mayor valor deberá tomar el parámetro. Se trata del único parámetro cuya variación puede alterar la distancia entre estímulos en un continuo unidimensional.

$$d_{ij} = c \left[ \sum_{k=1}^N w_k |X_{ik} - x_{jk}|^t \right]^{1/t} \quad [124]$$

Una vez conocida la distancia entre los ejemplares se pasa a calcular su similitud. Para ello, se necesita de otro parámetro —el parámetro  $r$ —, el cual puede tomar un valor de 1 ó 2. El primer valor se utiliza con estímulos discriminables y el segundo es usado para estímulos fácilmente confundibles. Como se dijo,  $r = 1$  corresponde a una gran disminución en la similitud cuando aumenta la distancia y  $r = 2$  a un decremento menos pronunciado. Nosofsky (1985), toma un valor de 2 para calcular la similitud entre estímulos unidimensionales. Así pues, se han variado los valores de los parámetros  $r$  y  $p$  de la siguiente expresión:

$$s_{ip} = e^{-d^r_{ij}} \quad [125]$$

Una vez calculada la similitud entre X y cada categoría, es posible calcular la probabilidad de que X sea asignado a la categoría A. Esta probabilidad es, en todos los casos, la similitud de X y la categoría A dividida entre la suma de esta misma similitud más la similitud con la

categoría contraria. Como se expuso, la similitud entre X y la categoría A es calculada de forma distinta en función del modelo contrastado (es decir, con relación a los prototipos, a los ejemplares límite o en relación con todos los ejemplares de la categoría).

Con la escala de orden y la escala de identificación se han realizado los cálculos de la simulación. Como se aprecia en la Tabla 1, los estímulos se convierten en ejemplares cuando son ordenados, tanto si se trata de la escala “orden” como si se trata de la escala “identificación”. El orden de los estímulos es el mismo en cualquiera de las escalas, lo único que varía es la distancia relativa entre las unidades que los componen.

Para calcular los pronósticos desde cada teoría en las *situaciones 1, 2 y 3* de la Figura 27, se ha variado sistemáticamente el valor de los parámetros  $c$  y  $r$  en las ecuaciones anteriores utilizando tanto la escala de “orden” como la de “identificación”. Los pronósticos realizados con la escala de “orden” se muestran en la Tabla 2 mientras que los cálculos realizados con la escala de “identificación” se detallan en la Tabla 3.

Como se aprecia en los resultados de la simulación en la Tabla 2 y la Tabla 3, las predicciones de las tres teorías tienden a acercarse a 1 cuando se incrementa el valor de los parámetros  $c$  y  $r$  en todas las situaciones y para ambas escalas. Puesto que  $c$  representa la discriminación entre ejemplares, un valor alto del mismo implica que los ejemplares se distinguen mejor y, por tanto, que son percibidos como más diferentes unos de otros. Ello supone un decremento de la similitud entre los ejemplares. Esta reducción de la similitud, no obstante, afecta a los ejemplares alejados del ejemplar X (de la categoría B) en mayor medida que a los ejemplares que se encuentran cerca de él. Así, la probabilidad de que el ejemplar X sea asignado a la categoría A, aumenta. Este incremento de la probabilidad de que X sea clasificado en la categoría A, al aumentar el valor de  $c$ , se produce en ambas escalas y para todas las situaciones. Por ejemplo, en la Tabla 2 (escala de “orden”) en la *situación 1*, con  $r = 1$  y según la teoría de ejemplares, esta probabilidad pasa de 0,889 a 0,982 cuando se incrementa el valor de  $c$  de 1 a 2. Lo mismo sucede con la escala de “identificación” (Tabla 3), también en la *situación 1* con  $r = 1$  y desde la teoría de ejemplares, en la cual la probabilidad pasa de 0,883 a 0,979.

**Tabla 2** Probabilidad de que  $X$  sea asignado a la categoría A en la Situación 1, 2 y 3 de la Figura 27 (escala: orden)

Situación:	Teoría:	Valor de c:	1	1,5	2	4	8
1	Ejemplares	r = 1	0,889	0,954	0,982	1,000	1,000
		r = 1,5	0,985	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Prototipo	r = 1	0,953	0,989	0,998	1,000	1,000
		r = 1,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Límites	r = 1	0,881	0,953	0,982	1,000	1,000
		r = 1,5	0,985	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	Ejemplares	r = 1	0,990	0,999	1,000	1,000	1,000
		r = 1,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Prototipo	r = 1	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 1,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Límites	r = 1	0,982	0,998	1,000	1,000	1,000
		r = 1,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
3	Ejemplares	r = 1	0,752	0,842	0,883	0,982	1,000
		r = 1,5	0,863	0,966	0,994	1,000	1,000
		r = 2	0,953	0,999	1,000	1,000	1,000
	Prototipo	r = 1	0,953	0,989	0,998	1,000	1,000
		r = 1,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		r = 2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Límites	r = 1	0,731	0,818	0,881	0,982	1,000
		r = 1,5	0,862	0,966	0,994	1,000	1,000
		r = 2	0,953	0,999	1,000	1,000	1,000

**Tabla 3** Probabilidad de que  $X$  sea asignado a la categoría A en la Situación 1, 2 y 3 de la Figura 27 (escala: identificación)

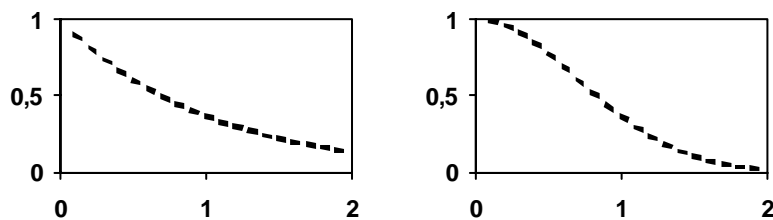
Situación:	Teoría:	Valor de $c$ :	1	1,5	2	4	8
1	Ejemplares	$r = 1$	0,883	0,949	0,979	1,000	1,000
		$r = 1,5$	0,972	0,998	1,000	1,000	1,000
		$r = 2$	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000
	Prototipo	$r = 1$	0,961	0,992	0,998	1,000	1,000
		$r = 1,5$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		$r = 2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Límites	$r = 1$	0,870	0,945	0,978	0,999	1,000
		$r = 1,5$	0,970	0,998	1,000	1,000	1,000
		$r = 2$	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000
2	Ejemplares	$r = 1$	0,976	0,995	0,999	1,000	1,000
		$r = 1,5$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		$r = 2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Prototipo	$r = 1$	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000
		$r = 1,5$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		$r = 2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Límites	$r = 1$	0,957	0,991	0,998	1,000	1,000
		$r = 1,5$	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
		$r = 2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
3	Ejemplares	$r = 1$	0,767	0,834	0,887	0,982	1,000
		$r = 1,5$	0,862	0,963	0,993	1,000	1,000
		$r = 2$	0,943	0,998	1,000	1,000	1,000
	Prototipo	$r = 1$	0,961	0,992	0,998	1,000	1,000
		$r = 1,5$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		$r = 2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Límites	$r = 1$	0,731	0,818	0,881	0,982	1,000
		$r = 1,5$	0,854	0,962	0,993	1,000	1,000
		$r = 2$	0,943	0,998	1,000	1,000	1,000

En cuanto al valor del parámetro  $r$ , se produce el mismo fenómeno. Un valor alto de este parámetro es utilizado para ejemplares que se confunden entre sí, mientras que un valor de 1 es utilizado con ejemplares distinguibles. La similitud para ejemplares cercanos a  $X$  (que pertenecen a la categoría A) es siempre mayor si se utilizan ejemplares confusos (es decir,  $r = 2$ ) que con ejemplares distinguibles,

lo que hace que la similitud (y la probabilidad) hacia la categoría con ejemplares más cercanos a X se incrementa en relación a la similitud (y probabilidad) de la categoría con ejemplares más alejados (la categoría B). Este incremento de la probabilidad de que X sea clasificado en la categoría A se produce en todas las situaciones y en ambas escalas. Por ejemplo, en la Tabla 2 (escala de “orden”) en la *situación 3* con  $c = 1,5$  y para la teoría de ejemplares, esta probabilidad pasa de 0,842 a 0,999 cuando se incrementa el valor de  $r$  de 1 a 2. Lo mismo sucede con la escala de “identificación” (Tabla 3) para la misma *situación 3* con  $c = 1,5$  y para la teoría de ejemplares, en la cual la probabilidad pasa de 0,834 a 0,998.

En resumen, para ambas escalas y en todas las situaciones, al aumentar el valor de los parámetros, la probabilidad de que X sea asignado a la categoría A se acerca a 1. Ello se produce debido a que la distancia entre ejemplares se incrementa y se reduce la similitud entre ellos, siendo esta última reducción mayor para la categoría con ejemplares alejados de X (la categoría B). Para valores altos de estos parámetros la probabilidad acaba siendo 1, este valor se ha sombreado en la Tabla 2 y Tabla 3 para facilitar su localización.

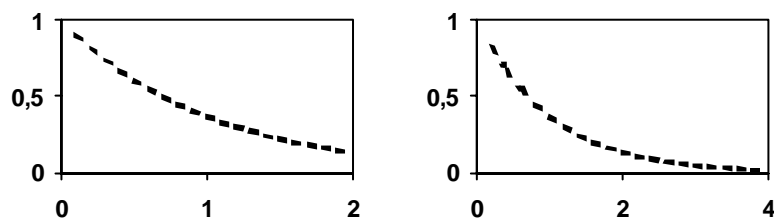
La relación entre similitud y la distancia según el valor del parámetro  $r$  se aprecia claramente en la Figura 28. Así, para un valor de  $r = 1$ , la relación es exponencial y, en ella (si las distancias son menores de 1), la similitud disminuye muy rápidamente cuando la distancia se incrementa ligeramente. En cambio para  $r = 2$ , y también para valores de distancia menores de 1, es necesario un incremento mayor en la distancia para que la similitud disminuya apreciablemente ( $r = 2$  se utiliza para ejemplares confusos). Para valores de la distancia mayores de 1, la tendencia se invierte y, la similitud, disminuye más rápidamente al incrementarse la distancia para  $r = 2$  que para  $r = 1$ .



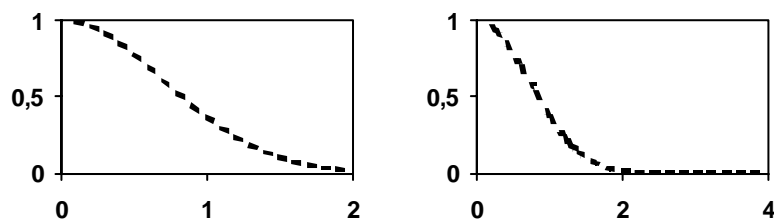
**Figura 28** Relación entre similitud (eje Y) y distancia (eje X) según el valor de  $r$ , con  $c = 1$ . Izquierda:  $r = 1$ . Derecha:  $r = 2$

La relación entre similitud y la distancia según el valor del parámetro  $c$  (con un valor de  $r=1$ ) se aprecia claramente en la Figura 29. Así, cuando el valor de  $c$  es de 1 (y  $r=1$ ), la relación es exponencial e idéntica que la de la Figura 28. Sin embargo, al multiplicar el valor del parámetro  $c$  por 2, la relación entre similitud y distancia es muy diferente. Un aumento pequeño en la distancia disminuye ahora mucho más la similitud mientras que, a partir de cierta distancia (alrededor de 1,6), la similitud tiende a disminuir muy lentamente y se estabiliza muy cerca de 0.

La relación entre similitud y la distancia según el valor del parámetro  $c$  con un valor de  $r=2$  se presenta en la Figura 30. En ella, cuando el valor de  $c$  es de 1 y  $r=1$ , la relación es la relación es “gaussiana” e idéntica a la de la Figura 28. En cambio, cuando se incrementa el valor de  $c$  a 2, la relación entre distancia y similitud presenta una forma muy distinta. Así, para distancias pequeñas la similitud disminuye muy rápidamente. Cuando la distancia toma valores superiores a 2, la similitud es prácticamente 0 y apenas disminuye cuando aumenta la distancia.



**Figura 29** Relación entre similitud (eje Y) y distancia (eje X) según el valor de  $c$ , con  $r=1$ . Izquierda:  $c=1$ . Derecha:  $c=2$



**Figura 30** Relación entre similitud (eje Y) y distancia (eje X) según el valor de  $c$ , con  $r=2$ . Izquierda:  $c=1$ . Derecha:  $c=2$

Por otra parte, las predicciones realizadas por cada teoría son muy similares para ambas escalas. Así, en la *situación 1* y para la teoría de ejemplares, la predicción de que el ejemplar X sea clasificado en la categoría A —con  $c = 1$  y  $r = 1$  en la escala de “orden” (Tabla 2)— es de 0,889 mientras que esta predicción toma un valor de 0,883 en el caso de la escala de “identificación” (Tabla 3) con los mismos valores para los parámetros  $c$  y  $r$ . Lo mismo ocurre para las teorías de límites y de prototipo en esa misma situación. Por ejemplo, la probabilidad para la teoría de límites con  $c = 2$  y  $r = 1$  es de 0,982 en la escala de “orden” (Tabla 2) y de 0,978 para la escala de “identificación” (Tabla 3). En la *situación 2* y *3*, este patrón se repite de forma que, las predicciones efectuadas por cada teoría, apenas se ven alteradas por utilizar una u otra escala. A modo de ejemplo, la probabilidad pronosticada por la teoría de prototipo en la *situación 3* con  $c = 1,5$  y  $r = 1$  es de 0,989 en la escala de “orden” (Tabla 2) mientras que esta probabilidad es de 0,992 si se utiliza la escala de “identificación” (Tabla 3). Así pues, las predicciones realizadas por las tres teorías en cada una de las situaciones apenas difieren por el hecho de utilizar una u otra escala.

Finalmente, es importante resaltar la gran similitud entre los pronósticos de cada una de las teorías. Así, en algunas situaciones las diferencias entre estas predicciones son cercanas a 0. Por ejemplo, en la *situación 2* en la escala de “orden” con  $c = 1,5$  y  $r = 1$  (Tabla 2), la probabilidad predicha por la teoría de ejemplares es de 0,999 mientras que la probabilidad con el modelo de prototipo es de 1,000 y la calculada con el modelo de límites es de 0,998. Si bien estas situaciones son representaciones prototípicas —sería posible imaginar, por ejemplo, una *situación 2* con más ejemplares en la categoría B o con una zona de incertidumbre más reducida o cualquier otra variación—, los pronósticos de las tres teorías no diferirán demasiado ya que, desde cualquiera de ellas, la probabilidad de que el ejemplar X pertenezca a la categoría A es siempre mayor de 0,500. La razón de esta similitud en los pronósticos es que, las tres teorías, basan sus predicciones en utilizar la similitud de X con cada categoría y, para ello, cada una de ellas emplea elementos o propiedades del continuo que dependen de los elementos o propiedades que emplea cualquiera de las otras.



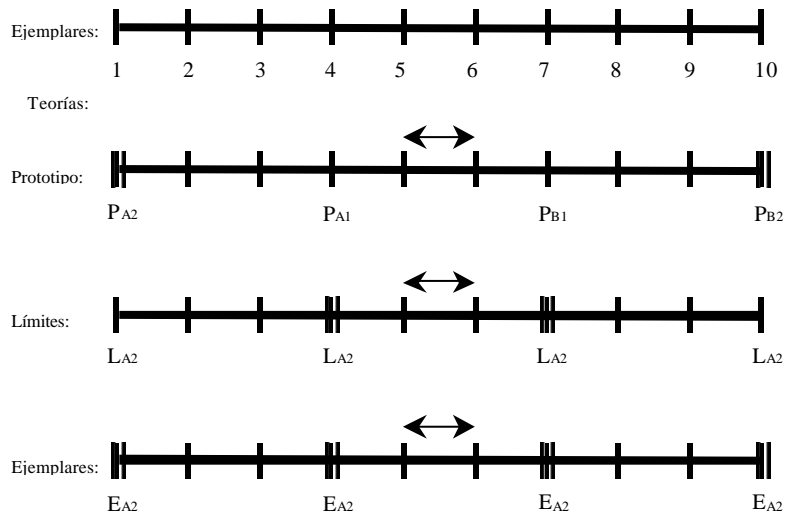
Así, la teoría de prototipo utiliza únicamente los prototipos de las categorías para evaluar la similitud entre un nuevo ejemplar X y cada categoría, prototipos que no se alteran cualquiera que sea la composición de ambas categorías (número de ejemplares) y de la zona de incertidumbre. Por otra parte, la teoría de límites emplea los ejemplares límite de las categorías, límites que no se modifican si se presentan ejemplares situados fuera de la zona de incertidumbre. Finalmente, la teoría de ejemplares, emplea cualquier ejemplar de las categorías lo que le hace sensible a cualquier cambio de la zona de incertidumbre o de la composición de las categorías. Si el ejemplar X se sitúa cerca de un ejemplar límite o de un prototipo (al margen de si se encuentra dentro o fuera de la zona de incertidumbre), las predicciones entre las teorías se aproximan puesto que existirá gran similitud entre X y esos tipos de ejemplares. En cambio, si X se encuentra alejado de los prototipos o de los ejemplares límite, la teoría de ejemplares predecirá mejor la respuesta del participante.

Para ilustrar esto, puede observarse la Figura 31. En ella se representa la forma en que cada teoría establece la zona de incertidumbre tras presentar dos ejemplares por categoría, de forma secuencial, aunque no en el mismo orden para cada teoría. Así, para la teoría de prototipo se han presentado, en primer lugar,  $P_{A1}$  y  $P_{B1}$ , los cuales constituyen los prototipos de ambas categorías hasta que se presentan los ejemplares  $P_{A2}$  y  $P_{B2}$ . En ese momento, estos últimos pasan a ser los prototipos de la categoría A y B. La zona de incertidumbre se sitúa entre los ejemplares 5 y 6. Desde la teoría de límites, puede llegarse a la misma situación alterando el orden de presentación de los ejemplares. Así,  $L_{A1}$  y  $L_{B1}$  son los ejemplares límite de ambas categorías hasta que se presentan los ejemplares  $L_{A2}$  y  $L_{B2}$ . La zona de incertidumbre es la misma que en el caso anterior. Finalmente, el orden de presentación de los ejemplares puede alterarse de nuevo ya que, desde la teoría de ejemplares, todos los ejemplares son tratados de forma similar. Así, tras presentar los ejemplares  $E_{A1}$ ,  $E_{B1}$ ,  $E_{A2}$  y  $E_{B2}$  la zona de incertidumbre queda igualmente establecida entre los ejemplares 5 y 6. Una diferencia, ya comentada, entre estas 3 teorías se refiere a los ejemplares con los que se establece la similitud entre X y cada categoría (marcados con una triple línea en la Figura 31). Sin embargo, existe otra diferencia de mayor importancia que se expone a continuación.

Supongamos que, una vez aprendidas ambas categorías, se presenta un ejemplar en la zona de incertidumbre y que el participante aprende la categoría a la que pertenece ese ejemplar. Ello hace que la zona de incertidumbre se reduzca o que, inversamente, aumente la extensión de una de las categorías (podría decirse que se incrementa lo que el participante sabe de cada categoría). Este nuevo dato no es empleado por la teoría de prototipo puesto que los prototipos de cada categoría no se alteran. Sin embargo, para la teoría de límites y de ejemplares, el nuevo ejemplar conocido es empleado a la hora de realizar un pronóstico, aunque de forma distinta (como un nuevo límite o como un ejemplar más). Como se aprecia en la Figura 31, la categoría A se extiende del ejemplar 1 al 4 mientras que la categoría B incluye del ejemplar 7 al 10. Si se presentara (por ejemplo) el ejemplar 5, que se encuentra en la zona de incertidumbre y resultara pertenecer a la categoría A, los prototipos seguirían situados en los ejemplares 1 y 10. Por tanto, si ahora se presentara un ejemplar X y se le pidiera al participante que lo clasificará, su respuesta (desde la teoría de prototipo) sería la misma que si el ejemplar 5 no se conociera. No obstante, el límite de la categoría A pasa a situarse en el ejemplar 5, lo que afectará a las predicciones de esta teoría al igual que a las predicciones de la teoría de ejemplares. Ello es debido a que el nuevo ejemplar conocido, es utilizado para evaluar la similitud entre el ejemplar X y la categoría A (bien en relación a su límite, bien en relación a todos los ejemplares que la forman). Así pues, la teoría de prototipo no parece sensible a la presentación de nuevos ejemplares en la zona de incertidumbre.

Pero, ¿y si el nuevo ejemplar conocido se sitúa fuera de la zona de incertidumbre? Puesto que este ejemplar no altera el límite de ninguna categoría, para la teoría de límites ninguna de las categorías ha sido modificada, lo que conlleva que sus predicciones sean las mismas que si ese ejemplar no se hubiera presentado. En cambio, para la teoría de ejemplares, el nuevo ejemplar conocido si es tenido en cuenta para calcular la similitud hacia la categoría a la que pertenece, por lo que sus predicciones se verán modificadas. Volviendo a la Figura 31, si se presenta el ejemplar 2 y el participante aprende que pertenece a la categoría A, ello no alterará los límites de esa categoría —ni la predicción desde la teoría de límites— pero sí varía la predicción desde la teoría de ejemplares, puesto que ese ejemplar altera en la

similitud de esa categoría. Así, si se presentara un ejemplar X para ser categorizado, la respuesta del participante (desde la teoría de límites) sería la misma que si el ejemplar 2 no se conociera. En cambio, desde la teoría de ejemplares, la similitud entre el ejemplar X y la categoría A se alteraría y con ello la predicción desde esa teoría. Así pues, la teoría de límites no parece sensible a la presentación de nuevos ejemplares fuera de la zona de incertidumbre.



**Figura 31** Las teorías de prototipo, límites y ejemplares en el continuo. Las mayúsculas son ejemplares presentados, los subíndices corresponden a la categoría (A o B) y al orden de presentación (1 o 2). La flecha es la zona de incertidumbre

Esta mayor sensibilidad de la teoría de ejemplares, que tiene en cuenta tanto los ejemplares presentados dentro como fuera de la zona de incertidumbre, es la causa de su mayor grado de precisión en la predicción de las respuestas de los participantes. Sin embargo, ¿significa esto que los participantes categorizan los ejemplares tal y cómo afirman los supuestos de esta teoría? No necesariamente. Este mayor ajuste a las respuestas del participante puede indicar que, esta teoría, toma en consideración, a la hora de realizar predicciones, lo que el participante conoce debido a la desigualdad transitiva existente en ejemplares y categorías y, por ello, sus pronósticos son más acertados. En el ejemplo de la Figura 31, el participante conoce que los ejemplares 2 y 3 pertenecen a la categoría A y que los ejemplares 8

y 9 pertenecen a la categoría B, por tanto, al calcular la similitud entre X y cada categoría incluyendo a estos ejemplares lo que hace esta teoría es incorporar un conocimiento implícito que ni la teoría de prototipo ni la de ejemplares límite considera al efectuar los mismos cálculos. Ello no significa que el participante necesite comparar X con todos los ejemplares categorizados previamente. Simplemente significa que la precisión de la predicción ha aumentado puesto que se ha tenido en cuenta lo que el participante ya conoce sobre las categorías incluso sin haber categorizado todos esos ejemplares.

Por otra parte, el hecho de que ciertos ejemplares deban ser presentados (y categorizados) previamente para predecir la categorización de un ejemplar X está presente en las tres teorías contrastadas lo que las hace adecuadas para ser aplicadas a las situaciones 1, 2 y 3 de la Figura 27 (la Figura 31 es simplemente una versión de la situación 1 y 2). En estas situaciones, es necesario presentar ejemplares de ambas categorías que permitan comparar el ejemplar X con cada una de ellas, bien a través del prototipo, de sus ejemplares límite, etc.

De hecho, es esta característica en común la causa de que no puedan aplicarse estas teorías a las situaciones 4, 5 y 6 de la Figura 27. En esas situaciones, es posible aplicar el mismo principio de desigualdad transitiva aunque una de las categorías no sea conocida. En efecto, en estas situaciones típicas siempre existe, al menos, un ejemplar que pertenece a dicha categoría no presentada y que se situará en uno de los extremos del continuo. Esto es posible debido a que tanto ejemplares como categorías se encuentran ordenados en el continuo unidimensional. Ninguna de las teorías consideradas parece capaz de explicar la categorización en este tipo de situación.

En efecto, las teorías consideradas basan la categorización en la similitud entre el nuevo ejemplar y las categorías conocidas. Así, para la teoría de prototipo es necesario conocer el prototipo de las categorías, para la de límites se requiere conocer los ejemplares límite de cada categoría y para la teoría de ejemplares es necesario conocer ejemplares de cada categoría para poder evaluar la mencionada similitud entre las categorías y el nuevo ejemplar. Una vez conocidos estos datos sobre las categorías, se almacena en la memoria a largo plazo bien los prototipos, los ejemplares límite o todos los ejemplares de las categorías. No obstante, en las situaciones ejemplificadas, esto

no es posible ya que algunas categorías no han sido percibidas y, por tanto, no se puede conservar en la memoria información alguna sobre las mismas. Si este conocimiento no ha sido almacenado, ¿cómo saber con que categoría tiene mayor similitud un nuevo objeto? ¿Es este ejemplar X más similar a la categoría presentada o más similar a la categoría no presentada? En suma, ¿cómo conocer la similitud entre ese nuevo ejemplar y la categoría no presentada? Para estas teorías es imposible aprender algo que no ha sido percibido y categorizado previamente. Sin embargo, se puede categorizar una serie de ejemplares si la categorización se basa en la propiedad de orden existente entre ellos y entre las categorías. Así, se puede conocer las características de una categoría sin que haya sido percibida anteriormente, lo que, desde cualquiera de las teorías mencionadas, resulta imposible de asumir y, por tanto, es imposible de explicar desde sus supuestos teóricos. Por tanto, estos supuestos teóricos deberían modificarse.

En suma, puede categorizarse nuevos ejemplares conociendo únicamente una de las categorías de la misma forma que es posible categorizar ejemplares nuevos conociendo ambas categorías, es decir, basando las respuestas en el orden. Este hecho contradice el supuesto teórico fundamental de las teorías mencionadas limitando el ámbito de aplicación de las teorías mencionadas.



# Capítulo V

## Experimentos

---

En el presente capítulo, se detallan las características de los experimentos realizados a partir de las conclusiones extraídas en el apartado anterior. Estos experimentos se han diseñado con el objetivo de contrastar la capacidad predictiva de las diferentes teorías de categorización en el contexto unidimensional. Otro de los objetivos es comparar los pronósticos de cada una de las teorías que, como se expuso en el capítulo precedente, pueden ser muy similares o idénticos. Además, una parte de estos experimentos tiene como finalidad plantear situaciones de categorización en las que, por definición, las principales teorías de categorización no pueden aplicarse.

Los experimentos han sido estructurados para describir y explicar las principales situaciones típicas de categorización que pueden ocurrir en un experimento dentro de un continuo unidimensional con dos categorías. No obstante, también se planteará una nueva situación en la que se establecen tres categorías dentro del mencionado continuo.

### Metodología

Los experimentos aplicados en este apartado son de dos tipos: de identificación y de categorización. El primer experimento, de identificación, se utilizó para construir la escala psicológica de los estímulos. Se trata de una tarea frecuente en este tipo de investigaciones cuya finalidad es establecer, de manera ajustada, cómo se perciben los estímulos y determinar su grado de discriminabilidad. En los cuatro experimentos restantes, los de categorización, se

distinguen dos fases: una de aprendizaje y otra de aplicación. En la primera, el participante aprendió a distinguir las categorías del continuo mientras que en la segunda su tarea consistió en categorizar estímulos desconocidos.

En el experimento de identificación, con las respuestas de los participantes se realiza un escalamiento multidimensional (MDS). Se han establecido y analizado distintas escalas según el número de ensayos transcurridos en la prueba.

En los experimentos de categorización, se establecen las condiciones según la posición del estímulo nuevo que se debe categorizar o estímulo  $X$ . Los resultados se analizan mediante MANOVAS y ANOVAS. Para los contrastes de medias se utilizó la prueba de *Bonferroni*. El ajuste de cada teoría se evalúa mediante *ML* y *chi-cuadrado*.

Todos los experimentos fueron realizados con voluntarios reclutados entre los alumnos de la Universidad de Valencia y cinco profesores, no se ofreció ningún incentivo por la participación.

## Experimento 1: Identificación

En este experimento se plantea la típica tarea de identificación mediante la cual pretendemos establecer, por una parte, la escala psicológica de los estímulos que se emplearán en los sucesivos experimentos de categorización y, por otra parte, comprobar que los estímulos son percibidos como ejemplares (diferentes estímulos a los que se responde de forma distinta). La discriminación de los estímulos implicará que los participantes establecerán una escala psicológica equivalente con la escala física en el orden de los elementos, pero, evidentemente, las unidades serán distintas en cada una de las escalas porque la relación entre las dos no es lineal. De esta manera, los incrementos constantes en la escala física no se corresponderán linealmente con los aumentos de la escala psicológica. Por ejemplo, una diferencia de 1 *cm* entre dos estímulos pequeños será percibida mejor que la misma diferencia de 1 *cm* entre dos estímulos grandes, por la conocida relación exponencial que relaciona las magnitudes de las dos escalas. Otro efecto característico de la utilización de estímulos unidimensionales es el anclaje: cuanto más se alejan los



estímulos del centro del continuo, son más fácilmente distinguibles, siendo esta discriminación máxima en los extremos de dicho continuo.

La tarea de identificación es diferente a la de categorización puesto que exige diferenciar claramente todos los estímulos de forma tal que, el participante, al concluir el experimento deberá, por imposición de la tarea, relacionar correctamente el orden de la escala psicológica con el de la física. Por lo tanto, este proceso de discriminación será progresivo, de manera que en los primeros ensayos del experimento la confusión entre estímulos será considerable mientras que, en los últimos ensayos, los participantes deberían poder distinguir claramente entre los estímulos presentados. La mayor discriminación redundará en un mayor porcentaje de aciertos en la tarea de identificación, este porcentaje, por tanto, deberá ser mayor en los últimos ensayos del experimento, constatándose el efecto del aprendizaje. Este proceso discriminativo está mediado por la posición de los estímulos en el continuo, siendo esta localización el determinante de la similitud percibida en los mismos.

En este experimento se pretenden dos objetivos fundamentales. Primero, comprobar que realmente los estímulos son diferenciables; y, segundo, establecer la escala psicológica de los mismos para realizar los pronósticos de las distintas teorías de categorización en los experimentos posteriores; como habitualmente se hace en estas investigaciones.

La *primera hipótesis* es que los errores en la identificación disminuirán progresivamente, pero de manera diferente, para cada estímulo según su posición en el continuo; los situados en los extremos serán identificados sin error antes que los situados en el centro y los de la parte baja de la escala mejor que los de la parte alta.

La *segunda hipótesis* es que, la escala psicológica, cambiará a lo largo del proceso de identificación, de forma que primero el orden en esta escala no será consistente; después se establecerá adecuadamente el orden, aunque con errores; y, finalmente, el orden establecido en la escala psicológica coincidirá con el orden de la escala física. Al final, como consecuencia del aprendizaje, los estímulos serán completamente discriminables.

## **Método**

En este apartado se expone las características de los participantes, de los aparatos y materiales así como el procedimiento seguido para establecer la escala.

### **Participantes**

Los participantes fueron 15, con edades entre 18 y 45 años ( $M = 25,66$ ,  $DT = 6,36$ ). Todos ellos presentaban visión normal o corregida..

### **Aparatos y materiales**

Los experimentos se realizaron en un *PC* con sistema *Windows 98*. La resolución del monitor era de  $800 \times 600$ , la marca *AOC* y el modelo *Spectrum5Elr*.

Los estímulos consistieron en 10 líneas verticales de entre 1,01 y 10,10 *cm* de longitud, consecutivamente espaciados por 1,01 *cm*. Los estímulos se numeraron del 1 al 10 según su magnitud, el número 1 correspondía a la línea más pequeña, el 2 a la línea de 2,02 *cm*, etc. Todos los estímulos se presentaron centrados verticalmente a 7/11 de la altura total de la pantalla. Con este sistema se pretendió controlar que los participantes tomaran los límites físicos de la pantalla como referencia.

Los sujetos se situaban a 40 *cm* del monitor y respondieron pulsando en el *teclado numérico* para identificar los estímulos, y en la *barra espaciadora* para pasar las ventanas.

### **Procedimiento y diseño**

En la fase de identificación, se presentó la serie completa de 10 estímulos el mismo número de veces. Como el problema metodológico más importante de esta tarea era el efecto de secuencia se impuso que no aparecieran nunca dos estímulos consecutivos (por ejemplo, el estímulo 8 seguido del 9, o el 10 seguido del 9). Para evitar que se aprendieran secuencias concretas de estímulos, manteniendo constante la frecuencia con que todos los elementos aparecían, se contrabalancearon completamente los órdenes de aparición mediante 10 cuadrados latinos (en los que no se repitió el mismo estímulo en ninguna fila ni columna), cada uno de ellos

compuesto por una serie completa de los 10 estímulos experimentales. Los 10 cuadrados latinos se formaron estableciendo, primero, una secuencia ordenada al azar de los 10 elementos, dicha secuencia se fue variando aleatoriamente hasta completar los 10 cuadrados latinos. Se dispuso, por tanto, de una lista completa de 1000 estímulos (100 secuencias completas formadas por los 10 estímulos experimentales). Dada la dificultad en aprender esta secuencia tan larga, se repetía cíclicamente la lista de estímulos en el caso de que el participante no superara los criterios de aprendizaje al llegar al estímulo número 1000. Para evitar que no se produjera nunca una presentación de dos estímulos consecutivos, se hizo que el último estímulo de la serie completa, el número 1000, estuviera separado al menos dos unidades del primero, el número 1. De esta manera, se aseguraba: a) que los estímulos no presentaran sesgos de secuencia, b) que prácticamente se mostraran en todas las disposiciones posibles, c) que todos aparecieran el mismo número de veces, y d) que fuera prácticamente imposible memorizar secuencias de estímulos.

La tarea de los participantes fue identificar (es decir, asignar correctamente a cada estímulo su valor de orden) los 10 estímulos que formaban la escala. Cada ensayo consistía en la presentación de un estímulo al que el participante debía asignar un número mediante el teclado numérico del ordenador (el 0 correspondió al estímulo 10). Una vez emitía un participante su respuesta, surgía una ventana debajo del estímulo informándole si la respuesta había sido correcta o si había sido incorrecta. En este último caso, se le proporcionaba la respuesta correcta. Además, si la respuesta era incorrecta sonaba un pitido por los altavoces del ordenador. El participante debía pulsar la barra espaciadora del teclado para eliminar la ventana emergente y para que se presentara el siguiente estímulo. No existió límite de tiempo para emitir la respuesta ni en la presentación del estímulo.

Se aseguró que los estímulos fueran aprendidos prolongando indefinidamente la tarea experimental hasta que se cumplieran dos requisitos: el primero, que los participantes respondieran siempre las primeras 13 secuencias, y una vez superado el estímulo 130, que completaran dos secuencias completas (20 estímulos) *sin ningún error*. Con estos dos requisitos se pretendía garantizar que, con el suficiente aprendizaje, los estímulos experimentales podían aprenderse y discriminarse.

### **Instrucciones**

Se instruyó a los participantes para que aprendieran a asignar un número de 1 a 10 a un estímulo según la longitud del mismo. Se les indicó, asimismo, que se les informaría sobre su respuesta a cada estímulo; si había sido acertada o incorrecta y, en este último caso, se les facilitaría cuál era la respuesta correcta.

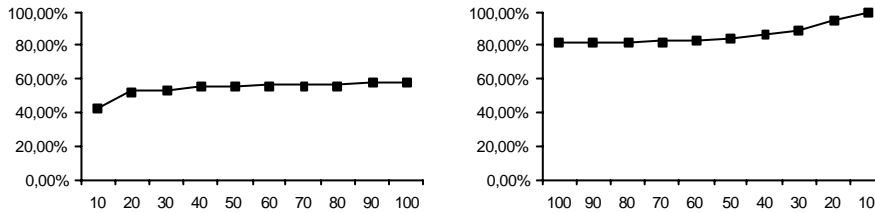
### **Resultados**

De los 15 participantes, únicamente uno de ellos no logró completar con éxito la tarea puesto que abandono por cansancio en el estímulo 1456. El número de ensayos medio, de los 14 participantes, para aprender a distinguir los 10 estímulos fue de 439 intentos ( $DT = 260$ ). El número de intentos mínimo fue de 150 (el mínimo requerido según las condiciones de la tarea), mientras que el máximo fue de 1000 (un ciclo completo).

### **Evolución de las respuestas a los estímulos**

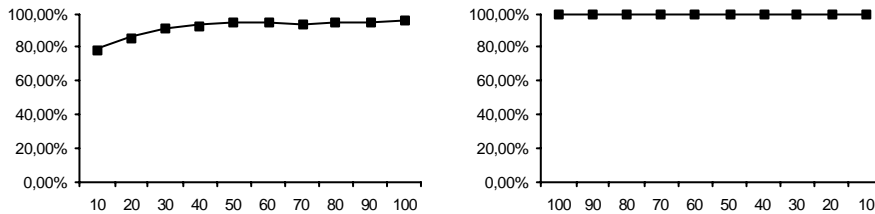
Para comprobar la primera hipótesis se analizó la evolución del aprendizaje de los participantes y de las distintas fases de la escala psicológica agrupando los estímulos por series completas que incluían presentaciones de los 10 estímulos. Se consideraron distintos conjuntos como, por ejemplo, los 50 primeros estímulos o los 70 últimos estímulos presentados a los participantes.

En la Figura 32, se compara el porcentaje de aciertos en los ensayos iniciales y finales. En la izquierda de la Figura 32 se detalla el porcentaje de acierto en los primeros 10 estímulos, en los primeros 20 y así sucesivamente hasta los primeros 100 estímulos presentados a los participantes. A la derecha se presentan los datos de los 100 últimos estímulos, de los 90 últimos estímulos, hasta los 10 últimos estímulos. El promedio de las 10 series iniciales fue de 54,20% mientras que la media de los 10 conjuntos finales fue de 86,43%. En cuanto a las series de estímulos iniciales, existe una gran diferencia entre los primeros 10 y los primeros 20 estímulos. A partir de este conjunto, el porcentaje se estabiliza cerca del 60,00%. En cuanto a las 10 series finales, la mejora en el porcentaje de aciertos es progresiva aunque se acelera a partir de los últimos 30 estímulos.



**Figura 32** *Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)*

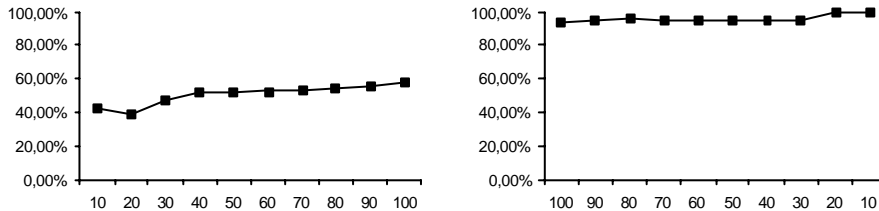
Para contrastar si la posición de los estímulos en la escala determina la dificultad para discriminarlos, se analizaron primero las series de 10 estímulos individualmente. Se calculó el porcentaje de acierto para cada estímulo por separado según la serie en la que el estímulo se presentaba. En la Figura 33, se muestra la evolución de la identificación del estímulo 1. Como se puede apreciar, este estímulo alcanzó un alto porcentaje de acierto ya en las primeras 20 presentaciones (la media en los conjuntos iniciales fue de 91,54%). La facilidad con la que se discriminó se evidencia porque en las últimas 10 presentaciones, cuando todavía quedaba un centenar de estímulos para acabar la identificación, la media de aciertos fue del 100,00%.



**Figura 33** *Estímulo 1. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)*

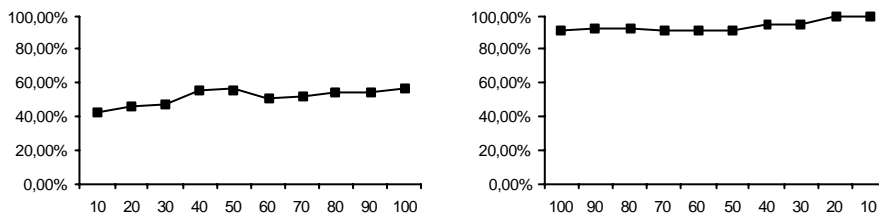
La evolución del estímulo 2 se representa en la Figura 34. En este estímulo el promedio de aciertos en las primeras 10 secuencias de estímulos fue del 50,56%, mientras que para las 10 últimas fue del 95,67%. Aunque el promedio de los 10 conjuntos iniciales es muy

inferior a la del estímulo 1, el porcentaje de aciertos en los 10 conjuntos finales es muy similar al del estímulo anterior.



**Figura 34** Estímulo 2. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

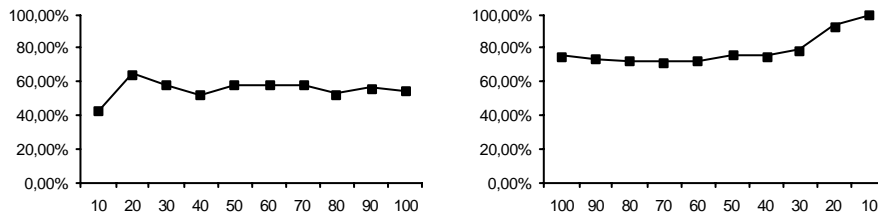
En cuanto al estímulo 3, su evolución fue muy similar a la del estímulo 2. Como se aprecia en la Figura 35, el porcentaje de aciertos inicial fue muy bajo ( $M = 51,60\%$ ) mientras que en los estímulos finales el porcentaje de respuestas correctas se incrementó considerablemente, estabilizándose sin importantes variaciones en torno a la media de 93,92%. No obstante, es de destacar el incremento y decremento de aciertos que se produjo entre los 40 y los 60 estímulos iniciales.



**Figura 35** Estímulo 3. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

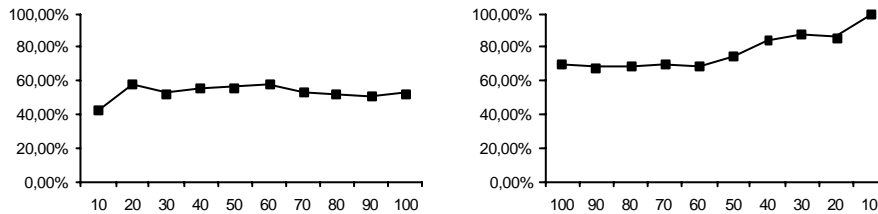
Los resultados para el estímulo 4 se presentan en la Figura 36. En ella, la tendencia que se apreciaba en las últimas secuencias era distinta a los estímulos anteriores. Se produjo un aumento progresivo en el porcentaje de aciertos ( $M = 78,73\%$ ) en los últimos estímulos, al contrario que en los casos anteriores, en los que el porcentaje de

aciertos fue considerable desde los últimos 100 estímulos. En cuanto a los conjuntos de estímulos iniciales, y al contrario que los estímulos anteriores en los que se observaba una tendencia ascendente en el porcentaje de estímulos, se apreció una estabilización alrededor de casi el 60,00% de acierto ( $M = 55,08\%$ ) después de un rápido incremento en los primeros 20 estímulos.



**Figura 36** Estímulo 4. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

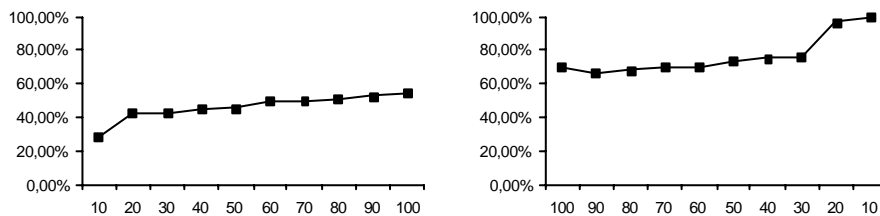
Los porcentajes de acierto para el estímulo 5 se presentan en la Figura 37. La evolución fue equivalente a la del estímulo 4. Se produjo un incremento progresivo en los conjuntos finales hasta llegar al 100,00% ( $M = 77,67\%$ ) mientras que en los conjuntos iniciales la tendencia fue análoga a la del estímulo 4 ( $M = 52,96\%$ ).



**Figura 37** Estímulo 5. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

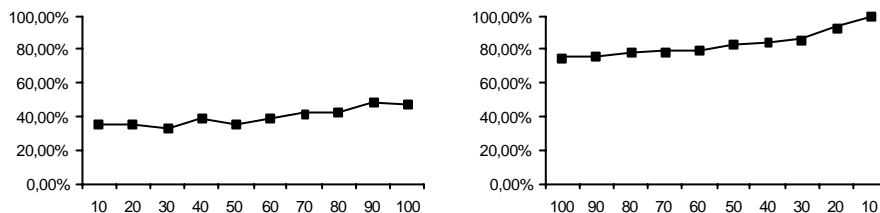
Al igual que con los estímulos 4 y 5, en el caso del estímulo 6 (Figura 38) se produjo un rápido incremento en los primeros 20 estímulos de la identificación aunque, al contrario que en los estímulos citados, se produjo un incremento progresivo hasta los 100

primeros estímulos ( $M = 76,39\%$ ). En cuanto a los conjuntos de estímulos finales, la progresión fue muy similar a la de los citados estímulos ( $M = 46,15\%$ ).



**Figura 38** Estímulo 6. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

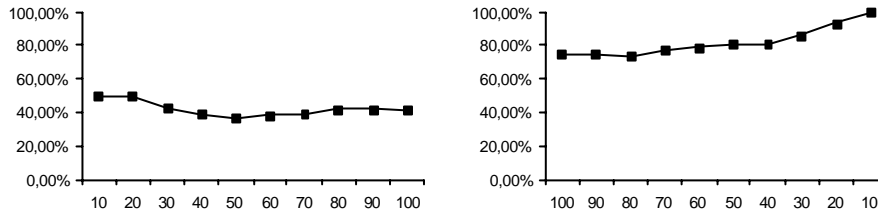
El grado de acierto para el estímulo 7 se presenta en la Figura 39. Se aprecia que este estímulo parte de un nivel de aciertos muy bajo ( $M = 40,00\%$ ) en sus primeras 10 presentaciones. No obstante, su porcentaje de aciertos aumenta de forma progresiva y casi lineal en los conjuntos finales de estímulos ( $M = 82,26\%$ ).



**Figura 39** Estímulo 7. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

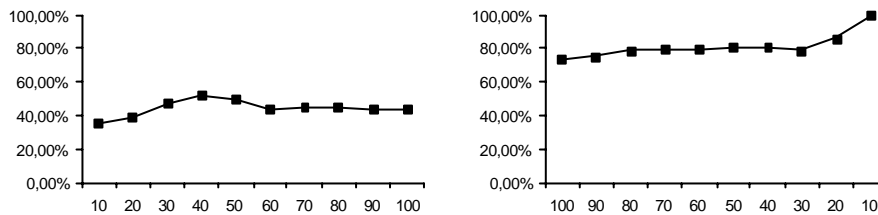
Los porcentajes de acierto para el estímulo 8 se detallan en la Figura 40. Se aprecia que la evolución del porcentaje de aciertos, en los conjuntos finales, fue muy similar a la del estímulo 7, siendo su media del 81,70%. También, como en el estímulo 7, el porcentaje inicial de aciertos fue muy bajo y tendía a disminuir entre los 20 y 50 estímulos iniciales, para estabilizarse alrededor del 40,00% ( $M = 42,16\%$ ).





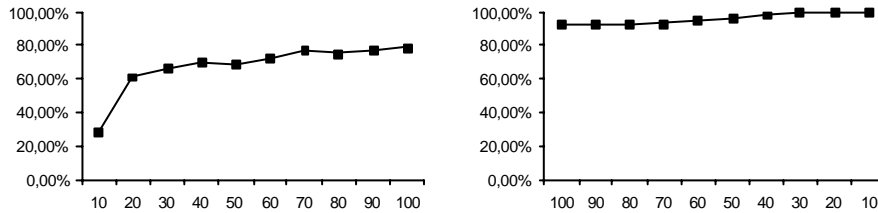
**Figura 40** Estímulo 8. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

Los resultados del estímulo 9 muestran una tendencia muy parecida a la del estímulo 8, es decir, un incremento muy rápido en el porcentaje de aciertos a partir de los últimos 30 estímulos ( $M = 81,15\%$ ), como se observa en la Figura 41. En cuanto a las primeras fases de la identificación, se apreció un porcentaje de acierto situado en torno al 40,00%, tras un incremento considerable entre los primeros 20 y 40 estímulos ( $M = 44,59\%$ ).



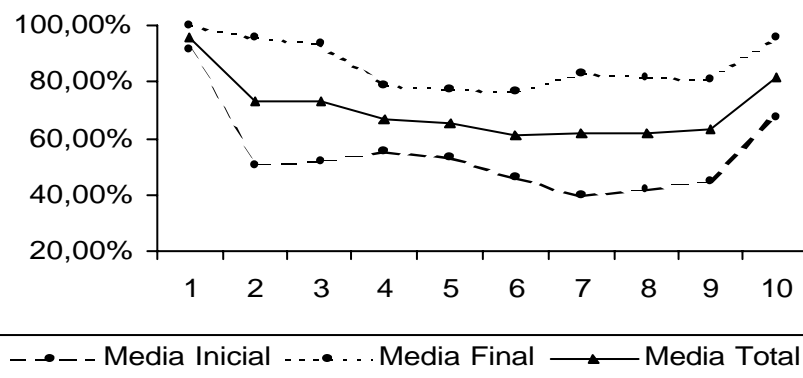
**Figura 41** Estímulo 9. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)

Finalmente, la evolución del estímulo 10 se presenta en la Figura 42. El porcentaje de aciertos se incrementó rápidamente en las primeras fases desde valores iniciales muy bajos hasta llegar a casi el 80,00% ( $M = 67,39\%$ ) a partir de la séptima presentación. En las últimas fases, este alto grado de aciertos se mantuvo ( $M = 95,82\%$ ). Es evidente la similitud entre esta última tendencia y la del estímulo número 1 y número 2.



**Figura 42** *Estímulo 10. Porcentaje de aciertos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación (izq.) y según el número de estímulos restantes para finalizar la identificación (dch.)*

El resumen de la evolución de los 10 estímulos se representa en la Figura 43. Se aprecia cómo los estímulos situados en los extremos tendieron a ser identificados de forma más acertada mientras que los estímulos centrales fueron los que presentaron un menor porcentaje de aciertos. Los estímulos 3 a 6 presentaron un mayor porcentaje de aciertos al principio de la fase de identificación, no obstante, en la fase final se apreció claramente cómo los estímulos con mayor error fueron los situados en el centro del continuo (estímulos 4, 5 y 6). Globalmente, los estímulos 1, 2, 3 y 10 (situados cerca de los extremos) presentaron un mayor porcentaje de acierto que los centrales (estímulos 4, 5, 6, 7, 8 y 9).



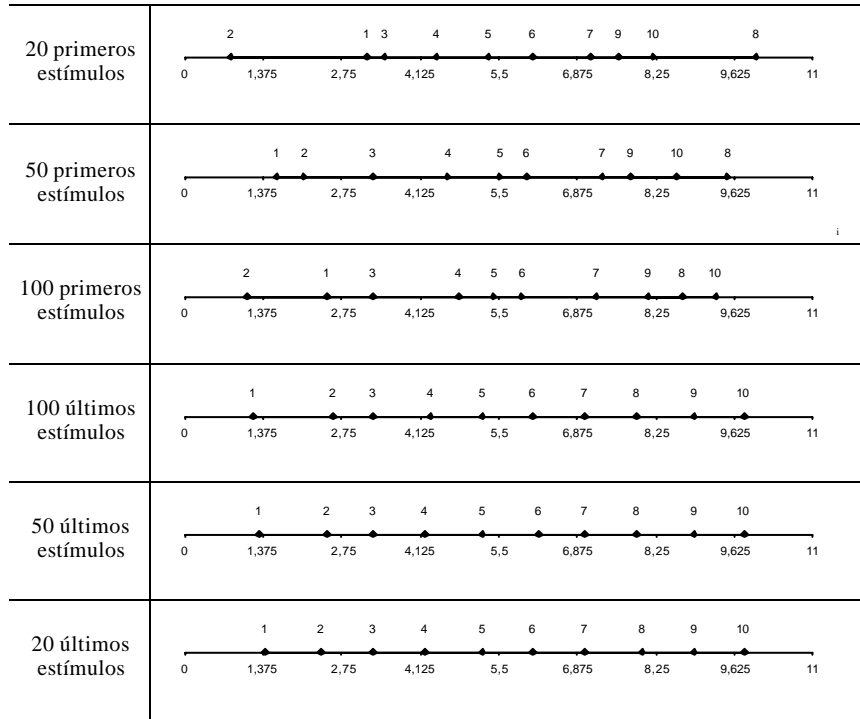
**Figura 43** *Medias por estímulos en la fase inicial, final y promedio total para los 10 estímulos de la identificación*

Asimismo, es importante destacar que la facilidad de discriminación no fue completamente simétrica respecto de la mitad de la escala. Mientras que los dos estímulos más extremos, el 1 y el 10, se estabilizaron prácticamente en la media final sin variaciones, difieren respecto de la media en los ensayos iniciales, de manera que el estímulo 10 se situaba por debajo del 1 (el 67,00% vs. 92,00%). También resultaron más difíciles de discriminar el 8 y 9 que sus simétricos 2 y 3; esto se apreciaba fundamentalmente comparando la media final de los cuatro estímulos. En consecuencia, la parte superior del continuo resultaba más difícil de discriminar que la parte inferior.

### **Evolución de la escala psicológica**

Para comprobar la segunda hipótesis, se analizó la evolución de la escala psicológica calculando las matrices de confusión en las que cada celda representaba la frecuencia con la que se emite una respuesta  $i$  ante un estímulo  $j$ . La diagonal principal indicaba el número de aciertos ( $i = j$ ). Estas matrices, además, informaban de la frecuencia con la que se habían confundido con otro, y con cuál (resto de las casillas de la matriz). Se construyeron un total de 6 matrices a partir de las respuestas de los participantes a los primeros 20, 50 y 100 estímulos, por un lado; y a los 20, 50 y 100 últimos estímulos, por el otro.

Con cada una de estas 6 matrices se realizó un MDS (escalamiento multidimensional) mediante el programa *SPSS* en el que se partió de las coordenadas prefijadas correspondientes al orden de los estímulos, es decir, 1 para el estímulo 1º, 2 para el estímulo 2º, etc. El número máximo de dimensiones fue 1 y se aplicó una transformación ordinal (sin empates), con 100 iteraciones máximas, un estrés mínimo 0,0001, y un factor de convergencia del estrés, 0,0001. Además, para facilitar la comparación e interpretación, los valores de todas las escalas fueron transformados linealmente de forma que los valores se situaran entre 1 y (aproximadamente) 10. Los valores de las seis escalas se detallan en la Tabla 4 y su representación gráfica en la Figura 44.



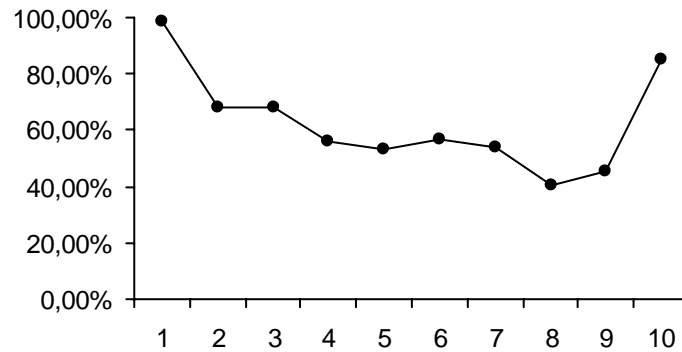
**Figura 44** Escalamiento de los 10 estímulos según el número de estímulos transcurridos desde el comienzo de la identificación

En las escalas establecidas a partir de las respuestas finales en la fase de categorización los estímulos presentaron el mismo orden que en la escala física. Además, destacaba la estabilidad de estas tres escalas finales, ya que muchos estímulos presentaron valores idénticos en todas ellas (por ejemplo, el estímulo 3 obtuvo un valor de 3,30 en las 3 escalas). Sin embargo, esto no ocurrió en ninguna de las tres escalas establecidas a partir de las respuestas a los estímulos iniciales, en las que los valores y el orden en el continuo fluctuaron considerablemente. Por ejemplo, el estímulo 2 se situó en el extremo inferior del continuo (su valor fue de 0,80) en la escala establecida a partir de los 20 primeros estímulos, no llegando a ocupar esta posición el estímulo 1 hasta la escala correspondiente a los 50 primeros estímulos. Además esta inestabilidad quedó de manifiesto porque en la escala creada a partir de las respuestas a los primeros 100 estímulos el estímulo 2 volvió a situarse en el extremo inferior, con un valor de 1,10.

**Tabla 4** Valores de los 10 estímulos en las escalas establecidas a partir de los 20, 50 y 100 estímulos iniciales y finales

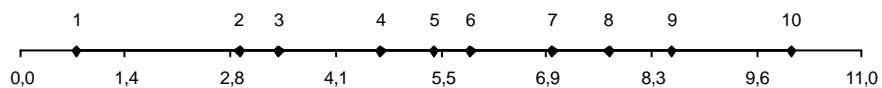
Posición Estímulos	Primeros			Últimos		
	20	50	100	100	50	20
1	3,20	1,60	2,50	1,20	1,30	1,40
2	0,80	2,10	1,10	2,60	2,50	2,40
3	3,50	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
4	4,40	4,60	4,80	4,30	4,20	4,20
5	5,30	5,50	5,40	5,20	5,20	5,20
6	6,10	6,00	5,90	6,10	6,20	6,10
7	7,10	7,30	7,20	7,00	7,00	7,00
8	10,00	9,50	8,70	7,90	7,90	8,00
9	7,60	7,80	8,10	8,90	8,90	8,90
10	8,20	8,60	9,30	9,80	9,80	9,80

Ahora bien, para establecer la escala con la que los participantes percibieron los estímulos es conveniente utilizar datos intermedios, ya que los correspondientes a los estímulos finales están afectados por el aprendizaje de la tarea mientras que, los extraídos a partir de los estímulos iniciales, se ven contaminados por errores en el uso de la escala, puesto que los participantes todavía no se han familiarizado con la misma. Por lo tanto, se seleccionó una secuencia intermedia situada entre los estímulos 30 y 130. En la Figura 45 se representa los porcentajes de acierto en esta secuencia para cada estímulo. En esta secuencia se apreciaba de nuevo el alto porcentaje de aciertos para los estímulos situados en los extremos (el 10 y especialmente el 1) seguidos de los estímulos cercanos al 1 (el 2 y el 3). Los estímulos que más tendían a confundirse fueron los centrales (del 4 al 8) y el 9. Por lo tanto, esta secuencia representaba razonablemente bien el porcentaje de acierto global para cada estímulo (véase la Figura 43).



**Figura 45** *Porcentaje de aciertos para cada estímulo entre los estímulos 30 y 130 iniciales*

Con este segmento de respuestas, se realizó un nuevo escalamiento multidimensional en idénticos términos que los anteriores. El resultado del mismo (con la escala adaptada) se muestra en la Figura 46. El número de iteraciones requerido fue de 8, tras las cuales el valor del *stress bruto normalizado* quedó situado en 0,002; mientras que el *coeficiente de congruencia de Tucker* fue de 0,999. Como se aprecia en la Figura 46, los estímulos aparecieron ya ordenados como en la escala física.



**Figura 46** *Escala psicológica establecida a partir de las respuestas a los iniciales 30 a 130 estímulos*

No obstante, en este intervalo el porcentaje de acierto se situó en el 62,43%, por lo que es evidente que, si bien el porcentaje de aciertos afectó al resultado del escalamiento, la escala final también dependió de la relación de los errores establecidos entre los estímulos. Los porcentajes completos de aciertos y errores entre los diez estímulos, a partir de los que se hizo el escalamiento, se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5** Matriz de confusión de la identificación desde el estímulo 30 al 130 (*estímulos, cursiva; respuestas, negrita*)

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<i>1</i>	138	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>2</i>	0	95	43	0	2	0	0	0	0	0
<i>3</i>	0	5	95	35	1	4	0	0	0	0
<i>4</i>	0	0	4	78	47	8	3	0	0	0
<i>5</i>	0	0	0	21	74	37	4	4	0	0
<i>6</i>	0	2	0	3	34	79	22	0	0	0
<i>7</i>	0	0	0	0	4	39	75	16	6	0
<i>8</i>	0	0	0	0	2	6	60	57	15	0
<i>9</i>	0	0	0	0	0	1	7	52	64	16
<i>10</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	20	119

El porcentaje de aciertos, por tanto, se relacionó con la escala psicológica resultante, pero no de forma lineal y sencilla. Así, es de vital importancia la relación existente en el patrón de confusión de los estímulos. Por ejemplo, si el estímulo *1* tiende a confundirse con el *2* en el 30,00% de las ocasiones es posible que la escala resultante agrupe ambos estímulos, pero si el estímulo *1* es confundido con el estímulo *4* en un 10,00% de las ocasiones, con el *3* otro 10,00% y con el *2* en el restante 10,00% de las veces; entonces el estímulo *1* puede situarse cerca de cualquiera de ellos pese a que su porcentaje de acierto ha sido siempre del 70,00%.

Pudo apreciarse cómo incluso con un nivel de aciertos poco elevado, los participantes establecieron la relación entre estímulos de forma tal que el resultado final reflejaba el orden de la escala física. Esta escala psicológica, por tanto, será la utilizada en los experimentos posteriores.

### **Discusión**

Los resultados confirman la primera hipótesis, los errores disminuyen progresivamente aunque de forma distinta para cada estímulo según su posición en la escala. Los resultados corroboran que los estímulos de los extremos se encuentran muy alejados del resto, lo que implica que puedan ser identificados más acertadamente. Estos resultados son

previsibles y explicables por el denominado efecto de anclaje que se ha constatado en múltiples trabajos de identificación tanto con sonidos como con líneas (Braidá, et al. 1984; Durlach y Braidá, 1969; Lacouture et al., 1998). Además, también es de destacar la diferencia entre los estímulos situados en el extremo superior del continuo y los situados en el extremo inferior; el 2 y el 3 son más distinguibles que el estímulo 8 y 9. Estos resultados constatan los encontrados por Lacouture (1997) en la condición en la que los estímulos se encuentran más espaciados en el continuo (25% de separación entre los estímulos); de tal forma que los estímulos situados al final del continuo (pero no en el extremo) presentan un mayor porcentaje de error en la identificación (Figura 4, pág. 127) con el mismo procedimiento que el aplicado en este trabajo. Estos resultados, también son semejantes a los clásicos de Weber (1834) o Fechner (1866), con los que demostraron que a mayor intensidad de un estímulo, mayor es el cambio necesario para que se puedan percibir como diferentes.

La escala psicológica evoluciona a lo largo de la identificación llegando a coincidir con la escala física en la parte intermedia de la tarea, confirmando la segunda hipótesis. Al principio de la identificación, los estímulos se encuentran desordenados en el espacio psicológico ya que tienden a confundirse frecuentemente entre sí y, conforme disminuyen los errores, los estímulos se ordenan de la misma forma que en la escala física. Esta coincidencia entre la escala psicológica y física también suele producirse en el escalamiento con estímulos formados por varias dimensiones (por ejemplo, Nosofsky, 1989).

Además, los resultados también muestran que los estímulos son discriminables al concluir la tarea. Si bien las diferencias entre los participantes puede ser considerables (el número de ensayos mínimo fue de 150 y el máximo de 1000) es posible discriminar entre ellos con la práctica. El aprendizaje solo alcanzaba el 100,00% de acierto en las últimas fases de la identificación. Desde el tradicional concepto de la memoria a corto plazo, este resultado confirmaría las predicciones referentes al número mágico  $7 \pm 2$  (Pollack, 1953; Miller, 1956), ya que los 10 estímulos experimentales se sitúan uno por encima del límite teórico de la percepción humana para estímulos unidimensionales. Pero, al encontrarse justo en el límite, es necesario



cierto grado de esfuerzo para diferenciarlos. Al tratarse de estímulos unidimensionales, en contra de lo que pudiera parecer, esta tarea es de mayor dificultad que con estímulos multidimensionales; ello es debido a que los estímulos con pocas características son percibidos como muy poco diferentes al disponer el participante de menos criterios de referencia para diferenciarlos. Por lo tanto, aunque sea necesario un esfuerzo considerable, es posible diferenciar los estímulos, es decir, tratarlos como ejemplares.

La organización de los estímulos, en la escala psicológica, es similar a la de la escala física, esta organización ya se produce entre los estímulos 30 y 130, e implica que los participantes pueden tratar de forma distinta los estímulos presentados (es decir, son ejemplares), si bien con cierto grado de error, especialmente en los estímulos situados en el centro del continuo. Este error queda representado en la escala psicológica por la distancia a la que se encuentran los estímulos; dos estímulos tienden a ser percibidos como más similares cuanto menor es la distancia entre ellos. Así, los estímulos 4, 5 y 6 se encuentran en el centro del continuo muy cerca entre sí. A la derecha de los mismos, los estímulos 7, 8 y 9 presentan una agrupación similar aunque no tan pronunciada como los tres primeros. A la izquierda se aprecia la corta distancia que separa el estímulo 2 y 3. Finalmente, los estímulos 1 y 10 se encuentran en los extremos del continuo a gran distancia del resto.

Por tanto, es posible que los estímulos situados en el centro del continuo puedan percibirse en más ocasiones de forma errónea (confundiendo el estímulo 5 con el 6) pero no son errores de categorización que conlleven confundir la categoría del estímulo 5 con la categoría del estímulo 6. El orden de los estímulos, teniendo en cuenta los mencionados errores en la percepción, serán el determinante de la categorización de estímulos.

Los resultados obtenidos por los 14 participantes permiten asegurar la capacidad de discriminación en los experimentos de categorización; puesto que, en los mismos, el número de estímulos empleados es muy inferior (entre 4 y 5 estímulos). Además, estos resultados muestran que la escala psicológica tiende a coincidir en el orden con la física, lo que no significa que los estímulos se perciban situados a una misma distancia unos de otros (como puede apreciarse en la Figura 46), si no que los participantes han establecido un orden equivalente al de la

realidad basándose en sus características físicas, requisito indispensable para identificar correctamente los estímulos.

## Experimento 2: Categorización del segmento inferior

Una vez comprobado que el conjunto de estímulos tiene las características adecuadas para utilizarlos en una tarea de categorización, se planteó el siguiente experimento.

Es habitual en la literatura de categorización comparar diferentes modelos y teorías en un contexto multidimensional, no obstante, la utilización de estímulos unidimensionales en categorización es poco frecuente (un ejemplo lo constituyen los trabajos de Parducci, 1965). Así pues, uno de los objetivos de este experimento es comparar la exactitud de los pronósticos de las tres teorías de categorización multidimensional más importantes en el contexto unidimensional. Para ello, se utilizará tanto la escala física como la escala psicológica obtenida en el experimento anterior, la cual nos permitía conocer cómo perciben los participantes los estímulos. Además, también se pretende analizar el ajuste de estos pronósticos a diferentes resultados de categorización, por lo que se plantea un experimento en el que se varía la posición del estímulo a categorizar dentro de una misma zona de incertidumbre.

Para llevar a cabo estas comparaciones, se plantea una situación de incertidumbre que reproduce la situación habitual en este tipo de experimentos. Se trata de una situación en la que se han definido dos categorías entre las cuales existe una zona de incertidumbre. Las condiciones se han establecido variando la posición del nuevo estímulo dentro de la citada zona de incertidumbre. Así, la *categoría A* se formó con los estímulos *1* y *2* mientras que la *categoría B* estaba compuesta por los estímulos *5* y *10*. En la condición *E3*, el estímulo nuevo fue el número *3* y en la condición *E4*, este estímulo era el *4*. Es de esperar que los resultados de la categorización de estos estímulos sean diferentes en la medida en que cada estímulo se sitúa dentro de la escala en una posición diferente.

Las predicciones desde las principales teorías de categorización tenderán a diferir (no serán exactamente idénticas) debido a la forma

en que cada una de ellas calcula la similitud entre cada categoría y el ejemplar que se debe categorizar. En concreto, las predicciones de la teoría de ejemplares y de límites tenderán a ser casi idénticas, ya que ambas consideran la similitud entre el estímulo nuevo y el estímulo límite, el cual tiene un gran peso a la hora de evaluar la similitud entre la categoría y el estímulo nuevo. En cambio, los pronósticos desde la teoría de prototipo tenderán a discrepar de las dos anteriores. Ello es debido a que, esta teoría, únicamente considera el prototipo de las categorías, prototipos que en este experimento se sitúan en la posición 1 y 10. Dado que la zona de incertidumbre no está situada en el centro del continuo —se encuentra entre el estímulo 3 y el 4—, esta teoría fallará en sus predicciones. La variación en alguna de las características de las categorías (como la frecuencia de presentación o el número de estímulos que las componen) manteniendo constante la posición de los prototipos, es el procedimiento más utilizado para rebatir la teoría del prototipo (véase, por ejemplo, Homa et al. 1973; Nosofsky, 1989).

La *primera hipótesis* de este experimento, por tanto, es que la teoría de límites y la de ejemplares coincidirán casi exactamente en sus pronósticos, siendo sus predicciones bastante ajustadas a los resultados, como se ha demostrado en la literatura (Ashby y Maddox, 1993).

La *segunda de las hipótesis* es que la teoría del prototipo presentará un elevado grado de error en sus predicciones, llegando a predecir respuestas opuestas a las teorías de ejemplares y límites, resultado también habitual en la literatura (Homa et al., 1973; Lamberts, 1993; Minda y Smith, 2001).

## **Método**

En este apartado se expone las características de los participantes, de los aparatos y materiales utilizados en el mismo.

### **Participantes**

Los participantes presentaban edades comprendidas entre 20 y 33 años ( $M = 24,90$ ,  $DT = 3,96$ ). Todos los participantes en este experimento presentaban una visión normal o corregida. Cada participante fue

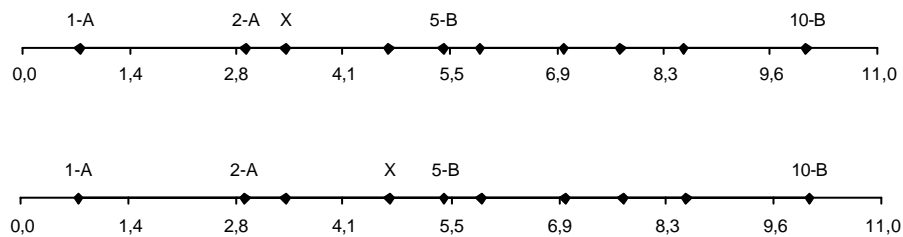
asignado aleatoriamente a cada una de las condiciones experimentales compuestas por 10 participantes.

### Aparatos y materiales

Los experimentos se realizaron con el mismo ordenador que el utilizado en la identificación.

Los estímulos empleados por condición eran 5 líneas verticales correspondientes a los estímulos 1, 2, 3, 4, 5 y 10 de la escala física. En la Figura 47 se muestra su posición en el continuo psicológico. Todos los estímulos se presentaron centrados en la pantalla para evitar que los participantes tomaran los límites de la misma como referencia.

Los sujetos se situaban a 40 cm de la pantalla y debían pulsar los números del teclado numérico para categorizar los estímulos.



**Figura 47** Estímulos utilizados (letras mayúsculas) para condición E3 (arriba) y E4 (abajo) en el experimento 2

### Procedimiento y diseño

El experimento constaba de dos condiciones: *Condición E3* y *Condición E4*. En ambas condiciones, la categorización se dividía en dos partes: una primera de aprendizaje y otra de aplicación.

En la fase de aprendizaje, se presentaron los estímulos que forman cada una de las categorías. Como se muestra en la Figura 47, la *categoría A* estaba formada por los estímulos 1 y 2 mientras que la *categoría B* estaba compuesta por los estímulos 5 y 10. La tarea de los participantes consistía en aprender a categorizarlos correctamente. El procedimiento era idéntico al experimento de identificación, solo que en este caso los participantes respondían *categoría A* (tecla 1 del teclado numérico) o *categoría B* (tecla 2 del teclado numérico) y, a

continuación se les proporcionaba retroalimentación con el mismo sistema que en el experimento de identificación.

Para establecer la presentación de los estímulos del experimento se procedió de la siguiente forma. Primero, se estableció una secuencia aleatoria de estímulos en la que todos ellos aparecían con la misma frecuencia (en 4 ocasiones) y en la que todos los estímulos debían estar inmediatamente precedidos y seguidos por el resto de estímulos (por ejemplo, el 9 era precedido en una ocasión por el 10, en otra por el 1 y en otra por el 8). Comenzando y acabando con el mismo estímulo. Esta secuencia se repitió sustituyendo la posición de cada estímulo (por ejemplo, el 9 pasaba a ser 10, el 1 pasaba a ser el 8) de forma aleatoria hasta establecer 12 secuencias distintas que fueron presentadas de forma aleatoria. En esta fase se le presentaban al participante 50 estímulos obligatorios a partir de los cuales debía categorizar correctamente de forma consecutiva otros 50 estímulos.

La fase de aplicación consistió en clasificar tanto un nuevo ejemplar ( $X$  en la Figura 47) como los presentados anteriormente (estímulos 1, 2, 5 y 10) sin retroalimentación. Así, una vez el participante emitía su respuesta aparecía una ventana debajo del estímulo en la que se le informaba de que su respuesta había sido registrada. El participante debía pulsar la barra espaciadora para eliminar esta pantalla y dar paso al siguiente estímulo. Para la presentación de los estímulos se procedió de la misma forma, dando como resultado otras 12 secuencias de estímulos. Esta fase concluía cuando se habían clasificado los estímulos de estas 12 secuencias.

Las condiciones experimentales diferían en el estímulo que debía categorizarse en la fase de aplicación. En la *Condición E3* el estímulo que debía categorizarse en la fase de aplicación era el número 3, mientras que en la *Condición E4* el estímulo a categorizar era el número 4. En ambas condiciones las categorías aprendidas eran las mismas: estímulos 1 y 2 para la categoría menor,  $A$ , y estímulos 5 y 10 para la categoría mayor,  $B$ .

### Instrucciones

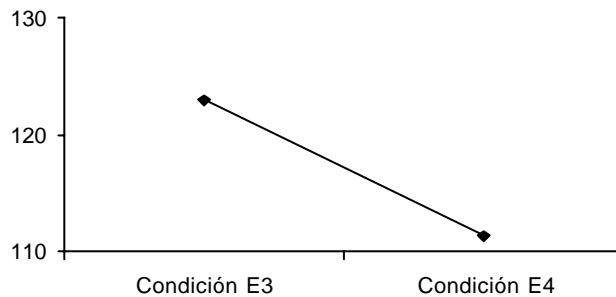
Se instruyó a los participantes para que aprendieran a distinguir entre ambas categorías,  $A$  y  $B$ . Se les indicó, asimismo, que se les informaría sobre su respuesta en la fase de aprendizaje; si había sido acertada o incorrecta y, en este último caso, se les indicaba la

respuesta correcta a ese estímulo. Una vez concluida la fase de aprendizaje se explicó a los participantes las características de la fase de aplicación. Se les informó que el procedimiento era el mismo pero que, en esta ocasión, no se les iba a proporcionar retroalimentación y que, simplemente, debían evaluar a qué categoría pertenecía cada estímulo, según su criterio.

## **Resultados**

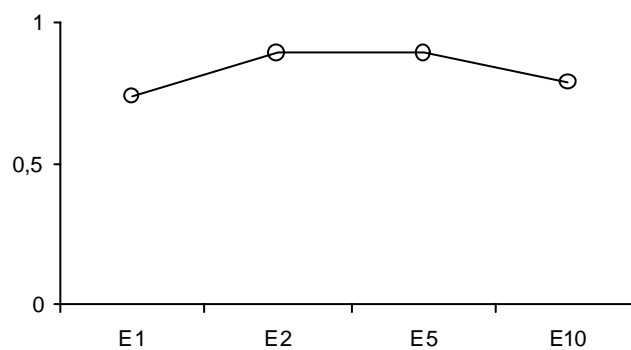
Se realizaron análisis previos para constatar que no existieron efectos de secuencia en la fase de aplicación y que el rendimiento de los participantes de ambas condiciones eran equivalentes, es decir, habían aprendido las categorías mediante un número de ensayos similar. Además, puesto que los participantes han podido establecer claramente los estímulos que forman ambas categorías, el efecto de secuencia previsible al utilizar estímulos unidimensionales queda controlado. Si el participante no confunde los estímulos, no será necesario que establezca una comparación con el estímulo precedente para evaluar el estímulo que se le presenta. De esta manera, las variaciones en las respuestas pueden atribuirse a la variación en la variable independiente, es decir, la posición en la escala del nuevo estímulo  $X$  que debe ser categorizado.

Para comprobar si los participantes habían aprendido las dos categorías utilizando un número de ensayos similar se realizó un ANOVA univariado con la condición experimental ( $E3$  ó  $E4$ ) como variable independiente y el número de ensayos como variable dependiente. Los resultados mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas;  $F_{1, 18} = 0,92$ ;  $p > 0,05$ , es decir, que el aprendizaje de ambas categorías se había producido con un número de ensayos similar. En la Figura 48 se aprecia la representación de las dos medias de cada condición ( $M_{E3} = 122,90$  y  $M_{E4} = 111,30$ ;  $DT_{E3} = 33,01$  y  $DT_{E4} = 19,33$ ).



**Figura 48** Número de ensayos medio según la condición experimental

Puesto que existía la posibilidad de un efecto de secuencia, efecto que se manifestaría en un incremento o un decremento de los tiempos de respuesta en un estímulo según su posición en la secuencia de aparición, se realizó un ANOVA mixto (variable entresujetos, condición; variable intrasujetos, estímulo) siendo la variable dependiente los tiempos medios de respuesta a cada estímulo: 1, 2, 5 y 10. Además, se correlacionó la respuesta a estos estímulos entre ambas condiciones. Si existiera algún grado de influencia del estímulo nuevo en los aprendidos, los tiempos deberían ser distintos y la correlación baja.



**Figura 49** Tiempo medio (en segundos) de respuesta por estímulo

Los resultados mostraron que la correlación entre ambas respuestas fue muy alta y significativa estadísticamente,  $r = 0,99$  ( $p < 0,05$ ). En el

ANOVA de medidas repetidas, no existió efecto de interacción estadísticamente significativo entre las dos variables independientes;  $\Lambda$  de Wilks: 0,85,  $F_{3,16} = 0,97$ ;  $p > 0,05$ . Tampoco resultaron estadísticamente significativas las diferencias entre las dos condiciones experimentales;  $F_{1,18} = 1,22$ ;  $p > 0,05$ . Sí se constataron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de respuesta a los cuatro estímulos;  $\Lambda$  de Wilks: 0,30,  $F_{3,16} = 12,34$ ;  $p < 0,05$ . Las medias por estímulo para ambas condiciones se representan en la Figura 49. El valor de las medias y las desviaciones típicas se detallan en la Tabla 6.

**Tabla 6** Medias y desviaciones típicas según estímulo y condición

Estímulo	Condición	Media	DT
1	E3	0,79	0,37
	E4	0,69	0,15
2	E3	0,97	0,44
	E4	0,81	0,17
5	E3	0,95	0,36
	E4	0,82	0,28
10	E3	0,87	0,43
	E4	0,79	0,16

Estos resultados mostraron que la respuesta a los estímulos aprendidos fue similar en ambas condiciones. No obstante, estas respuestas resultaron globalmente diferentes entre estímulos, para determinar entre qué pares de medias existían diferencias estadísticamente significativas se empleó el procedimiento de *Bonferroni* ( $\alpha = 0,05$ ), recomendado para los diseños de medidas repetidas (Pascual, Frías y García, 1996; pág. 202). Los resultados se resumen en la Tabla 7.



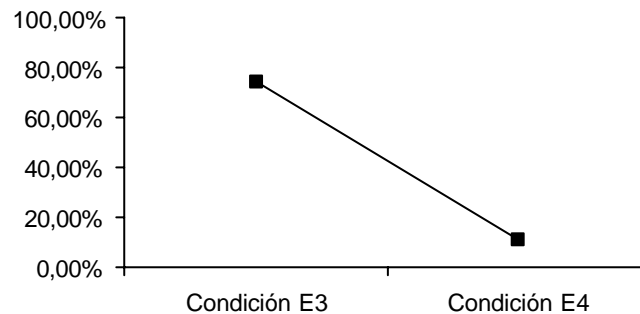
**Tabla 7** Probabilidad de error de tipo I para la prueba de Bonferroni entre pares de medias ( $\alpha=0,05$ )

	Media	E1	E2	E5	E10
E1	0,74	—			
E2	0,89	0,007	—		
E5	0,89	<0,001	1,000	—	
E10	0,79	0,335	0,348	0,116	—

La prueba de *Bonferroni* manifestó que la respuesta a los estímulos 1 y 10 fue similar, y que cada uno de éstos se diferenció estadísticamente de la respuesta a los estímulos 2 y 5, los cuales no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.

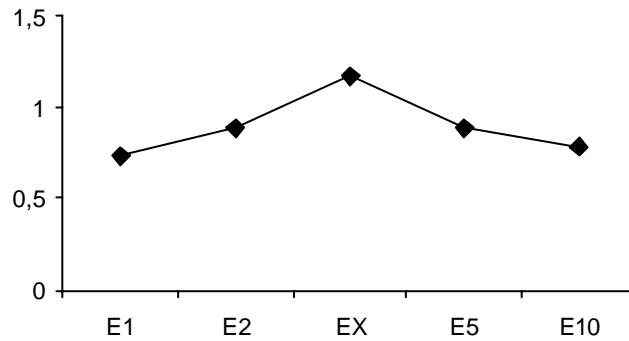
### Respuesta al estímulo X

Después de comprobar la equivalencia en la ejecución de los participantes, y de sus respuestas en ambas condiciones experimentales a los estímulos aprendidos en la fase previa, se analizó la influencia de la posición del estímulo X en la respuesta de los participantes. Para ello, se realizó un ANOVA en el que la variable dependiente era el porcentaje de respuesta “categoría A” en cada condición, siendo la variable independiente la condición experimental (*E3* y *E4*). Los resultados del ANOVA mostraron que los participantes respondieron en mayor porcentaje de ocasiones “categoría A” en la condición *E3* que en la condición *E4* siendo estas diferencias significativas estadísticamente ( $F_{1, 18} = 63,50$ ;  $p < 0,05$ ). La media de la condición *E3* fue de 74,50% mientras que la media del grupo *E4* fue de 11,50% ( $DT_{E3} = 22,17$ ;  $DT_{E4} = 11,55$ ). La representación gráfica de las medias se muestra en la Figura 50.



**Figura 50** Porcentaje de respuesta "categoría A" en cada una de las condiciones

Así pues, existieron diferencias estadísticamente significativas en la respuesta ante el estímulo  $X$  según la condición. Además, y aunque no se fijó un tiempo máximo de respuesta, se contrastó la posibilidad de que el tiempo de respuesta ante el nuevo estímulo fuera distinto en ambas condiciones, como un indicador de la dificultad de categorización del estímulo 3 y del 4 frente a los estímulos aprendidos. Se aplicó un ANOVA mixto (variable entresujetos, condición; variable intrasujetos, estímulo) siendo la variable dependiente los tiempos medios de respuesta a cada estímulo: 1, 2, 5, 10 y  $X$ , el nuevo estímulo. En el ANOVA de medidas repetidas, no existieron efectos estadísticamente significativos de interacción entre las variables independientes;  $\Lambda$  de Wilks: 0,77,  $F_{4,15} = 1,01$ ;  $p > 0,05$ . Tampoco resultaron significativas estadísticamente las diferencias entre las condiciones;  $F_{1,18} = 0,70$ ;  $p > 0,05$ . Así pues, no existieron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo empleado en responder al estímulo  $X$  entre la condición  $E3$  y  $E4$ . En cambio, si existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de respuesta a cada estímulo;  $\Lambda$  de Wilks: 0,22,  $F_{4,15} = 13,43$ ;  $p < 0,05$ . La media para la condición  $E3$  fue de 1,17 segundos mientras que la de la condición  $E4$  fue de 1,15 segundos ( $DT_{E3} = 0,52$ ;  $DT_{E4} = 0,39$ ), estas medias se representan en la Figura 51. En la Tabla 8 se detallan los resultados de la prueba de *Bonferroni*.



**Figura 51** Tiempo medio (en segundos) de respuesta por estímulo

**Tabla 8** Probabilidad de error de tipo I para la prueba de Bonferroni entre pares de medias ( $\alpha=0,05$ )

	Media	E1	E2	E5	E10	EX
E1	0,74	—				
E2	0,89	0,011	—			
E5	0,89	<0,001	1,000	—		
E10	0,79	0,559	0,580	0,116	—	
EX	1,16	<0,001	0,006	0,002	<0,001	—

Los resultados de la prueba de *Bonferroni* ( $\alpha = 0,05$ ) mostraron que el tiempo de respuesta al estímulo *X* fue significativa y estadísticamente mayor que el tiempo de respuesta empleado para los estímulos aprendidos. Los estímulos aprendidos, por su parte, se dividieron en dos grupos; el formado por los estímulos *1* y *10*, y el compuesto por el *2* y *5*, bs dos primeros se diferencian de los dos segundos, pero no existen diferencias estadísticamente significativas dentro de cada conjunto.

### Ajuste

Para comprobar la primera y la segunda de las hipótesis se calculó la predicción desde cada una de las teorías de categorización: ejemplares, límites y prototipo.

Cada una de las teorías consideradas evalúa la similitud entre el nuevo y las categorías de forma distinta, lo que influye en los pronósticos realizados por cada una de ellas. Así, para realizar una predicción desde la teoría de ejemplares es necesario saber la similitud entre el ejemplar nuevo y cada uno de los ejemplares vistos anteriormente. Ello supone almacenar en la memoria a largo plazo todos los ejemplares de todas las categorías. Con esta similitud, es posible calcular el parecido entre el nuevo ejemplar y cada categoría, y establecer con este dato una probabilidad de respuesta. Para la teoría del prototipo, las categorías quedan resumidas en un ejemplar prototípico que queda almacenado en memoria. La similitud del prototipo de cada categoría con el estímulo que se debe categorizar será la que determine la probabilidad de responder *A* o *B*. Para la teoría de límites, en cambio, se establece una serie de ejemplares límite para cada categoría, siendo estos límites los que se comparan con el nuevo ejemplar que se debe categorizar.

Para realizar las predicciones utilizaremos la siguiente expresión,

$$d_{ij} = c \left[ \sum_{k=1}^N w_k |X_{ik} - x_{jk}|^t \right]^{1/t} \quad [126]$$

Mediante dicha fórmula se ha calculado tanto la distancia entre *X* y los prototipos (en cuyo caso  $x_{jk}$  representa a los prototipos), la distancia entre *X* y el resto de ejemplares, ( $x_{jk}$  representaría a cada uno de los ejemplares vistos) y la distancia entre *X* y los ejemplares límite (donde  $x_{jk}$  representaría a cada ejemplar límite) utilizando tres parámetros: *w*, el cual puede variar de 0 a 1 y se refiere al peso o importancia de cada dimensión. Al tratarse de una sola dimensión *w* será igual a 1. El parámetro *t* hace referencia a la métrica utilizada para calcular las distancias entre dos puntos. Dicha métrica puede ser euclídea (es decir, *t* igual a 2 y estímulos con dimensiones integrales) o manhattan (*t* igual a 1, dimensiones separables). Al estar los estímulos formados por una dimensión, cualquiera de los dos valores proporciona el mismo resultado. Por último, el parámetro *c* refleja la discriminabilidad de los estímulos en la escala psicológica y puede tomar un valor de 0 a 20 (Smith y Minda, 1998). A mayor discriminación entre los estímulos, mayor valor deberá tomar el

parámetro. Tras conocer la distancia entre los ejemplares se calcula su similitud. Para ello, es necesario el parámetro  $r$ , que puede tomar un valor de 1 ó 2; el valor de 1 se usa con estímulos discriminables y el segundo para estímulos fácilmente confundibles. Mientras que  $r = 1$  corresponde a una gran decremento en la similitud cuando aumenta la distancia,  $r = 2$  a una disminución menos pronunciada. Así pues, se han variado los valores de los parámetros  $r$  y  $p$  de la siguiente expresión:

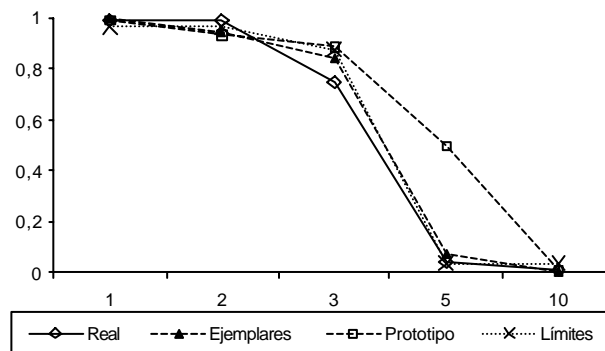
$$s_{ip} = e^{-d^r_{ij}} \quad [127]$$

Una vez calculada la similitud entre  $X$  y cada categoría, es posible calcular la probabilidad de que  $X$  sea asignado a la categoría  $A$ . En las tres teorías, la probabilidad de categorizar un estímulo en la categoría  $A$  es el cociente de la similitud entre esa categoría y el ejemplar nuevo, dividida por la suma de dicha similitud y la similitud hacia la categoría contraria.

Para cada una de las teorías se ha escogido un modelo con el que se realizarán las predicciones de cada marco teórico. Para la teoría de prototipo, se ha escogido un modelo sencillo en el que se calcula la similitud del ejemplar  $X$  con los prototipos de cada categoría (Minda y Smith, 2001). Para la teoría de ejemplares, el modelo que se empleará será el *CGM* (Nosofsky, 1986) simplificado para una dimensión, y en el que se calcula la similitud entre  $X$  y todos los ejemplares de cualquier categoría. Para la teoría de límites el modelo será una versión probabilística de límites óptimos (Ashby y Maddox, 1993) en el que se calculará la similitud entre  $X$  y los ejemplares límite de cada categoría.

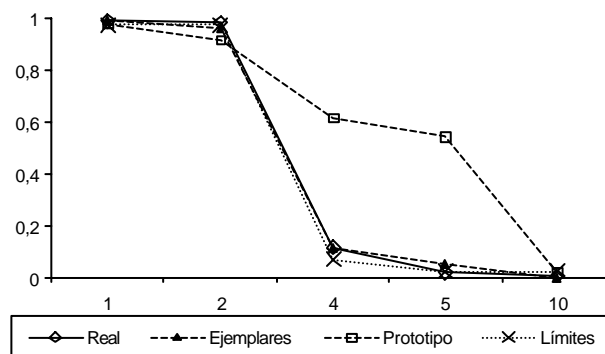
Para evaluar el ajuste de cada una de estas teorías se utilizarán dos sistemas de comparación y ajuste entre los pronósticos y los datos del experimento: *chi-cuadrado* y *máxima verosimilitud*. El primero mide el grado de similitud entre la matriz de predicciones y la matriz de datos. Por tanto, cuanto menor sea su valor, mejor será la predicción. Para calcular el valor del parámetro  $c$ , y siguiendo a Nosofsky, Clark y Shin (1989) se ha utilizado el logaritmo de máxima verosimilitud ( $\ln L$ ), es decir, el logaritmo de la probabilidad de los resultados observados, dadas las estimaciones de los parámetros. Así, se buscó el valor del parámetro  $c$  que maximizara este valor; por tanto, cuanto mayor sea el valor de  $\ln L$ , mejor será el ajuste entre la teoría y los

datos. Si bien es posible calcular el *AIC* (*Akaike Information Criterion*) empleando el valor obtenido de *ML*, en este caso ambos coeficientes son idénticos, dado que el número de parámetros es el mismo en todos los modelos. Ello evita, además, un sesgo positivo a favor de los modelos que incluyen un elevado número de parámetros (Myung, 2000).



**Figura 52** Resultados obtenidos y predicciones de cada una de las teorías en la condición E3 para la categoría A

Se comprobó que, tanto la escala física como la psicológica, son capaces de predecir los resultados de forma similar puesto que ambas escalas tienden a converger en este estudio, como puso de manifiesto la tarea de identificación. No obstante, se utilizó la escala psicológica porque representa cómo los estímulos son percibidos por los participantes, proporcionando más información.



**Figura 53** Resultados obtenidos y predicciones de cada una de las teorías en la condición E4 para la categoría A

En la Figura 52 y Figura 53 se muestra la probabilidad de respuesta a cada estímulo para la categoría A según la condición experimental. Además, se muestra las predicciones de cada una de las teorías para los mencionados estímulos. En la Tabla 9 se presentan los valores de los parámetros y de las pruebas de ajuste que se obtuvieron para cada modelo por condición experimental.

**Tabla 9** Valores de los parámetros y de los índices de ajuste por condición y modelo

Condición	Modelo	Parámetros				Ajuste del modelo	
		r	c	w	p	Valor chi-cuadrado	LnL
E3	Ejemplares	1	1,04	1	1	0,36 ( $p = 0,985$ )	-27,01
	Prototipo	1	0,51	1	1	5,61 ( $p = 0,231$ )	-141,11
	Límites	1	1,29	1	1	0,32 ( $p = 0,989$ )	-30,28
E4	Ejemplares	1	1,11	1	1	0,01 ( $p = 0,999$ )	-20,27
	Prototipo	1	0,41	1	1	17,47 ( $p = 0,002$ )	-254,96
	Límites	1	1,30	1	1	0,15 ( $p = 0,997$ )	-24,44

Los resultados mostraron un grado de ajuste similar entre la teoría de ejemplares y la de límites. Ambas teorías presentaban valores muy similares tanto en sus valores de *chi-cuadrado* como en sus valores de *ML* para las dos condiciones. En las dos condiciones, el ajuste de la teoría de prototipo fue peor que el ajuste que presentaron las otras dos teorías. Además, en la Figura 52 y Figura 53, se aprecia cómo este modelo se alejó más de los resultados obtenidos cuanto más cercanos se encontraban los estímulos al centro del continuo, llegando a predecir respuestas opuestas a las mostradas por los participantes (estímulos 4 y 5).

### Discusión

En este experimento se han puesto a prueba las teorías de categorización multidimensional en un contexto unidimensional. Para ello, se han adaptado sus supuestos a las características de los estímulos utilizados y, aplicando los procedimientos típicos de los estudios multidimensionales (desde, por ejemplo, Franks y Bransford, 1971), se ha presentado a los participantes dos categorías que debían

aprender, y a partir de las cuales debían categorizar un nuevo estímulo no percibido con anterioridad.

Los resultados obtenidos confirman las dos hipótesis formuladas y reproducen el patrón habitual en este tipo de investigaciones. Así, la teoría de ejemplares y la de límites predicen con mayor exactitud los resultados obtenidos, lo que confirma la primera de las hipótesis de este experimento. Ello contrasta con las desajustadas predicciones de la teoría del prototipo que confirman la segunda hipótesis de este experimento. Ello es debido a que esta última teoría, como se expuso en el capítulo anterior, es menos sensible a cualquier cambio que pueda producirse en el interior de una categoría, manteniendo siempre constantes los prototipos por más que la distribución de ejemplares por categoría sea marcadamente asimétrica. Por este motivo, algunos autores han propuesto nuevos modelos teóricos del prototipo en los que se amplía el concepto tradicional de prototipo (Minda y Smith, 2002). En los resultados obtenidos, además, se constata una vez más la misma paradoja descrita ampliamente en la categorización multidimensional: se produce un efecto de prototipo, que en éste caso se sitúan en los extremos (el estímulo *I* y *I0* son los que se identifican más rápidamente), pero la teoría del prototipo falla ostensiblemente al predecir la respuesta de los participantes.

La coincidencia entre los pronósticos obtenida en este experimento por las teorías de ejemplares y límites, que confirma la primera de las hipótesis, reproduce muchos de los resultados obtenidos en investigaciones de diferentes autores (Maddox y Ashby, 1998; McKinley y Nosofsky, 1996). Esta similitud puede llegar a ser tan alta que, de hecho, se ha propuesto que ambas teorías proponen modelos matemáticamente equivalentes (Ashby y Maddox, 1994; Cohen y Massaro, 1992). Esta equivalencia matemática, por tanto, podría explicar la gran semejanza entre los resultados obtenidos por estas dos teorías en este experimento; ya que, ambas teorías, tienen en cuenta los ejemplares que constituyen los límites de las categorías, límites de gran peso —debido a su proximidad al nuevo ejemplar— en el cálculo de las probabilidades de categorización.

Los resultados de este experimento se han obtenido con un conjunto determinado de estímulos. Los estímulos empleados se encuentran en la zona inferior del continuo; en la que, como se aprecia en la Figura 47, los estímulos que limitan las categorías se encuentran



muy próximos a los estímulos nuevos, lo que podría explicar la tendencia mayoritaria hacia una u otra categoría en ambas condiciones. Además, los estímulos de la zona inferior tienden a distinguirse con mayor facilidad, como mostraron los resultados de la identificación.

Para comprobar si los resultados obtenidos podían replicarse utilizando estímulos más confusos y más alejados de los estímulos que limitan las categorías se realizó el siguiente experimento.

### Experimento 3: Categorización del segmento superior

Los resultados del experimento anterior muestran que las teorías de ejemplares y límites predicen, con estímulos unidimensionales, la respuesta de los participantes de forma tan ajustada como en los trabajos realizados con estímulos multidimensionales (Minda y Smith, 2002).

Los resultados de la identificación mostraron que los estímulos situados en la parte superior de la escala presentan mayor similitud entre sí que los situados en el extremo de la izquierda. Así pues, se considera necesario comprobar si las predicciones de las teorías de categorización difieren en su grado de ajuste cuando la zona de incertidumbre se sitúa en la parte superior del continuo. Esta zona de incertidumbre que utilizaremos será simétrica a la del experimento anterior estando las categorías formadas por los estímulos 1 a 6 (*categoría A*) y los estímulos 9 a 10 (*categoría B*).

Utilizando los estímulos situados en el extremo derecho del continuo es posible comprobar si un incremento en la similitud de los estímulos utilizados afecta al ajuste de cada una de las teorías aquí consideradas. En efecto, puesto que la probabilidad teórica de que un estímulo pertenezca a cierta categoría depende de la similitud de dicho ejemplar con las categorías ya percibidas —similitud que, en general, es mayor en el extremo superior del continuo—, este experimento permite verificar si los ajustes obtenidos en el extremo inferior del continuo se replican utilizando estímulos situados en el extremo superior, y comprobar si las teorías de categorización son sensibles al consecuente incremento en la similitud de los estímulos empleados. Es

de esperar que, cómo en el experimento anterior y por idénticos motivos, las teorías de ejemplares y límites ajusten de forma similar y más acertadamente que la teoría de prototipo.

La *primera hipótesis* del presente experimento es que, al igual que en el experimento anterior, la teoría de límites y la de ejemplares coincidirán casi exactamente en sus predicciones, siendo sus pronósticos muy ajustados a los resultados.

La *segunda de las hipótesis* es que la teoría de prototipo presentará un elevado grado de error en sus predicciones, llegando a predecir respuestas opuestas a las teorías de ejemplares y límites.

## **Método**

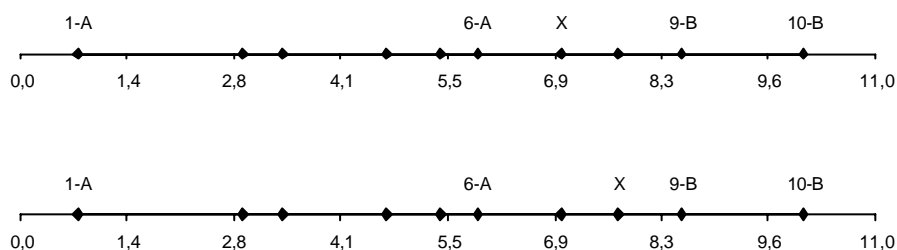
En este apartado se expone las características de los participantes, de los aparatos y materiales utilizados en el mismo.

### **Participantes**

El rango de edad de los participantes fue de 18 a 48 años ( $M = 27,30$ ,  $DT = 8,38$ ). Todos los participantes en este experimento presentaban una visión normal o corregida. Cada participante fue asignado aleatoriamente a cada una de las condiciones experimentales compuestas por 10 participantes. Dos de los participantes, uno por condición, no pudieron completar la tarea después de 1000 y 1002 ensayos.

### **Aparatos y materiales**

Los estímulos empleados por condición eran 5 líneas verticales correspondientes a los estímulos 1, 6, 7, 8, 9 y 10 de la escala física. En la Figura 47 se representa su posición en el continuo psicológico. Todos los estímulos se presentaron centrados en la pantalla para evitar que los participantes tomaran los límites de la misma como referencia.



**Figura 54** Estímulos utilizados (letras mayúsculas) y categoría a la que pertenecen en la condición E7 (arriba) y E8 (abajo) en el experimento 3

Los sujetos se situaban a 40 cm de la pantalla y debían pulsar los números del teclado numérico para categorizar los estímulos.

### Procedimiento y diseño

El experimento constaba de dos fases: una de identificación y otra de categorización. El procedimiento seguido fue idéntico al del experimento anterior. En la Figura 54 se presentan los estímulos utilizados.

El experimento constaba de dos condiciones: *Condición E7* y *Condición E8*. En ambas condiciones, la categorización se dividía en dos partes: una primera de aprendizaje y otra de aplicación. La *Condición E7* corresponde a la presentación del estímulo 7 para ser categorizado, mientras que la *Condición E8* se refiere a la presentación del estímulo 8 en la fase de categorización.

### Instrucciones

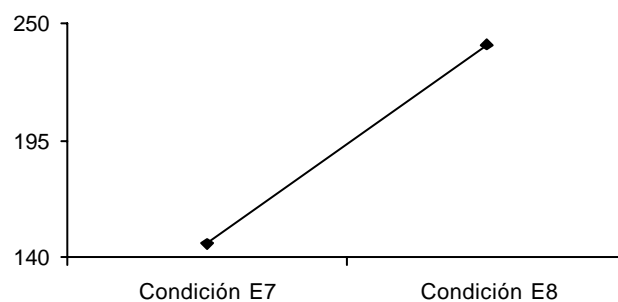
Se instruyó a los participantes de la misma forma que en el experimento anterior.

### Resultados

Como en el experimento anterior, se realizaron análisis previos para comprobar que no existían efectos de secuencia en la fase de aplicación y que los participantes de las dos condiciones eran equivalentes, es decir, habían aprendido ambas categorías mediante un número de ensayos similar. Además, como los participantes han

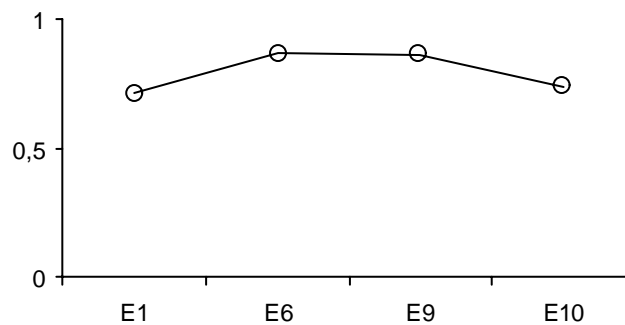
podido establecer claramente los estímulos en la fase de práctica, el posible efecto de secuencia queda anulado o es mínimo. Si el participante no confunde los estímulos, no será necesario que establezca una comparación con el estímulo precedente para evaluar el estímulo que se le presenta. De esta forma, cualquier variación en la respuesta es posible atribuirla a la variación en la posición en la escala del estímulo que debe ser categorizado.

Con el fin de comprobar si los participantes habían aprendido ambas categorías con un número de ensayos similar se realizó un ANOVA univariado con la condición experimental (*E7* o *E8*) como variable independiente y el número de ensayos como variable dependiente. Los resultados mostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas ( $F_{1, 18} = 1,43$ ;  $p > 0,05$ ), es decir, que el aprendizaje de ambas categorías se produjo en un número de ensayos similar. En la Figura 55 se representan las medias de las dos condiciones experimentales ( $M_{E7} = 146,60$  y  $M_{E8} = 240,40$ ;  $DT_{E7} = 64,94$  y  $DT_{E8} = 239,72$ ). Es de destacar que uno de los participantes de la condición *E8* necesitó de 900 ensayos para aprender a distinguir ambas categorías, lo que incrementó considerablemente la variabilidad de dicho grupo. No obstante, las diferencias entre ambas condiciones resultaron igualmente no significativas estadísticamente eliminando del análisis a dicho participante. Por tanto, la variabilidad excepcional ocasionada por este participante no debió suponer una pérdida de potencia estadística que afectara al resultado.



**Figura 55** Número de ensayos medio según la condición experimental

Dada la posibilidad de que se produjera un efecto de secuencia, que se manifestaría en un incremento o un decremento de los tiempos de respuesta en un estímulo según su posición en la secuencia de aparición, se realizó un ANOVA mixto (variable entresujetos, condición; variable intrasujetos, estímulo) siendo la variable dependiente los tiempos medios de respuesta a cada estímulo: 1, 6, 9 y 10. Además, se correlacionó la respuesta a estos estímulos entre ambas condiciones. Si existiera algún grado de influencia del estímulo nuevo en los aprendidos, los tiempos deberían ser distintos y la correlación baja.



**Figura 56** Tiempo medio (en segundos) de respuesta por estímulo

Los resultados mostraron que la correlación entre ambas respuestas fue muy alta y estadísticamente significativa,  $r = 0,99$  ( $p < 0,05$ ). En el ANOVA de medidas repetidas, no existieron efectos de interacción entre las variables independientes;  $\Lambda$  de Wilks: 0,72,  $F_{3,16} = 2,01$ ;  $p > 0,05$ . Las diferencias entre las condiciones no resultaron estadísticamente significativas;  $F_{1,18} = 0,27$ ;  $p > 0,05$ . Sí que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de respuesta a los estímulos;  $\Lambda$  de Wilks: 0,36,  $F_{3,16} = 9,43$ ;  $p < 0,05$ . Las medias de los estímulos para ambas condiciones se representan en Figura 56. El valor de las medias y las desviaciones típicas por estímulo y condición se detallan en la Tabla 10. En la Tabla 11 se muestran los resultados de la prueba de Bonferroni.

**Tabla 10** Medias y desviaciones típicas según estímulo y condición

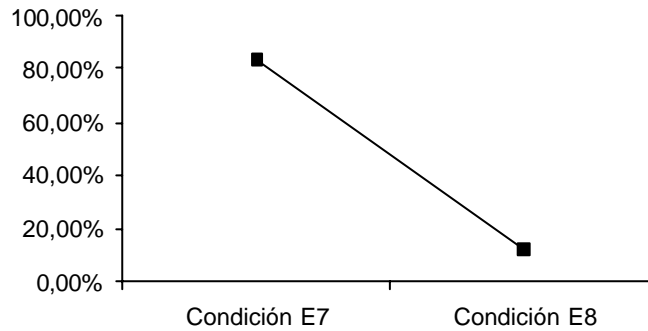
Estímulo	Condición	Media	DT
1	E7	0,73	0,22
	E8	0,70	0,16
6	E7	0,84	0,21
	E8	0,89	0,25
9	E7	0,93	0,27
	E8	0,79	0,31
10	E7	0,77	0,23
	E8	0,70	0,20

**Tabla 11** Probabilidad de error de tipo I para la prueba de Bonferroni entre pares de medias ( $\alpha = 0,05$ )

	Media	E1	E2	E5	E10
E1	0,71	—			
E6	0,87	<0,001	—		
E9	0,86	0,016	1,000	—	
E10	0,74	1,000	0,007	0,016	—

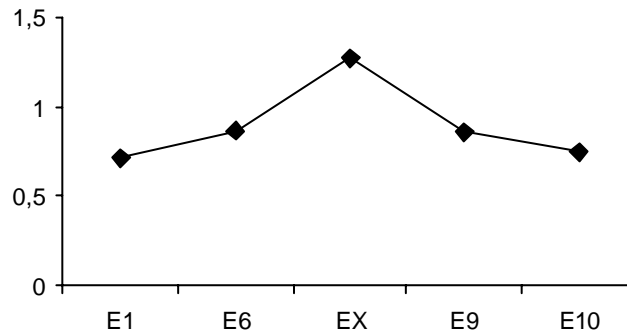
### Respuesta al estímulo X

Una vez comprobada la equivalencia de los participantes y de las respuestas en ambas condiciones, se analizó la influencia de la posición del estímulo en la respuesta de los participantes. Para ello, se realizó un ANOVA en el que la variable dependiente era el porcentaje de respuesta “categoría A” en cada condición, siendo el factor fijo la condición experimental (E7 y E8). Los resultados del ANOVA mostraron que los participantes respondieron en mayor porcentaje de ocasiones “categoría A” en la condición E7 que en la condición E8 siendo estas diferencias estadísticamente significativas ( $F_{1, 18} = 182,97$ ;  $p < 0,05$ ). La media de la condición E7 fue de 84,00% mientras que la media del grupo E8 fue del 70,00% ( $DT_{E7} = 11,73$ ;  $DT_{E8} = 12,06$ ). La representación gráfica de estas medias se muestra en la Figura 57.



**Figura 57** Porcentaje de respuesta “categoría A” en cada una de las condiciones

Aunque no existió un tiempo máximo de respuesta, se contrastó la posibilidad de que el tiempo de respuesta ante el nuevo estímulo fuera distinto en ambas condiciones, como un indicador de la dificultad de categorización del estímulo 7 y del 8 frente a los estímulos aprendidos. Se aplicó un ANOVA mixto (variable entresujetos, condición; variable intrasujetos, estímulo) siendo la variable dependiente los tiempos medios de respuesta a cada estímulo: 1, 6, 9 y 10 y X, el nuevo estímulo. En el ANOVA de medidas repetidas, no existieron efectos de interacción entre las variables independientes;  $\Lambda$  de Wilks: 0,61,  $F_{4,15} = 2,44$ ;  $p > 0,05$ , ni tampoco resultaron estadísticamente significativas las diferencias entre las dos condiciones experimentales;  $F_{1,18} = 0,67$ ;  $p > 0,05$ . Una vez más, se constataron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de respuesta a los estímulos;  $\Lambda$  de Wilks: 0,35,  $F_{4,15} = 6,88$ ;  $p < 0,05$ . La media para la condición E7 fue de 1,43 segundos mientras que la de la condición E8 fue de 1,11 segundos ( $DT_{E3} = 0,70$ ;  $DT_{E4} = 0,70$ ), estas medias, junto con las del resto de estímulos, se representan en la Figura 58. En la Tabla 12 se detallan las pruebas de Bonferroni.



**Figura 58** Tiempo medio (en segundos) de respuesta por estímulo

**Tabla 12** Probabilidad de error de tipo I para la prueba de Bonferroni entre pares de medias ( $\alpha = 0,05$ )

	Media	E1	E2	E5	E10	EX
E1	0,71	—				
E2	0,87	<0,001	—			
E5	0,86	0,026	1,000	—		
E10	0,74	1,000	0,012	0,026	—	
EX	1,27	0,004	0,024	0,030	0,006	—

Los resultados de la prueba de *Bonferroni* muestra que existen diferencias significativas estadísticamente entre el nuevo estímulo y los estímulos aprendidos: el tiempo para el nuevo estímulo es siempre mayor que el tiempo empleado para el resto de estímulos categorizados. El estímulo 1 y 10 no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, como tampoco el 2 y el 5. Sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos primeros y los dos últimos.

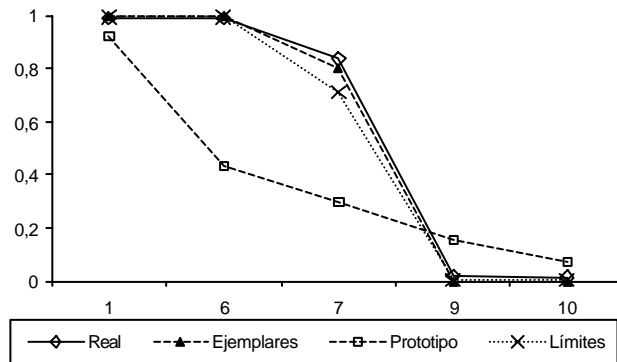
### Ajuste

Con el fin de comprobar la primera de las hipótesis se calculó la predicción desde cada una de las teorías de categorización: ejemplares, límites y prototipo. Como en el experimento anterior, aunque se consideraron los valores de la escala física, fueron

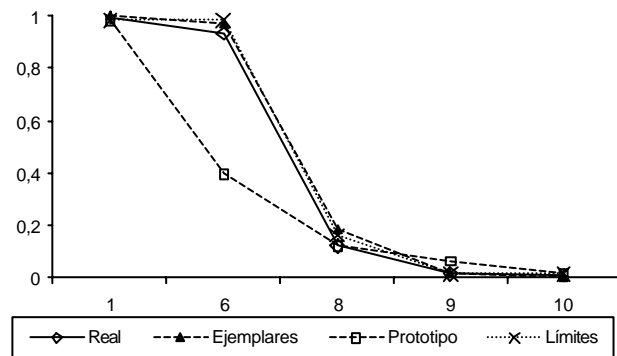


descartados debido a su gran similitud con las predicciones realizadas con los valores de la escala psicológica. Los resultados de los ajustes realizados contrastarán la segunda de las hipótesis.

Para calcular los pronósticos de cada una de las teorías se procedió de la misma forma que en el experimento anterior utilizándose la escala psicológica. Al igual que en el experimento anterior, cada una de las teorías se evaluó mediante *chi-cuadrado* y *ML*.



**Figura 59** Resultados obtenidos y predicciones de cada una de las teorías en la condición E7 para la categoría A



**Figura 60** Resultados obtenidos y predicciones de cada una de las teorías en la condición E8 para la categoría A

En la Figura 59 y Figura 60 se muestra la probabilidad de respuesta a cada estímulo para la categoría A según la condición experimental. Además, se muestra las predicciones de cada una de las teorías para los mencionados estímulos. En la Tabla 13 se muestra los valores de

los parámetros y de las pruebas de ajuste para cada modelo por condición experimental.

**Tabla 13** Valores de los parámetros y de los índices de ajuste por condición y modelo

Condición	Modelo	Parámetros				Ajuste del modelo	
		r	c	w	p	Valor chi-cuadrado	lnL
E7	Ejemplares	1	3,00	1	1	0,01 ( $p = 1,000$ )	-82,72
	Prototipo	1	0,27	1	1	>18,70 ( $p < 0,001$ )	-338,04
	Límites	1	1,90	1	1	0,14 ( $p = 0,998$ )	-84,00
E8	Ejemplares	1	1,41	1	1	0,01 ( $p = 0,999$ )	-17,18
	Prototipo	1	0,43	1	1	19,41 ( $p = 0,001$ )	-250,17
	Límites	1	1,66	1	1	0,01 ( $p = 0,999$ )	-11,27

Los resultados de este experimento mostraron, de nuevo, un grado de ajuste similar entre la teoría de ejemplares y la de límites. Ambas teorías presentaron valores muy similares tanto en el cálculo de *chi-cuadrado* como en sus valores de *ML* para las dos condiciones. En las dos condiciones, el ajuste de la teoría de prototipo fue peor que el ajuste que presentaron las otras dos teorías. Además, en la Figura 59 y Figura 60, se aprecia cómo este modelo se alejó de los resultados obtenidos, llegando incluso a predecir respuestas opuestas a las mostradas por los participantes.

## Discusión

Los resultados del experimento confirman las dos hipótesis planteadas. Así, la teoría de ejemplares y la de límites presentaron casi idéntico grado de ajuste entre sus predicciones y las respuestas emitidas por los participantes. En cambio, para la teoría del prototipo la situación fue la contraria, se produjo una disminución de la exactitud de sus predicciones con respecto al experimento anterior.

La respuesta de los participantes a los nuevos estímulos siguió una tendencia similar a la de los resultados obtenidos en el experimento 2. Así, la categorización de estos estímulos se inclina mayoritariamente por una de las categorías —*A* para el estímulo 7 y categoría *B* para el estímulo 8— como sucedía con los estímulos 3 y 4. En ambos

experimentos, y pese a la diferencia en las características de los estímulos empleados, la teoría de ejemplares y la de límites presentan ajustes muy similares, lo que hace difícil afirmar cual de ellas representa con mayor propiedad el proceso de categorización unidimensional. En efecto, los ajustes obtenidos en ambos experimentos demuestran la flexibilidad de la teoría de ejemplares y de la de límites para predecir la respuesta de los participantes, incluso si se produce un incremento en la similitud y una disminución en la discriminación de los estímulos presentados.

Es bien conocido que cuando se incrementa la similitud entre los estímulos que deben categorizarse (o disminuye la información transmitida, Mori, 1995) los efectos de secuencia tienden a aumentar (Holland y Lockhead, 1968). De hecho, y dada la gran similitud entre estímulos unidimensionales, las teorías que estudian la categorización de este tipo de estímulos (Treisman y Williams, 1984) tienden a centrarse en distintos efectos de secuencia, efectos que son mayores: asimilación y contraste (Lacouture, 1997). En cambio, en los experimentos realizados hasta ahora, estos efectos parecen no existir o son mínimos. En los dos experimentos, las respuestas de los participantes presentan una tendencia similar pese a que los estímulos que han aprendido son muy diferentes entre sí; en el *experimento 2*, la *categoría A* llegaba hasta el estímulo 2 mientras que en el *experimento 3* llegaba hasta el 6; en el *experimento 2*, la *categoría B* comenzaba en el estímulo 9 mientras que en el *experimento 3* lo hacía en el estímulo 5. Además, y puesto que los participantes han podido aprender bastante bien las categorías que se le presentan, debido al rígido criterio impuesto para pasar a la fase de aplicación, se ha podido controlar un posible efecto de secuencia. De esta forma, y teniendo en cuenta posibles errores en la percepción, es posible analizar la respuesta a los nuevos estímulos únicamente según lo que han aprendido los participantes en la fase de práctica.

En suma, los resultados de ambos experimentos muestran que las respuestas de los participantes pueden ser predichas con considerable acierto por la teoría de ejemplares y de límites aunque la similitud y la situación (en el extremo superior o en el inferior) de los estímulos empleados puedan variar. Sin embargo, tanto en el *experimento 2* como en el 3, el estímulo nuevo que debe ser categorizado se encuentra dentro de la zona de incertidumbre. Para comprobar qué

ocurre si el nuevo estímulo se sitúa fuera de ella, se realizó el siguiente experimento.

## Experimento 4: Categorización sin incertidumbre

Los experimentos de categorización anteriores, plantearon una situación de incertidumbre en la que el nuevo estímulo siempre se situaba dentro de la zona de incertidumbre, mostrando que la categorización de dicho estímulo podía variar según la distancia que le separaba de cada una de las categorías. En los experimentos anteriores, los estímulos a categorizar se situaban más cerca de los límites de alguna de las categorías —por ejemplo, el estímulo 4 se situaba junto al 5 (que pertenecía a la categoría B) en la condición E4 el experimento 2— que de cualquier otro ejemplar de esa misma categoría.

Con el presente experimento, se pretende estudiar, por una parte, la categorización de estímulos fuera de la zona de incertidumbre; y, por otra parte, la categorización de nuevos estímulos cuando se encuentran situados a gran distancia de los estímulos que constituyen los límites de las categorías. El objetivo de este experimento es conocer cómo estas variaciones afectan a las predicciones realizadas por cada teoría.

El concepto de zona de incertidumbre es clave en el desarrollo teórico que se presenta en este trabajo, al postular que las teorías de categorización son sensibles a la situación de los nuevos estímulos en relación a la misma. La categorización de un estímulo situado en una zona de incertidumbre, desde el marco teórico que desarrollamos en este trabajo, será siempre probabilística, como han mostrado los resultados y como predicen las teorías de categorización (con mayor o menor exactitud debido a la presencia de errores de precisión). Además, cuando los estímulos que se deben categorizar se sitúan en la zona de incertidumbre —como en los experimentos desarrollados hasta el momento—, las teorías de ejemplares y límites presentarán similares predicciones debido a que los límites de las categorías (empleados en los cálculos de ambas teorías) son siempre los más cercanos al estímulo nuevo y, por tanto, los de mayor peso.

Una forma de alejar el estímulo nuevo, a categorizar, de los estímulos límite es situarlo fuera de la zona de incertidumbre. Cuando el nuevo ejemplar se encuentra fuera de la zona de incertidumbre, desde el marco teórico que hemos planteado, su categorización debe ser siempre correcta —al margen de errores de percepción— ya que se conoce la categoría a la que pertenece aplicando el principio de desigualdad transitiva. La similitud entre los pronósticos de la teoría de ejemplares y la de límites debería ser menor al haber variado la posición del estímulo en los términos mencionados.

Por otra parte, para constatar que, a partir del orden existente entre los estímulos y las categorías, es posible clasificar correctamente los estímulos, como hemos propuesto, en este experimento se presentan 25 estímulos nuevos en una escala distinta a la de identificación y que no se han presentado en la fase de identificación. Así, se desconoce la posición de estos estímulos en la escala psicológica aunque es conocida su posición en la escala física; ya que, a partir de dicha escala, se ha establecido el valor de los mismos. De esta forma, podemos conocer la forma en que los participantes distribuyen las categorías a lo largo del continuo unidimensional. Es de esperar que la distribución de los estímulos en las categorías se base, simplemente, en el orden que los participantes proporcionan a los estímulos. La tarea de identificación para esta situación sería muy difícil (el número de estímulo prácticamente se triplica con respecto al *experimento 1*); sin embargo, aplicando el principio de desigualdad transitiva se deberían distribuir los estímulos por las categorías fácilmente, al menos los que se situaran en las zonas de certidumbre que implican los estímulos de prueba de este experimento. El éxito en esta tarea implica que el principio de desigualdad transitiva es válido para explicar procesos de categorización que van más allá de los típicos ejemplares.

La *primera hipótesis* del experimento es que el sentido general de las teorías de ejemplares y de límites tenderá a ser el mismo. La teoría de prototipo seguirá presentando predicciones distintas a las dos anteriores.

La *segunda hipótesis* es que las categorías se distribuirán en el continuo unidimensional de acuerdo con el orden que guardan los estímulos en la escala.

## Método

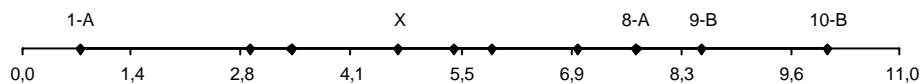
En este apartado se expone las características de los participantes, de los aparatos y materiales utilizados en el mismo.

### Participantes

Los participantes fueron 12, de edades comprendidas entre los 19 y los 45 años ( $M = 27,00$ ,  $DT = 7,49$ ). Todos los participantes en este experimento presentaban una visión normal o corregida. Dos de los participantes no pudieron completar la tarea después de 1212 y 1300 ensayos.

### Aparatos y materiales

Los estímulos empleados por condición eran 5 líneas verticales correspondientes a los estímulos 1, 4, 8, 9 y 10 de la escala física. Además, el continuo físico se dividió en 27 partes iguales lo que proporcionó un total de 25 nuevos estímulos decimales (1, 1,35, 1,69, etc. hasta 10, de la escala física). En la Figura 61 se muestra la posición en el continuo psicológico de los estímulos 1, 4, 8, 9 y 10. Una vez más, todos los estímulos se presentaron centrados en la pantalla para evitar que los participantes tomaran los límites de la misma como referencia.



**Figura 61** Estímulos utilizados (letras mayúsculas) y categoría a la que pertenecen en el experimento 4

### Procedimiento y diseño

La categorización se dividía en dos partes: una primera de aprendizaje y otra de aplicación. El procedimiento seguido fue idéntico a los anteriores, lo único que variaba fue que los nuevos estímulos decimales fueron añadidos al final de la fase de aplicación (en la que se habían categorizado los estímulos 1, 4, 8, 9 y 10), siendo presentados de forma aleatoria un total de 3 veces cada uno de ellos. En la Figura 61 se presentan los estímulos 1, 4, 8, 9 y 10, utilizados en

la fase de aplicación. El experimento constaba de una única condición 4E.

### **Instrucciones**

Se instruyó a los participantes de la misma forma que en los experimentos anteriores.

### **Resultados**

Aunque únicamente existió una condición y la finalidad de este experimento era comprobar las predicciones de las teorías de categorización, para un estímulo fuera de la zona de incertidumbre y alejado de los estímulos aprendidos, se realizaron los mismos análisis previos que en los experimentos previos.

### **Ensayos previos**

La media de ensayos utilizados para aprender las dos categorías fue de 364,90 (DT= 208,40). Como en los experimentos anteriores, al poder los participantes establecer claramente los estímulos de ambas categorías, el posible efecto de secuencia queda anulado o es mínimo. Si el participante no confunde los estímulos, no será necesario que establezca una comparación con el estímulo precedente para evaluar el estímulo que se le presenta.

### **Respuesta los estímulos**

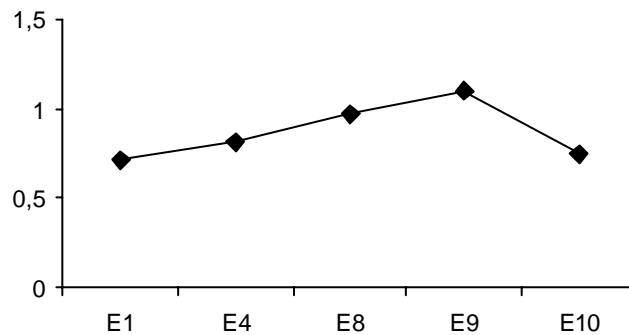
Para comprobar si existieron diferencias en la dificultad para categorizar los estímulos, se realizó un ANOVA de medidas repetidas (variable intrasujetos, estímulo) siendo la variable dependiente los tiempos medios de respuesta a cada estímulo: 1, 4, 8, 9 y 10. Mientras que, habitualmente, es de esperar que el nuevo estímulo tarde más en ser categorizado que los aprendidos en la primera fase, en este caso y según se deriva del planteamiento teórico de este trabajo, la previsión es que se categorice antes porque se encuentra fuera de la zona de incertidumbre y alejado del límite. Si que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de respuesta a los estímulos;  $\Lambda$  de Wilks: 0,10,  $F_{4,6} = 14,13$ ;  $p < 0,05$ . Las medias por estímulo se representan en la Figura 62. El valor de las medias y las desviaciones típicas se detallan en la Tabla 14.

**Tabla 14** Medias y desviaciones típicas según estímulo y condición

Estímulo	Media	DT
1	0,71	0,12
4	0,82	0,25
8	0,97	0,20
9	1,10	0,23
10	0,75	0,17

**Tabla 15** Probabilidad de error de tipo I para la prueba de Bonferroni entre pares de medias ( $\alpha=0,05$ )

	Media	E1	E4	E8	E9	E10
E1	0,71	—				
E4	0,82	0,605	—			
E8	0,97	<0,001	0,029	—		
E9	1,10	0,004	0,042	1,000	—	
E10	0,75	1,000	1,000	0,001	0,008	—



**Figura 62** Tiempo medio (en segundos) de respuesta por estímulo

La prueba de *Bonferroni* mostró que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre el nuevo estímulo (el 4) y el estímulo 1 ó el 10. A los tres estímulos se respondió en un tiempo similar. Lo mismo sucedió con los estímulos 8 y 9, no presentaron diferencias estadísticamente significativas. En cambio, si existieron

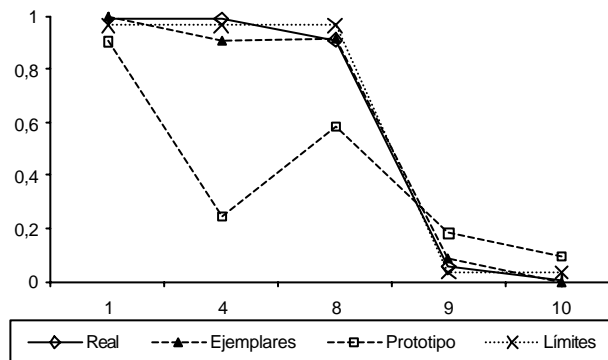


diferencias estadísticamente significativas entre estos dos últimos y cualquiera de los primeros tres citados. Destaca el hecho de que el nuevo estímulo 4 fuera categorizado más rápidamente que un estímulo conocido como era el 9 y el 8.

### Ajuste

Para comprobar la primera de las hipótesis se calculó la predicción desde cada una de las teorías de categorización: ejemplares, límites y prototipo. Como en los experimentos precedentes, aunque se consideraron los valores de la escala física, fueron descartados debido a su gran similitud con las predicciones realizadas con los valores de la escala psicológica. Los resultados de estas predicciones contrastarán la segunda hipótesis.

Para calcular los pronósticos de cada una de las teorías se procedió de la misma manera que en los experimentos anteriores utilizándose la escala psicológica. Cada una de las teorías se evaluó mediante *chi-cuadrado* y *ML*.



**Figura 63** Resultados obtenidos y predicciones de cada una de las teorías en el experimento 4 para la categoría A

En la Figura 63 se muestra la probabilidad de respuesta a cada estímulo para la categoría A. Además, se presentan las predicciones de cada una de las teorías para los mencionados estímulos. En la Tabla 16 se muestra los valores de los parámetros y de las pruebas de ajuste para cada modelo en este experimento.

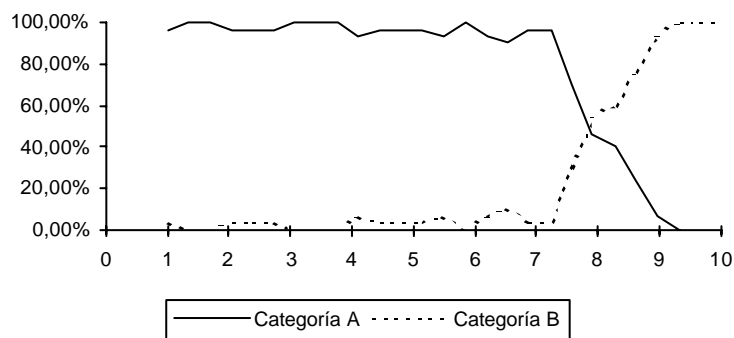
**Tabla 16** Valores de los parámetros y de los índices de ajuste por modelo

Modelo	Parámetros				Ajuste del modelo	
	r	c	w	p	Valor chi-cuadrado	lnL
Ejemplares	1	2,83	1	1	0,68 ( $p = 0,953$ )	-54,44
Prototipo	1	0,24	1	1	>18,70 ( $p < 0,001$ )	-358,89
Límites	1	4,08	1	1	0,37 ( $p = 0,985$ )	-26,24

En este experimento el ajuste de la teoría de ejemplares y la de límites fueron los más acertados, seguidas de la teoría de prototipo que, de nuevo, volvió a ser la que peor pronosticó los resultados. No obstante, y al contrario que en los dos experimentos anteriores, la teoría de ejemplares mostró peor ajuste tanto si este se evalúa mediante *chi-cuadrado* como si se emplea *ML*. En la Figura 63, destaca la falta de ajuste entre la teoría del prototipo y los resultados obtenidos

### Aprendizaje de las categorías

Para comprobar la tercera hipótesis se utilizaron los estímulos decimales añadidos al terminar la habitual fase de aplicación, los cuales pueden informarnos de la percepción de las categorías. Para observar esta zona, se han representado los porcentajes de respuestas de A y B a cada uno de estos estímulos en la Figura 64.



**Figura 64** Representación de los porcentajes de respuesta a los estímulos decimales en la condición 4E

En los porcentajes de respuesta a los 25 nuevos estímulos, y el estímulo 1 y 10 que también se incluyeron en esta secuencia (Figura 64), se aprecia que el porcentaje de respuesta “categoría A” es prácticamente del 100 por 100 hasta el valor 7 del continuo; sucediendo lo mismo con la respuesta “categoría B” a partir del estímulo 9. El cambio de tendencia en la respuesta se produce alrededor del valor 8. Por lo tanto, los participantes parecen situar la zona de incertidumbre entre el valor 7,5 y 8,5. Así pues, se podría predecir correctamente la categorización de la mayoría de los estímulos presentados a partir de su orden en la escala, de hecho sería posible predecir la respuesta (categoría) a todos los estímulos salvo el número 8.

## **Discusión**

Los resultados obtenidos en este experimento, confirmaron las dos primeras hipótesis formuladas. Así, en este experimento la teoría de ejemplares y la de límites presentan un buen grado de ajuste a los resultados obtenidos; seguidas, a considerable distancia, por la teoría del prototipo, confirmándose, por tanto, la primera de las hipótesis. Es destacable, además, que la teoría de límites ofrece mejores índices de ajuste que la teoría de ejemplares. En cuanto a la segunda hipótesis, los resultados confirmaron que los participantes categorizan los estímulos según el orden que guardan entre ellos; por tanto, las respuestas de los participantes podrían predecirse a partir de la propiedad de desigualdad transitiva.

La categorización del nuevo estímulo se aproxima al 100,00%. Este resultado, pronosticado por nuestro enfoque teórico, se produce debido a que, el estímulo que debe categorizarse, se encuentra fuera de la zona de incertidumbre; cuando esto ocurre es de esperar que la asignación a cierta categoría presente una probabilidad cercana a 1,00. Las teorías de ejemplares y de límites también pronostican este resultado; si bien, en este experimento, difieren en su grado de ajuste. Así, la teoría de límites presenta valores *ML* muy elevados en comparación con la de ejemplares, invirtiendo la tendencia de los experimentos anteriores en los que la teoría de ejemplares siempre presentaba valores ligeramente superiores a los del modelo de límites. Rouder y Ratcliff (2004), también encuentran que la teoría de límites

predice de forma más acertada la respuesta de los participantes cuando la categorización se realiza con estímulos confusos mientras que la teoría de ejemplares predice mejor sus resultados cuando se emplean estímulos discriminables.

La categorización del estímulo nuevo, junto con la asignación de los 25 estímulos nuevos, apoya la existencia de una categorización basada en el orden y, por tanto, confirma que la propiedad transitiva de los estímulos puede explicar el proceso por el cual se discriminan los infinitos estímulos que contiene el continuo unidimensional. En el experimento siguiente, aplicaremos este mismo principio en una nueva situación de categorización. En ella, el estímulo también se sitúa fuera de la zona de incertidumbre y una de las categorías no es conocida por los participantes.

## **Experimento 5: Categorización con incertidumbre parcial**

Hasta este momento, se han analizado diferentes situaciones de categorización que tenían una característica común: en todas ellas, el participante conocía en mayor o menor medida las categorías a las que debía asignar el nuevo estímulo. En este experimento, sin embargo, se presenta una situación en la que el participante no ha percibido ningún estímulo de una de las categorías durante la fase de aprendizaje.

Este tipo de situación es poco habitual en los experimentos de categorización. En efecto, en la fase de aprendizaje de los experimentos de categorización, es usual presentar todas las categorías que empleará el participante en la fase de aplicación, de forma que el participante siempre posee algún conocimiento sobre todas las categorías que debe utilizar.

No obstante, es posible conocer que un estímulo pertenece a cierta categoría sin haber percibido ninguno de los estímulos que la forman, ya que, según nuestro planteamiento teórico, si este estímulo se encuentra fuera de la zona de incertidumbre: es decir, el estímulo se sitúa en una posición en la que, debido a la desigualdad transitiva, pertenece necesariamente a la categoría no percibida.

En este experimento se ha aplicado una estructura de categorías análoga a las situaciones detalladas en el capítulo 4 pero planteadas

con 3 categorías, puesto que se ajusta mejor a la estructura seguida en este trabajo: 4 estímulos en la fase de aprendizaje (2 para cada categoría) y un nuevo estímulo para ser categorizado. El objetivo de este experimento es contrastar si el nuevo estímulo es categorizado en la categoría no percibida, como predcimos, o bien será asignado a una de las categorías conocidas, tal y cómo predicen la teoría de ejemplares, prototipo y límites.

Puesto que el objetivo de este experimento es analizar la capacidad de predicción de las teorías de categorización, en una situación en la que una de las categorías no se conoce, pasemos a detallar la forma en que se podrían establecer dichos pronósticos. En primer lugar, en este tipo de situación, no es posible retener en la memoria los estímulos que forman la categoría no percibida, el prototipo o los límites de la misma. Si los ejemplares de cierta categoría no se han percibido, no es posible comparar el nuevo estímulo con ellos. Por ese mismo motivo, también se desconoce el prototipo de dicha categoría ya que es imposible saber qué ejemplar es el prototipo si ningún ejemplar ha sido percibido. Finalmente, tampoco es posible establecer los límites de una categoría sin conocer, al menos, uno de los ejemplares que la forman. Por tanto, la predicción desde las tres teorías de categorización no considerará ni tan siquiera la posibilidad de que se pueda responder con la categoría no percibida, ya que entra en contradicción manifiesta con sus supuestos referentes a la utilización memoria a largo plazo en la categorización humana.

Es posible predecir la categorización del nuevo estímulo desde nuestro marco teórico, siendo la posición del estímulo que debe ser categorizado, con respecto a la zona de incertidumbre, el principal elemento para determinar la respuesta de los participantes. Dado que una zona de incertidumbre es todo segmento del continuo compuesto por ejemplares de los cuales no es posible conocer su categoría por el principio de desigualdad transitiva, si un nuevo ejemplar se sitúa fuera de ella, podrá ser categorizado en una de las categorías y, por tanto, podrá predecirse la respuesta de los participantes.

La *primera hipótesis* de este experimento es que las tres teorías de categorización consideradas no podrán realizar una predicción acertada de la respuesta de los participantes sin contradecir alguno de sus supuestos referentes al uso de la memoria en la categorización.

La *segunda hipótesis* es que es posible predecir la respuesta de los participantes al nuevo estímulo, puesto que la categorización del mismo se basará en la propiedad transitiva de orden que define a los estímulos y que, por tanto, los diferencia entre sí.

La *tercera hipótesis* es que las categorías se distribuirán en el continuo unidimensional de acuerdo con el orden que guardan los estímulos en la escala, como sucedió en el experimento anterior.

## Método

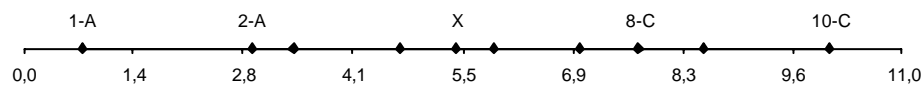
En este apartado se expone las características de los participantes, de los aparatos y materiales utilizados en el mismo.

### Participantes

El número de participantes fue de 13, con edades entre 23 y 43 años ( $M = 26,60$ ,  $DT = 6,93$ ). Todos los participantes en este experimento presentaban una visión normal o corregida. Tres de los participantes no completaron la fase previa después de 1201, 1137 y 1118 ensayos.

### Aparatos y materiales

Los estímulos empleados por condición eran 5 líneas verticales correspondientes a los estímulos 1, 2, 5, 8 y 10 de la escala física. Como en el experimento anterior, se añadieron al final de la fase de aplicación los mismos 27 estímulos (el 1 y 10 junto con los 25 decimales). En la Figura 65, se muestra la posición en el continuo psicológico de los estímulos 1, 2, 5, 8 y 10. Todos los estímulos se presentaron centrados en la pantalla para evitar que los participantes tomaran los límites de la misma como referencia.



**Figura 65** Estímulos utilizados (letras mayúsculas) y categoría a la que pertenecen en el experimento 5

## Procedimiento y diseño

El experimento constaba de una única condición (*condición 5E*) y la categorización también se dividía en dos partes: una primera de aprendizaje y otra de aplicación.

En la fase de aprendizaje, se presentaron los estímulos que forman dos de las categorías. Como se muestra en la Figura 65, la categoría *A* estaba formada por los estímulos *1* y *2* mientras que la categoría *C* estaba compuesta por los estímulos *8* y *10*. La tarea de los participantes consistía en aprender a categorizarlos correctamente. Los participantes debían responder categoría *A* (tecla *1* del teclado numérico) o categoría *C* (tecla *3* del teclado numérico) y, a continuación se les proporcionaba retroalimentación de la misma manera que en el experimento anterior.

Para establecer la presentación de los estímulos del experimento se procedió de la misma forma que en los experimentos anteriores. Al igual que en los experimentos anteriores, en esta fase se le presentaban al participante 50 estímulos obligatorios a partir de los cuales debía categorizar correctamente de forma consecutiva otros 50 estímulos.

La fase de aplicación consistía en clasificar tanto un nuevo ejemplar (*X* en la Figura 65) como los presentados anteriormente (estímulos *1*, *2*, *8* y *10*) sin retroalimentación. El procedimiento de respuesta y la presentación de los estímulos fue de la misma forma que en los experimentos anteriores. Además, como se hizo en el experimento anterior, se añadieron los mismos 27 estímulos al terminar la fase de aplicación de los estímulos *1*, *2*, *5*, *8* y *10*. Únicamente existía una condición experimental a la que se denominó *5E*.

## Instrucciones

Se instruyó a los participantes para que aprendieran a distinguir entre dos categorías, *A* y *C*. Se les indicó, asimismo, que se les informaría sobre su respuesta en la fase de aprendizaje; si había sido acertada o incorrecta y, en este último caso, se les proporcionaría la respuesta correcta a ese estímulo. Una vez concluida la fase de aprendizaje se explicó a los participantes las características de la fase de aplicación. Se les informó que el procedimiento era el mismo pero que en esta ocasión no se les iba a proporcionar retroalimentación y que los estímulos presentados podían pertenecer a tres categorías: *A*, *B* y *C*. Se

les informó que el procedimiento era el mismo pero que, en esta ocasión, no se les iba a proporcionar retroalimentación y que, simplemente, debían evaluar a qué categoría pertenecía cada estímulo, según su criterio.

## **Resultados**

Aunque la finalidad de este experimento es comprobar las predicciones de las teorías de categorización para un estímulo fuera de la zona de incertidumbre, se presentan los siguientes análisis previos que describen la respuesta de los participantes (número de ensayos previos, respuesta al nuevo estímulo).

### **Ensayos previos**

La media de ensayos fue de 115,30 (DT= 23,87). Al poder establecer los participantes claramente los estímulos que forman ambas categorías, el efecto de secuencia previsible al emplear estímulos unidimensionales queda anulado o es mínimo. Si el participante no confunde los estímulos, no será necesario que establezca una comparación con el estímulo precedente para evaluar el estímulo que se le presenta.

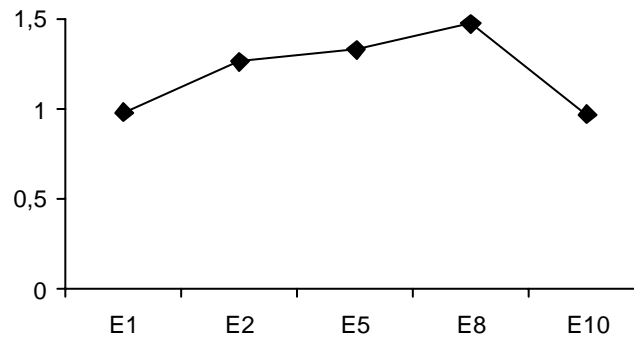
### **Respuesta los estímulos**

Para comprobar si existió diferente dificultad para categorizar los estímulos, se aplicó un ANOVA de medidas repetidas (variable intrasujetos, estímulo) siendo la variable dependiente los tiempos medios de respuesta a cada estímulo: 1, 2, 5, 8 y 10. Puesto que el estímulo no se encuentra en la zona de incertidumbre, es de esperar que el tiempo empleado en categorizar el nuevo estímulo sea inferior al tiempo de categorización de los estímulos ya aprendidos y situados en los extremos. No existieron diferencias significativas estadísticamente entre los tiempos de respuesta a los estímulos;  $\Lambda$  de Wilks: 0,26,  $F_{4,6} = 4,28$ ;  $p > 0,05$ . Las medias por estímulo se representan en la Figura 62. El valor de las medias y las desviaciones típicas se detallan en la Tabla 17.



**Tabla 17** Medias y desviaciones típicas según estímulo para la condición 5E

Estímulo	Media	DT
1	0,98	0,23
2	1,26	0,38
5	1,33	0,46
8	1,47	0,54
10	0,97	0,23

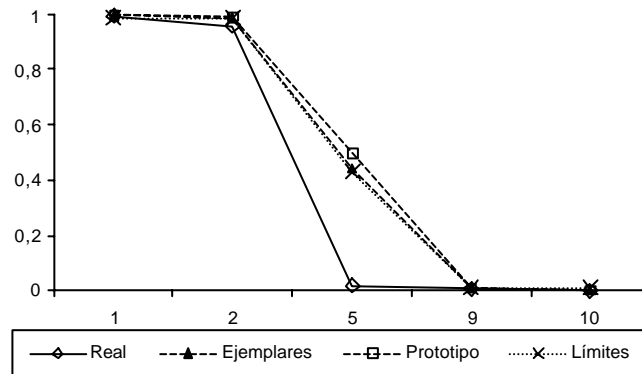


**Figura 66** Tiempo medio (en segundos) de respuesta por estímulo para la condición 5E

Como no se encontraron diferencias estadísticamente significativas no se aplicó la prueba de *Bonferroni*.

### Ajuste

A continuación se presentan las predicciones para cada una de las teorías de categorización. Todas ellas pronostican una respuesta en la mayoritaria bien en la categoría *A* o bien en la categoría *C* mientras que las respuestas de los participantes fueron *categoría B* en un 97,60%. Para realizar esta predicción se igualaron todos los parámetros a 1 ya que, en este caso, la variación de los mismos aumenta la probabilidad de la categoría *A* o de *C* pero nunca la probabilidad de la categoría *B*.

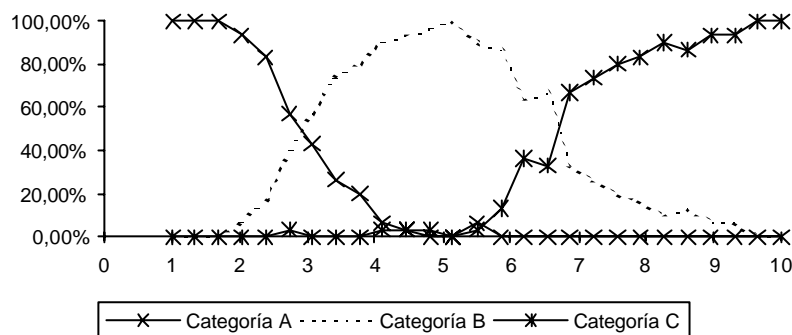


**Figura 67** Resultados obtenidos y predicciones de cada una de las teorías en la condición 5E para la categoría A

En la Figura 67 se muestra la probabilidad de respuesta a cada estímulo para la categoría A según la condición experimental. Además, se muestra las predicciones de cada una de las teorías para los mencionados estímulos. Así, se aprecia que las teorías de categorización tendieron a clasificar con una probabilidad de 0,50 el ejemplar 5 en la categoría A. Puesto que el valor de los parámetros se fijó a 1, por los motivos detallados, los índices de ajuste no se han calculado. Ninguna de las tres teorías puede predecir ni tan siquiera la posibilidad de que los participantes respondan categoría B.

### Aprendizaje de las categorías

Para comprobar la hipótesis sobre la zona de incertidumbre se han utilizado los estímulos decimales añadidos al final de la categorización los cuales pueden informarnos de la percepción de la zona de incertidumbre. Para observar esta zona, se han representado los porcentajes de respuesta A y B a cada uno de estos estímulos en la Figura 68.



**Figura 68** Representación de los porcentajes de respuesta a los estímulos decimales en la condición 5E

La categorización de los 25 nuevos estímulos muestra la forma en que los participantes distribuyeron las categorías. Así, la categoría A presentó un alto porcentaje entre los valores 1 y 2 mientras que con la categoría B ocurrió lo mismo entre los valores 4 y 6, para la categoría C, la respuesta comenzó a ser mayoritaria desde el estímulo 8. Dado que la categoría A, según la fase de práctica, se situaba entre los estímulos 1 y 2 y la categoría C entre los estímulos 8 y 10, las respuestas de los participantes a los 25 estímulos nuevos son fácilmente predecibles a partir del orden de los estímulos. En cuanto a la categoría B, los resultados confirman que el valor con más alta probabilidad de ser asociado con dicha categoría fue el número 5.

### Discusión

Los resultados de este experimento, confirman las hipótesis planteadas ya que, desde las tres teorías de categorización (prototipo, ejemplares y límites), no es posible predecir la respuesta “categoría B” para el nuevo estímulo presentado, como afirma la primera de las hipótesis. Además, desde el marco teórico que hemos propuesto en este trabajo, es posible pronosticar acertadamente cual será la respuesta de los participantes ante el nuevo estímulo presentado en la fase de aplicación (hipótesis 2) y ante los 25 nuevos estímulos distribuidos a lo largo del continuo (tercera hipótesis).

Las tres teorías de categorización aquí planteadas suelen ponerse a prueba utilizando, en general, el mismo procedimiento: presentación

en la fase de práctica de estímulos pertenecientes a las categorías que serán utilizadas en la fase de aplicación (ya desde Hull, 1920). En el presente experimento, por el contrario, una de las categorías que puede emplearse no ha sido presentada (no ha sido presentado ningún ejemplar de la misma) en la fase de práctica y el participante únicamente conoce su existencia al comenzar la fase de aplicación. Este cambio de procedimiento se inscribe dentro de la tendencia actual en la que se estudia nuevas formas de categorización, como la categorización sin supervisión en la que en la fase de práctica no se proporciona retroalimentación a los participantes (Ashby, Queller y Berrey, 1999). Otros procedimientos nuevos son el aprendizaje observacional de las categorías, en las que los participantes aprenden las categorías observando cómo se categorizan (Ashby, Maddox y Bohil, 2002).

Las teorías de categorización aquí consideradas basan, por tanto, sus predicciones en el aprendizaje que el participante ha realizado de las categorías, y según lo que el participante conoce de ellas (los ejemplares que conoce), establecen los pronósticos. Puesto que, en la situación planteada en este experimento, al participante no se le ha presentado ningún ejemplar de dicha categoría, estas teorías predicen con alto grado de error la respuesta de los participantes. De hecho, para estas teorías, la categoría *B* no es una opción de respuesta ya que el participante no puede responder con esta categoría al no poseer ningún conocimiento sobre la misma. Desde nuestro planteamiento teórico, en cambio, el participante puede establecerse que un estímulo pertenece a una categoría desconocida puesto que se basa en la relación de orden que existe entre ellas. Esta ordenación, no está presente en los modelos habituales de categorización en los que la relación principal se establece entre los estímulos (por ejemplo, similitud) estando la relación entre las categorías inferida a partir de los estímulos (presentados). De esta forma, cuando el participante sabe de la existencia de otra categoría, establece una relación de orden con las otras dos, relación que puede aplicar, debido a la desigualdad transitiva, al nuevo estímulo que se le presenta. Únicamente el modelo de Huttenlocher (Huttenlocher, Hedges y Duncan, 1991; Huttenlocher, Hedges y Vevea, 2000; Spencer y Hund, 2002) presenta una distinción supuesto parecida: los estímulos son representados en dos niveles de

detalle: valores en detalle que forman las categorías e información sobre la categoría.

En resumen, las teorías de categorización, al no establecer una relación de orden entre estímulos y categorías, no pueden predecir la respuesta de los participantes en una situación como la que se plantea en este experimento.



# Capítulo V

## Discusión general y conclusiones

---

En este trabajo hemos presentado una revisión crítica de los conceptos teóricos utilizados para explicar la categorización humana con el fin de conocer cómo se produce realmente la categorización. Esta revisión era necesaria ya que los resultados de los experimentos presentados en la literatura no son concluyentes, de tal forma que, unas veces, confirman una de las teorías y, en otras ocasiones, confirman otras.

Esta inconsistencia en los resultados procede, en parte, porque los conceptos de las distintas teorías no están definidos de manera general, incluyendo en sus enunciados supuestos implícitos de las distintas teorías. Por esto, se ha formulado un planteamiento teórico con el que se ha pretendido establecer un lenguaje común en el que los conceptos se han definido por sus operaciones y relaciones de la forma más sencilla posible. De este modo, se han relacionado los conceptos de estímulo, ejemplar y categoría a partir del único principio de la relación de orden. Dicha relación se basa en la diferencia de magnitud que define cada estímulo según una propiedad.

Esta relación de orden está implícita en otros modelos unidimensionales como en el modelo de identificación de Thurstone (1927) —Kornbrot (1978)—, en el que dos estímulos pueden confundirse cuando comparten una porción de sus respectivas áreas perceptivas; enunciando que asume que la similitud se corresponde con mayor proximidad o poca diferencia. De hecho, Luce (1963) afirma explícitamente que es el orden de los estímulos en el continuo lo que determina su similitud. La reflexión ya presente en la literatura era la siguiente, si un estímulo *A* y otro *B* son consecutivos, cualquier

estímulo *C* que se sitúe entre ambos necesariamente será más parecido al estímulo *A* que lo era *B*. Por lo que Thurstone afirma que *C* compartirá un área mayor con *A* de la originalmente compartían *A* y *B*.

Los resultados de la identificación referentes a la mayor similitud de los estímulos situados al final del continuo y el mayor porcentaje de acierto en los extremos (efecto de anclaje) pueden ser explicados a partir de los trabajos de Braida y Durlach (1972) o desde el modelo de Gravetter y Lockhead (1973). Estos modelos se centran en la importancia del rango de estímulos en la identificación. Para estos modelos, el rango del continuo unidimensional es el que, a la hora de identificar los estímulos, produce el efecto de anclaje, a través de distintos mecanismos para cada una de ellas. La importancia del rango de estímulos queda recogida, igualmente, en el modelo planteado en este trabajo. Así, la ordenación de los estímulos deriva necesariamente del rango conocido de los estímulos. Por ejemplo, si los estímulos conocidos por los participantes son los estímulos *B*, *C*, *D* y *E*, los participantes pueden asignar el número 1 a *B*, el 2 a *C*, etc., pero, en el momento en que se conoce un nuevo estímulo *A*, se altera el rango y la ordenación de sus elementos (obviamente, esta alteración sería mayor si el nuevo estímulo se hubiera situado entre *C* y *D*).

Así pues, los diferentes modelos unidimensionales han considerado el orden de los estímulos solo forma implícita. El modelo que aquí proponemos basa las respuestas de identificación directamente en la propiedad de orden que presentan tanto los estímulos como los ejemplares.

El hecho de establecer un orden entre los estímulos, por supuesto, no está exento de error. El participante puede confundir el estímulo 1 con el 2, o el 2 con el 3. Este error es debido a un aprendizaje insuficiente de los estímulos que forman el continuo y es el que provoca los efectos de secuencia; si los estímulos son perfectamente distinguibles, la respuesta ante uno de ellos no está afectada por el estímulo al anterior. Distintos modelos se centran en estos efectos, como, por ejemplo, Holland y Lockhead (1968), pueden resumirse en que se produce una comparación entre el valor de la respuesta al estímulo anterior y la magnitud del estímulo presentado. Esta comparación, sea cual sea la forma de cuantificarla, implica un orden establecido entre ellos, como afirma Laming (1984, 1997).



Por otra parte, dentro del estudio de la categorización unidimensional, destacan el modelo de mapeado de estímulos unidimensionales Lacouture y Marley (1991, 1995) aplicado a la categorización (Lacouture et al., 1998) y los trabajos de Parducci (1965). Así, para el segundo la categorización se basa en los principios del rango y la frecuencia. El principio del rango es la tendencia a evaluar el estímulo que se le presenta al participante según la proporción de rango (del continuo) que deja tras de sí (Parducci y Wedell, 1986) mientras que, el principio de la frecuencia, es la tendencia del sujeto a evaluar el estímulo presentado según la proporción de estímulos que deja tras de sí. Ambos principios presuponen un orden en los estímulos, por una parte, el orden establece qué estímulos se sitúan en los extremos del continuo (principio del rango) y, por otra parte, el orden de establecido para los estímulos es el determinante del número de estímulos situados por debajo del estímulo que se presenta al participante (principio de la frecuencia); el orden, por tanto, es el origen de ambos principios.

El modelo de mapeado (Lacouture y Marley, 1991, 1995) comparte con el marco teórico que hemos expuesto un supuesto similar: el desarrollo de una escala interna. Así, para este modelo el participante desarrolla una escala interna, que incluye ruido o error, con un rango determinado. No obstante, esta escala vuelve a transformarse para responder a través de una serie de unidades ocultas que se conectan finalmente con las unidades output del modelo.

Por tanto, los efectos de secuencia se fundamentan en el orden bien de los estímulos, bien de los ejemplares. Este orden, y la desigualdad transitiva, es el principal supuesto del que partimos en el modelo propuesto

Esta misma relación de orden implica que el aprendizaje no necesariamente se produce en la memoria (reunir una infinidad de estímulos sin relación) si no que se fundamenta en conocer la estructura interna que implica la desigualdad transitiva. Por lo tanto se ha planteado que, primero, se pueden conocer todos los ejemplares de una categoría a partir de muy poca información y, segundo, que se pueden conocer categorías nunca antes percibidas, por el mismo principio.

Así, en las teorías de categorización multidimensional (la teoría de ejemplares, la teoría de límites y la teoría de prototipo) se basan en un

supuesto principal: que la memoria (la representación interna) de las categorías es el principal determinante de la categorización. Estas representaciones, por supuesto, son distintas para cada una de ellas. Así, para la teoría de prototipo, el participante establece un prototipo que resume las características de una categoría, para la teoría de límites, esta representación se traduce en una serie de límites de cada una de las categorías que se han presentado al participante. Para la teoría de ejemplares, aunque no existe una representación interna de las categorías, si existe una representación de los ejemplares percibidos, cualquiera que sea la categoría a la que pertenecen.

Puesto que estas teorías no incorporan, entre sus supuestos, una relación de orden ni entre los estímulos ni entre las categorías no pueden predecir la respuesta de los participantes en algunas situaciones como las que hemos planteado. No obstante, es interesante analizar si este problema se aplica a otras teorías de categorización multidimensional.

Uno de los supuestos del modelo que planteamos aquí es la correspondencia en el orden entre los valores físicos y los valores psicológicos de los estímulos. Este supuesto, podría plantear cierta similitud con las teorías de aprendizaje ER. Así, para estas teorías se establecen asociaciones entre los estímulos debido a que comparten características comunes (por ejemplo, los gradientes excitatorios de Spence, 1936, 1937 o la teoría configuracional de Aydin y Pearce, 1994). Desde estas teorías, por tanto, la respuesta a cierto estímulo se produce, en general, por los elementos de ese estímulo asociados a cada una de las categorías. Así, si en el experimento 5 se presenta un nuevo estímulo, éste compartirá ciertas características con los estímulos de la categoría A y tendrá en común ciertos elementos con los ejemplares de la categoría. Sin embargo, ¿qué elementos comparte el nuevo estímulo con la categoría B a la cual se asigna el mencionado estímulo? Se produce el mismo problema que con las teorías mencionadas arriba; no es posible establecer que un estímulo pertenece a cierta categoría si previamente no se ha aprendido nada sobre el mismo, es decir, no se ha asociado la respuesta “*categoría B*” a ningún elemento del continuo.

El enfoque clásico (Smith y Medin, 1981) también comparte elementos con el planteamiento teórico que desarrollamos aquí. En efecto, desde esta perspectiva las categorías están perfectamente

delimitadas; algo es de la categoría *A* o de la *B*, con un criterio claro (salvo errores de percepción) que separa ambas categorías. Desde este modelo, sin embargo, no existe zona de incertidumbre en la que los estímulos puedan pertenecer a dos categorías por lo que no puede explicar la respuesta al estímulo nuevo en el experimento 5. de hecho, sería posible afirmar que, dado que el estímulo nuevo no cumple los requisitos para pertenecer a la categoría *A* ni para pertenecer a la categoría *C*, necesariamente pertenece a *B*. Sin embargo, los participantes desconocen cuales son las características definitorias de la cualquiera de las categorías y, por tanto, ¿por qué lo clasifican en dicha categoría? Este razonamiento, por su modo de enunciarse, nos lleva a los denominados modelos de regla.

Los modelos de regla, utilizan estados simbólicos con conexiones lógicas para establecer a qué categoría pertenece un estímulo. Así, para estos modelos se suele entender algún proceso basado en razonamientos en los que se llega a una conclusión. Este tipo de modelos, en principio poco estudiados debido a la complejidad formal a la que pueden llegar, han crecido en número en los últimos años (Ashby, et al., 1998; Erickson y Kruschke, 1998; Nosofsky et al., 1994b). En todos ellos se establecen una serie de reglas que se aplican cuando se presenta un estímulo. Así, podría aplicarse un modelo de regla sencillo a los resultados obtenidos en el experimento 5 (*E*, estímulo): “si  $E < 2$ , entonces categoría *A*; si  $E > 9$ , entonces categoría *C*”. Esta regla aseguraría la categorización correcta de los estímulos 1, 2, 9 y 10 en la fase de aprendizaje. Para la categoría *B*, la regla podría ser “si  $2 < E < 9$ , entonces categoría *B*”. Sin embargo, ¿cuando se ha aprendido esta nueva regla? y ¿por qué la nueva regla no es la siguiente: “si  $E = 5$ , entonces categoría *B*”? ambas reglas explicarían el mismo resultado. Por otra parte, si solo existieran 2 categorías, el estímulo 3 sería categorizado en *A*, siendo la regla que explica eso “si  $E < 5$ , entonces categoría *A*; si  $E > 5$ , entonces categoría *C*”; ¿qué ocurre con esta regla cuando se informa al participante que existe una nueva categoría?

Por otra parte, dos modelos de categorización son de especial interés debido a su relación con el marco teórico que planteamos en esta investigación. Se trata del modelo de ajuste categorial de Huttenlocher (Huttenlocher, Hedges y Duncan, 1991; Huttenlocher, Hedges y Vevea, 2000; Spencer y Hund, 2002) y el modelo de

memoria y contraste (MAC) de Stewart, Brown y Chater, (2002) basado en Laming.

El modelo de ajuste categorial afirma que un estímulo se representa en dos niveles de detalle: por una parte, valores en detalle que forman las categorías y, por otra parte, información sobre la categoría. En este modelo, además, también se usa el concepto de incertidumbre, que se produce al emitir la respuesta. Sin embargo, al igual que otros modelos de categorización, la información queda almacenada en memoria; esta información se refiere a los estímulos, a las categorías y a los prototipos de las mismas. Por tanto, si no se dispone de información sobre una categoría es difícil realizar un pronóstico sobre la misma.

El modelo de memoria y contraste analiza los efectos de secuencia con estímulos unidimensionales. En este modelo, los efectos de secuencia en categorización unidimensional están basados, como el modelo teórico que aquí presentamos, en el orden de los estímulos. Así, se produce un efecto de contraste; cuanto más varía el número de orden del estímulo anterior con respecto al estímulo que debe categorizar, más probable es que el nuevo estímulo pertenezca a otra categoría. Estos efectos de secuencia han sido controlados en el presente trabajo mediante la aleatorización y mediante el alto aprendizaje de las categorías. Así, cuando los estímulos de los que se han aprendido ambas categorías son aprendidos de forma que se reconocen en, al menos, el 90,00% de las ocasiones, los efectos de secuencia pueden ser controlados ya que, en todo momento, el participante sabe exactamente la posición de los estímulos que ha categorizado y únicamente debe inferir la posición de los estímulos nuevos de la fase de práctica.

Así pues, los modelos analizados, de forma implícita, basan sus supuestos en el orden de los estímulos en el continuo. No obstante, la mayoría de estos modelos fundamentan la categorización en los procesos de memoria, procesos que, como ha mostrado el experimento 5 no constituyen la base de ciertas situaciones de categorización.

Por tanto, el análisis de la literatura sobre de la categorización unidimensional y multidimensional muestra que ambas perspectivas han seguido caminos diferentes lo que ha supuesto teorías y modelos creados única y exclusivamente para uno de tales contextos.

No existe un marco global que integre a las distintas perspectivas ni tampoco se han clasificado las distintas formas de contrastar las distintas teorías de categorización para establecer su comparabilidad.

Puede plantearse un marco común, como el aquí propuesto, a partir de un factor psicológico primitivo común a todos los modelos y teorías, el orden de los estímulos. Este marco puede aplicarse, como mínimo, a la categorización y la identificación unidimensional.

Los experimentos muestran que la categorización y la identificación se basan en el orden de los estímulos. Este orden, el mismo en la escala psicológica que en la escala física, es un supuesto subyacente a la mayoría de las teorías de categorización unidimensional y de gran parte de las teorías multidimensionales.

El orden de los estímulos se aplica a las categorías, las cuales consisten en supraordenaciones de estímulos. La forma en que se distribuyen en el continuo da lugar a diferentes situaciones de categorización.

Gran parte de los modelos de categorización incluyen entre sus supuestos, la utilización de la memoria. Ello es debido a que basan la categorización en un proceso según el cual primero se obtiene información sobre las categorías y, posteriormente, se aplica información para lo que es necesario recordarla.

Existen diferentes situaciones de categorización en las que no es necesaria la memoria, situaciones, por tanto, que no pueden ser explicadas por gran parte de las teorías de categorización.

El modelo propuesto se ha demostrado empírica y teóricamente, se trata de una investigación pionera y se requiere contrastarlo en otro tipo de investigaciones (diferentes estímulos, etc.) y en el contexto multidimensional. Además, se deben formular en los términos habituales y, en definitiva, se trata de una propuesta de futuro. Sin embargo, la conclusión más importante es que el mecanismo de la memoria (entendida como almacenamiento de ejemplares vistos anteriormente) para explicar la categorización humana resulta incongruente e insatisfactorio. La trascendencia que esto tenga en la psicología cognitiva es posiblemente la aportación más importante de este trabajo.



# Capítulo VII

## Bibliografía

---

- Ahn, W. (1998). Why are different features central for natural kinds and artifacts? The role of causal status in determining feature centrality. *Cognition*, *69*, 135-178.
- Ahn, W., Brewer, W. y Mooney, R. (1992). Schema acquisition from a single example. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *18*, 391-412.
- Ahn, W. y Kim, N. S. (2000). The causal status effect in categorization: An overview. En Medin, D. L. (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 40, pp. 23-65). San Diego, CA: Academic Press.
- Ahn, W., Kim, N. S., Lassaline, M. E. y Dennis, M. J. (2000). Causal status as a determinant of feature centrality. *Cognitive Psychology*, *41*, 361-416.
- Ahn, W. y Medin, D. L. (1992). A two-stage model of category construction. *Cognitive Science*, *16*, 81-121.
- Allen, S. y Brooks, L. (1991). Specializing the operation of an explicit rule. *Journal of Experimental Psychology: General*, *120*, 3-19.
- Anderson, A. L., Ross, B. H. y Chin-Parker, S. (2002). A further investigation of category learning by inference. *Memory & Cognition*, *30* (1), 119-128.
- Anderson, J. R. (1976). *Language, memory, and thought*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Anderson, J. R. (1990). *The adaptive character of thought*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Anderson, J. R. (1991). The adaptive nature of human categorization. *Psychological Review*, *98*, 409-429.
- Anderson, J. R. (1991b). Is human cognition adaptative? *Behavioral and Brain Sciences*, *14*, 471-517.
- Anderson, J. R. y Betz, J. (2001). A hybrid model of categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, *8* (4), 629-647.

- Anderson, J. R. y Fincham, J. M. (1996). Categorization and sensitivity to correlation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, (2), 259-277.
- Anderson, J. R. y Matessa, M. (1992). Explorations of an incremental, bayesian algorithm for categorization. *Machine Learning*, 9, 257-308.
- Anderson, J. R. y Matessa, M. (1998). The rational analysis of categorization and the ACT-R architecture, en Oaksford, M. y Chater, N. (Eds.), *Rational models of Cognition*, Oxford University Press, Oxford.
- Armstrong, S. L., Gleitman, L. R. y Gleitman, H. (1983). what some concepts might not be. *Cognition*, 13, 263-308.
- Ashby, F. G. (2000). A stochastic version of general recognition theory. *Journal of Mathematical Psychology*, 44, 310-329.
- Ashby, F. G. y Alfonso-Reese, L. A. (1995). Categorization as probability density estimation. *Journal of Mathematical Psychology*, 39, 216-233.
- Ashby, F. G., Alfonso-Reese, L. A., Turken, A. U. y Waldron, E. M. (1998). A neuropsychological theory of multiple systems in category learning. *Psychological Review*, 105, 442-481.
- Ashby, F. G., Ell, S. W. y Waldron, E. M. (2003). Procedural learning in perceptual categorization. *Memory & Cognition*, 31 (7), 1114-1125.
- Ashby, F. G. y Gott, R. E. (1988). Decision rules in the perception and categorization of multidimensional stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 598-612.
- Ashby, F. G. y Lee, W. W. (1991). Predicting similarity and categorization from identification. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120 (2), 150-172.
- Ashby, F. G. y Lee, W. W. (1992). On the relationship among identification, similarity, and categorization: Reply to Nosofsky and Smith (1991). *Journal of Experimental Psychology: General*, 121 (3), 385-393.
- Ashby, F. G. y Maddox, W. T. (1993). Relations between prototype, exemplar, and decision bound models of categorization. *Journal of Mathematical Psychology*, 37, 372-400.
- Ashby, F. G. y Maddox, W. T. (1994). A response time theory of separability and integrality in speeded classification. *Journal of Mathematical Psychology*, 38, 423-466.
- Ashby, F. G., Maddox, W. T. y Bohil, C. J. (2002). Observational versus feedback training in rule-based and information-integration category learning. *Memory & Cognition*, 30 (5), 666-677.
- Ashby, F. G. y Perrin, N. A. (1988). Toward a unified theory of similarity and recognition. *Psychological Review*, 95 (1), 124-150.



- Ashby, F. G., Queller, S. y Berrety, P. M. (1999). On the dominance of unidimensional rules in supervised categorization. *Perception & Psychophysics*, 61 (6), 1178-1199.
- Ashby, F. G. y Townsend, J. T. (1986). Varieties of perceptual independence. *Psychological Review*, 93 (2), 154-179.
- Ashby, F. G. y Waldron, E. M. (1999). On the nature of implicit categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6 (3), 363-378.
- Ashby, F. G., Waldron, E. M., Lee, W. W. y Berkman, A. (2001). Suboptimality in human categorization and identification. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (1), 77-96.
- Astley, S. L. y Wasesserman, E. A. (1992). Categorical discrimination and generalization in pigeons: All negative stimuli are not created equal. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 18 (2), 193-207.
- Astley, S. L. y Wasesserman, E. A. (1999). Superordinate category formation in pigeons: Association with a common delay or probability of food reinforcement makes perceptually dissimilar stimuli functionally equivalent. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 25 (4), 415-432.
- Atkinson, R. C. y Estes, W. K. (1963). Stimulus sampling theory. En R. D. Luce, R. B. Bush y Galanter, E. (Eds.), *Handbook of Mathematical Psychology* (Vol. 3.). New York, Wiley.
- Aydin, A. y Pearce, J. M. (1994). Prototype effects in categorization by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 20 (3), 264-277.
- Balakrishnan, J. D. y Ratcliff, R. (1996). Testing models of decision making using confidence ratings in classification. *Journal of Experimental Psychology*, 22 (3), 615-633.
- Baron, A. (1973). Postdiscrimination gradients on a tone continuum. *Journal of Experimental Psychology*, 101, 337-342.
- Baron, J. (1991). Some thinking is irrational. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 486-487.
- Barsalou, L. W. (1982). Context-independent and context-dependent information in concepts. *Memory & Cognition*, 10, 82-93.
- Barsalou, L. W. (1983). Ad hoc categories. *Memory & Cognition*, 10 (3), 211-227.
- Barsalou, L. W. (1985). Ideals, central tendency, and frequency of instantiation as determinants of graded structure in categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11, 629-654.

- Barsalou, L. W. (1990). On the distinguishability of exemplar memory and abstraction in category representation, en T. K. Srull y R. S. Wyer, Jr. (Eds.) *Advances in Social Cognition: Content and Process Specificity in the effects of prior experiences* (vol. 3. Pag. 61-99), Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Barsalou, L. W. y Hale, C. R. (1993). Components of conceptual representation: from feature lists to recursive frames en Van Mechelen, I., Hampton, J., Michalski, R. S. y Theuns, P. (Eds.), *Categories and concepts. Theoretical view and inductive data analysis*. Academic Press, London.
- Barsalou, L. W., Huttenlocher, J. y Lamberts, K. (1998). Basing categorization on individuals and events. *Cognitive Psychology*, 36, 203-272.
- Beck, J. (1966). Effect of orientation and sharp similarity on perceptual grouping. *Perception & Psychophysics*, 1, 300-302.
- Bierwisch, M. (1971). On classifying semantic features, en Jakobowitz, L. y Steinberg, D. (Eds.), *Semantics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Blair, M. y Homa, D. (2003). As easy to memorize as they are to classify: the 5-4 categories and the category advantage. *Memory & Cognition*, 31 (8), 1293-1301
- Bloomfield, T. M. (1967). A peak shift on a line-tilt continuum. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 10, 361-366.
- Bohil, C. J. y Maddox, W. T. (2001). Category discriminability, base-rate, and payoff effects in perceptual categorization. *Perception & Psychophysics*, 63 (2), 361-376.
- Bornstein, M. H. (1981). Two kinds of perceptual organization near the beginning of life. En Collins, W. A. (Ed.): *Aspects of the development of competence*. Lawrence Erlbaum. Hillsdale, N. J.
- Bower, G. H. (1961). Application of a model to paired-associate learning. *Psychometrika*, 26, 255-280.
- Braida, L. D. y Durlach, N. I. (1972). Intensity perception. II. Resolution in one-interval paradigms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 51, 483-502.
- Braida, L. D., Lim, J. S., Berliner, J. E., Durlach, N. I., Rabinowitz, W. M. y Purks, S. R. (1984). Intensity perception. XIII. Perceptual anchor model of context-coding. *Journal of the Acoustical Society of America*, 76 (3), 722-731.
- Bruner, J. S., Goodnow, J. Austin, G. A. (1956). *A study of thinking*. Wiley, New York, New York.

- Busemeyer, J. R. y Myung, I. J. (1988). A new method for investigating prototype learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 3-11.
- Busemeyer, J. R. y Myung, I. J. (1992a). An adaptive approach to human decision making: Learning theory, decision theory, and human performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 177-194.
- Busemeyer, J. R., Dewey, G. I. y Medin, D. L. (1984). Evaluation of exemplar-based generalization and the abstraction of categorical information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 638-648.
- Busemeyer, J. R. y Wang, Y. (2000). Model comparisons and model selections based on generalization criterion methodology. *Journal of Mathematical Psychology*, 44, 171-189.
- Bush, R. R. y Mosteller, F. (1951). A model for stimulus generalization and discrimination. *Psychological Review*, 58, 413-423.
- Castellan, N. J. y Edgell, S. E. (1973). An hypothesis generation model for judgment in nonmetric multiple-cue probability learning. *Journal of Mathematical Psychology*, 10, 204-222.
- Chase, S., Bugnacki, P., Braida, L. D. y Durlach, N. I. (1983). Intensity perception. XII. Effect of the presentation probability on absolute identification. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73 (1), 279-284.
- Cheng, K., Spetch, M. L. y Johnston, M. (1997). Spatial peak shift and generalization in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Process*, 23, 469-481.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. y Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chin-Parker, S. y Ross, B. H. (2002). The effect of category learning on sensitivity to within-category correlations. *Memory & Cognition*, 30 (3), 353-362.
- Clark, C. W. (1991). Modeling behavioral adaptations. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 85-117.
- Cohen, M. M. y Massaro, D. W. (1992). On the similarity of categorization models, en Ashby, F. G. (ED.), *Multidimensional models of perception and cognition*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Cohen, A. L. y Nosofsky, R. (2000). An exemplar-retrieval model of speeded same-different judgments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26 (5), 1549-1569.

- Corter, J. E. (1987). Similarity, confusability, and the density hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116 (3), 238-249.
- Corter, J. E. (1988). Testing the density hypothesis: Reply to Krumhansl. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117 (1), 105-106.
- Corter, J. E. (1991). Normative theories of categorization. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 491-492.
- Corter, J. E. y Gluck, M. A. (1992). Explaining basic categories: Feature predictability and information. *Psychological Bulletin*, 111 (2), 291-303.
- Cross, D. V. (1973). Sequential dependencies and regression in psychophysical judgements. *Perception & Psychophysics*, 14, 547-552.
- Dawes, R. M. (1994). Psychological measurement. *Psychological Review*, 101 (2), 278-281.
- Doll, T. J. y Thomas, D. R. (1967). Effects of discrimination training on stimulus generalization for human subjects. *Journal of Experimental Psychology*, 75, 508-512.
- Dopkins, S. y Gleason, T. (1997). Comparing exemplar and prototype models of categorization. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51 (3), 212-230.
- Dougherty, D. M. y Lewis, P. (1991). Stimulus generalization, discrimination learning, and peak shift in horses. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 56, 97-104.
- Durlach, N. I. y Braida, L. D. (1969). Intensity perception. I. Preliminary theory of intensity resolution. *Journal of the Acoustical Society of America*, 46 (2), 372-383.
- Edelman, S. E. (1995). Representation, similarity, and the chorus of prototypes. *Minds and Machines*, 5, 45-68.
- Edgell, S. E., Castellan, N. J., Roe, R. M., Barnes, J. M., Ng, P. C., Bright, R. D. y Ford, L. A. (1996). Irrelevant information in probabilistic categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22 (6), 1463-1481.
- Edgell, S. E. y Roe, R. M. (1995). Dimensional information facilitates the utilization of configural information: A test of the Castellan-Edgell and the Gluck-Bower models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21 (6), 1495-1508.
- Elliot, S. W. y Anderson, J. R. (1995). Effect of memory decay on predictions from changing categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21 (4), 815-836.
- Engelbretson, P. H. y Huttenlocher, J. (1996). Bias in spatial location due to categorization: Comment on Tversky and Schiano. *Journal of Experimental Psychology: General* 125, (1) 96-108.

- Ennis, D. M. (1988). Confusable and discriminable stimuli: Comment on Nosofsky (1986) and Shepard (1986). *Journal of Experimental Psychology: General*, *117*, 408-411.
- Ennis, D. M. (1988a). A multidimensional stochastic theory of similarity. *Journal of Mathematical Psychology*, *32*, 449-465.
- Ennis, D. M. y Mullen, K. (1986). A multivariate model for discrimination methods. *Journal of Mathematical Psychology*, *30*, 206-219.
- Erickson, M. A. y Kruschke, J. K. (1998). Rules and exemplars in category learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *127*, 107-140.
- Erickson, M. A. y Kruschke, J. K. (2001). Rule-based extrapolation in perceptual categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 160-168.
- Estes, W. K. (1959). The statistical approach to learning theory. En S. Koch (Ed.), *Psychology: A study of a science*, (Vol. 2), McGraw- Hill, New York.
- Estes, W. K. (1986 a). Array models of category learning. *Cognitive Psychology*, *18*, 500-549.
- Estes, W. K., Campbell, J. A., Hatsopoulos, N. y Hurwitz, J. B. (1989). Base-rate effects in category learning: A comparison of parallel network and memory storage-retrieval models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *15*, 556-571.
- Fechner, G. T. (1860). *Elemente der Psychophysik*. Breitkopt and Härtel. Leipzig. Traducido como *Elements of Psychophysics*, Vol. 1 (1966). Holt, Rinehalt and Winston, New York.
- Fillmore, C. (1982). Towards a descriptive framework for spatial deixis, en Jarvella, R. J. y Klein, W, (Eds.), *Speech, place and action: Studies in deixis and related topics*. Chichester, England. Wiley.
- Flanagan, M. J., Fried, L. S. y Holyoak, K. J. (1986). Distribution expectations and the induction of category structure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *12*, 241-256.
- Fodor, J. A., Garrett, M. F., Walker, E. C. T. y Parker, C. H. (1980). Against definitions. *Cognition*, *8*, 263-267.
- Forster, M. R. (2000). Key concepts in model selection: Performance and generalizability. *Journal of Mathematical Psychology*, *44*, 205-231.
- Franks, J. J. y Bransford, J. D. (1971). Abstraction of visual patterns. *Journal of Experimental Psychology*, *90* (1), 65-74.
- Fried, L. S. y Holyoak, K. J. (1984). Induction of category distributions: A framework for classification learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *10*, 234-257.
- Garner, W. R. (1953). An informational analysis of absolute judgments of loudness. *Journal of Experimental Psychology*, *46*, 373-380.

- Garner, W. R. (1954). Context effects and the validity of loudness scales. *Journal of Experimental Psychology*, 48, 218-224.
- Garner, W. R. (1974). *The processing of information and structure*. Lawrence Erlbaum, Potomac, M. D.
- Garner, W. R. (1978). Aspects of a stimulus: features, dimensions and configurations, en E. R. Rosch y B. B. Lloyd (Eds.). *Cognition and Categorization*, LEA, Hillsdale, N. J.
- Gentner, D. (1988). Metaphor as structure mapping: The relational shift. *Child Development*, 59, 47-59.
- Gentner, D. y Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive Science*, 10, 277-300.
- George, D. N. y Pearce, J. M. (1999). Acquired distinctiveness is controlled by stimulus relevance not correlation with reward. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 25 (3), 363-373.
- Gick, M. L. y Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gigerenzer, G. (1991). Does the environment have the same structure as Bayes' theorem? *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 495-496.
- Ghirlanda, S. y Enquist, M. (1999). The geometry of stimulus control. *Animal Behavior*, 58, 695-706.
- Gluck, M. A. y Bower, G. H. (1988b). From conditioning to category learning: An adaptative network model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 227-247.
- Goldstone, R. (1994). Influences of categorization on perceptual discrimination. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123 (2), 178-200.
- Goldstone, R. L. (1994a). The role of similarity in categorization: providing a groundwork. *Cognition*, 52, 125-157.
- Goldstone, R. L. (1994b). Similarity, interactive activation and mapping. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20 (1), 3-28.
- Goodman, N. (1972). Seven stricures on similarity, En Goodman, N. (Ed.), *Problems and proyects*. Bobbs-Merrill, New York.
- Gravetter, F. y Lockhead, G. R. (1973). Criterial range as a frame of reference for stimulus judgement. *Psychological Review*, 80 (3), 203-216.
- Green, D. M. y Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. Wiley, New York.
- Hall, G. y Pearce, J. M. (1979). Latent inhibition of a CS during CS-US pairings. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 5, 31-42.

- Haccou, P., Van der Steen, W. J. (1992). Methodological problems in evolutionary biology. IX. The testability of Optimal Foraging Theory. *Acta Biotheorica*, 40, 285-295.
- Hampton, J. (1979). Polymorphous concepts in semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 441-461.
- Hampton, J. (1987). The inheritance of attributes in natural concept conjunctions, *Memory & Cognition*, 15, 55-71.
- Hampton, J. (1993). Prototype models of concept representation, en Van Mechelen, I., Hampton, J., Michalski, R. S. y Theuns, P. (Eds.), *Categories and concepts. Theoretical view and inductive data analysis*. Academic Press, London.
- Hampton, J. (1997). Associative and similarity-based processes in categorization decisions. *Memory & Cognition*, 25 (5), 625-640.
- Hampton, J. (1998). Similarity-based categorization and fuzziness of natural categories. *Cognition*, 65, 137-165.
- Hampton, J. y Dubois, D. (1993). Psychological models of concepts: introduction, en Van Mechelen, I., Hampton, J., Michalski, R. S. y Theuns, P. (Eds.), *Categories and concepts. Theoretical view and inductive data analysis*. Academic Press, London.
- Hanson, H. M. (1959). Effects of discrimination training on stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 321-324.
- Harnad, S. (1987). *Categorical perception*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hayes-Roth, B. y Hayes-Roth, F. (1977). Concept learning and the recognition and classification of exemplars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 321-338.
- Haubensak, G. (1992). The consistency model: a process model for absolute judgments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18 (1), 303-309.
- Haubensak, G. (1992). The consistency model: a process model for absolute judgements. *Journal of Experimental Psychology*, 18 (1), 303-309.
- Hefner, R. A. (1958). Extensions of the law of comparative judgement to discriminable and multidimensional stimuli. Tesis doctoral sin publicar. Universidad de Michigan.
- Heit, E. (1991). Categorization using chains of examples. *Cognitive Psychology*, 24, 341-380.
- Heit, E. (1994). Models of the effects of prior knowledge on category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (6), 1264-1282.

- Heit, E. (1998). Influences of prior knowledge on selective weighting of category members. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 24 (3), 712-731.
- Heit, E. (2001). Putting together prior knowledge, verbal arguments, and observations in category learning. *Memory & Cognition*, 29 (6), 828-837.
- Herbranson, W. T., Fremouw, T. y Shimp, C. P. (1999). The randomization procedure in the study of categorization of multidimensional stimuli by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 25 (1), 113-135.
- Hintzman, D. L. (1991). Why are formal models useful in psychology? En Hockley, W. E. y Lewandowsky, S. (Ed.), *Relating theory and data: Essays on human memory in honor of Bennet B. Murdock*. Hillsdale, NJ; Erlbaum.
- Holland, M. K. y Lockhead, G. R. (1968). Sequential effects in absolute judgements of loudness. *Perception & Psychophysics*, 3 (6), 409-414.
- Homa, D., Cross, J., Cornell, D., Goldman, D. y Schwartz, S. (1973). Prototype abstraction and classification of new of new instances as a function of number of instances defining the prototype. *Journal of Experimental Psychology*, 101, 116-122
- Homa, D. y Cultice, J. (1984). Role of feedback, category size, and stimulus distortion on the acquisition and utilization of ill-defined categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 83-94.
- Homa, D., Dunbar, S. y Nohre, L. (1991). Instance frequency, categorization and the modulating effect of experience. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 444-458.
- Homa, D., Rhoads, D. y Chambliss, D. (1979). Evolution of conceptual structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 11-23.
- Homa, D., Sterling, S. y Trepel, L. (1981). Limitations of exemplar-based generalization and the abstraction of categorical information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 7, 418-439.
- Howard, R. W. (1992). Classifying types of concepts and conceptual structure: some taxonomies. *European Journal of Cognitive Psychology*, 4 (2), 81-111.
- Huber, L. y Lenz, R. (1996). Categorization of prototypical stimulus classes by pigeons. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49B (2), 111-133.
- Hull, C. L. (1920). *Quantitative aspects of the evolution of concepts, an experimental study*, Psychological Review Company, Princeton, NJ



- Hull, C. L. (1943). *Principles of Behavior*. Appleton-Century-Crofts, New York.
- Huttenlocher, J., Hedges, L. V. y Duncan, S. (1991). Categories and particulars: Prototype effects in estimating spatial location. *Psychological Review*, 98, 352-376.
- Huttenlocher, J., Hedges, L. V. y Prohaska, E. H. (1988). Hierarchical organization in ordered domains: Estimating the dates of events. *Psychological Review*, 95, 471-484.
- Huttenlocher, J., Hedges, L. V. y Vevea, J. L. (2000). Why do categories affect stimulus judgement? *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 220-241.
- Jesteadt, W., Luce, R. D. y Green, D. M. (1977). Sequential effects in judgements of loudness. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception and Performance*, 3, 92-104.
- Jitsumori, M. (1996). A prototype effect and categorization of artificial polymorphous stimuli in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 22 (4), 405-419.
- Johnson-Laird, P. N. (1980). *Mental models in cognitive science*. *Cognitive Science*, 4, 71-115.
- Johnson-Laird, P. N. (1987). The mental representation of the meaning of words. *Cognition*, 25, 189-211.
- Hahn, U. y Chater, N. (1998). Similarity and rules: distinct? Exhaustive? Empirically distinguishable? *Cognition*, 65, 197-230.
- Kalish, M. L. y Kruschke, J. K. (1997). Decision boundaries in one-dimensional categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23 (6), 1362-1377.
- Katz, J. (1972). *Semantic theory*, Harper & Row, New York.
- Katz, J. y Postal, P. M. (1964). *An integrate theory of linguistic descriptions*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Knapp, A. G. y Anderson, J. A. (1984). Theory of categorization based on distributed memory storage. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10 (4), 616-637.
- Keil, F. C. (1989). *Concepts, kinds and development*. Cambridge, MA, Bradford Books/MIT Press.
- Keller, J. F. S. y Schoenfeld, W. N. (1950). *Principles of psychology*, Appleton-Century-Crofts, New York.
- Kinchla, R. A. y Smyzer, F. (1969). A diffusion model of perceptual memory. *Perception Psychophysics*, 2, 219-229.
- Köhler, W. (1918). Nachweis einfacher strukturfunktionen beim schimpansen und beim haushuhn. Abhandlungen der königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften, *Physische-Mathematisme*

- Klasse*, 2, 1-101. Traducido y condensado como "Simple structural functions in the chimpanzee and in the chicken" en W. D. Ellis, A source Book of Gestalt Psychology. Routledge y Kegan Paul, London.
- Komatsu, L. (1992). Recent views of conceptual structure. *Psychological Bulletin*, 112, 500-526.
- Kornbrot, D. E. (1978). Theoretical and empirical comparison of Luce's choice model and logistic Thurstone model of categorical judgement. *Perception & Psychophysics*, 24, 193-208.
- Krebs, J. R. y Davies, N. B. (1984). *Behavioural ecology*. Blackwell, Oxford.
- Krumhansl, C. L. (1978). Concerning the applicability of geometric models to similarity: the interrelationship between similarity and spatial density. *Psychological Review*, 85 (5), 445-463.
- Krumhansl, C. L. (1988). Testing the density hypothesis: Comment on Corter. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 101-104.
- Kruschke, J. K. (1992). ALCOVE: An exemplar based connectionist model of category learning. *Psychological Review*, 99 (1), 22-44.
- Kruschke, J. K. (1996). Dimensional relevance shifts in category learning. *Connection Science*, 8 (2), 225-247.
- Kruschke, J. K. y Erickson, M. A. (1994). Learning of rules that have high-frequency exceptions: New empirical data and a hybrid connectionist model. En Ram, A. y Eiselt, K. (Eds.), Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society (pp. 514-519). Hillsdale, NJ; Erlbaum.
- Kruschke, J. K. y Johansen, M. K. (1999). A model of probabilistic category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25 (5), 1083-1119.
- Lacouture, Y. (1997). Bow, range, and sequential effects in absolute identification: A response-time analysis. *Psychological Research*, 60, 121-133.
- Lacouture, Y. y Lacerte, D. (1997). Stimulus modality and stimulus-response compatibility in absolute identification. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51 (2), 165-170.
- Lacouture, Y., Li, S. y Marley, A. A. J. (1998). The roles of stimulus and response set size in the identification and categorisation of unidimensional stimuli. *Australian Journal of Psychology*, 50 (3), 165-174.
- Lacouture, Y. y Marley, A. A. J. (1991). A connectionist model of choice and response time in absolute identification. *Connection Science*, 3, 401-433.
- Lacouture, Y. y Marley, A. A. J. (1995). A mapping model of bow effects in absolute identification. *Journal of Mathematical Psychology*, 39, 383-395.

- Lacouture, Y. y Marley, A. A. J. (2000). Non-linear decision processes in absolute identification. En Bonnet, C. (Ed.), Proceedings of the 16<sup>th</sup> annual meeting of the International Society for Psychophysics, Strasbourg, France.
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things: What categories reveal about the mind*. Chicago; University of Chicago Press.
- Lamberts, K. (1994). Flexible tuning of similarity in exemplar-based categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20 (5), 1003-1021.
- Lamberts, K. (1995). Categorization under time pressure. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124 (2), 161-180.
- Lamberts, K. (1996). Exemplar models and prototype effects in similarity-based categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22 (6), 1503-1507.
- Lamberts, K. (1998). The time course of categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(3), 695-711.
- Lamberts, K. (2000). Information-accumulation theory of speeded categorization. *Psychological Review*, 107 (2), 227-260.
- Lamberts, K. y Chong, S. (1994). Dynamics of dimensional weight distribution and flexibility in categorization, en Oaksford, M. y Charter, N. (Eds.), *Rational models of Cognition* (pag. 275-295). Oxford University Press, Oxford.
- Lamberts, K. y Freeman, P. J. (1999). Building object representations from parts: Tests of a stochastic sampling model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25 (4), 904-926.
- Laming, D. (1984). The relativity of "absolute" judgements. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 11, 453-472.
- Laming, D. (1997). *The measurement of sensation*. Oxford, Oxford University Press.
- Linigston, K. R., Andrews, J. K. y Harnad, S. (1998). Categorical perception effects induced by category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24 (3), 732-753.
- Loftus, E. R. y Shell, R. W. (1971). Categorization norms for 50 representative instances. *Journal of Experimental Psychology*, 91, 355-364.
- Lubow, R. E. (1973). Latent inhibition. *Psychological Bulletin*, 79, 398-407.
- Lubow, R. E. y Moore, A. U. (1959). Latent inhibition: The effect of nonreinforced preexposure to the conditional stimuli. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 52, 415-419.

- Luce, R. D. (1963). Detection and recognition. En Luce, R. D., Bush, R. R. y Galanter, E. (Eds.), *Handbook of Mathematical Psychology*, New York, Wiley.
- Luce, R. D. (1977). Thurstone's discriminant processes fifty years later. *Psychometrika*, 42 ( ), 461-481.
- Luce, R. D. (1994). Thurstone and sensory scaling: then and now. *Psychological Review*, 101 (2), 271-277.
- Luce, R. D., y Green, D. M. (1974). The response-ratio model for magnitude estimation. *Journal of Mathematical Psychology*, 11, 1-14.
- Luce, R. D., Green, D. M. y Weber, D. L. (1976). Attention bands in absolute identification. *Perception & Psychophysics*, 20 (1), 49-54.
- Luce, R. D., Nosofsky, R. M., Green, D. M. y Smith, A. F. (1982). The bow and sequential effects in absolute identification. *Perception & Psychophysics*, 32 (5), 397-408.
- Mackintosh, N. J. (1975). A theory of attention: Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review*, 82, 276-298.
- Mackintosh, N. J. (1995). Categorization by people and pigeons: the twenty-second Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48B (3), 193-214.
- Mackintosh, N. J., Kaye, H. y Bennett, C. H. (1991). Perceptual learning in flavour aversion conditioning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43B, 297-322.
- Maddox, W. T. (1999). On the dangers of averaging across observers when comparing decision bound models and generalized context models of categorization. *Perception & Psychophysics*, 61 (2), 354-374.
- Maddox, W. T. (2001). Separating perceptual processes from decisional processes in identification and categorization. *Perception & Psychophysics*, 63 (7), 1183-1200.
- Maddox, W. T. y Ashby, F. G. (1993). Comparing decision bound and exemplar models of categorization. *Perception & Psychophysics*, 53 (1), 49-70.
- Maddox, W. T. y Ashby, F. G. (1996). Perceptual separability, decisional separability, and the identification-speeded classification relationship. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 791-817.
- Maddox, W. T. y Ashby, F. G. (1998). Selective attention and the formation of linear decision boundaries: Comment on McKinley and Nosofsky (1996). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24 (1) 301-321.

- Maddox, W. T. y Ashby, F. G. (1999). On the dangers of averaging across observers when comparing decision bound models and generalized context models of categorization. *Perception & Psychophysics*, 61 (2) 354-374.
- Maddox, W. T., Ashby, F. G. y Gottlob, L. R. (1998). Response time distributions in multidimensional perceptual categorization. *Perception & Psychophysics*, 60, 620-637.
- Maddox, W. T., Ashby, F. G. y Waldron, E. M. (2002). Multiple attention systems in perceptual categorization. *Memory & Cognition*, 30 (3), 325-339.
- Maddox, W. T., Bohil, C. J. y Dodd, J. L. (2003). Linear transformations of the payoff matrix and decision criterion learning in perceptual categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29 (6), 1174-1193.
- Maddox, W. T. y Dodd, J. L. (2003). Separating perceptual and decisional attention processes in the identification and categorization of integral-dimension stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29 (3), 467- 480.
- Malt, B. C. (1994). Water is not H<sub>2</sub>O. *Cognitive Psychology*, 27, 41-70.
- Malt, B. C. y Johnson, E. C. (1992). Do artifact concepts have cores? *Journal of Memory and Language*, 31, 195-217.
- Markman, A. B. y Maddox, W. T. (2003). Classification of exemplars with single- and multiple-feature manifestations: the effects of relevant dimension variation and category structure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29 (1), 107-117.
- Markman, A. B. y Ross, B. H. (2003). Category use and category learning. *Psychological Bulletin*, 129 (4), 592-613.
- Marley, A. A. J. (1992). Developing and characterizing multidimensional Thurstone and Luce models for identification and preference, en Ashby, F. G. (ED.), *Multidimensional models of perception and cognition*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Marley, A. A. J. y Cook, V. T. (1984). A fixed rehearsal capacity interpretation of limits on absolute identification performance. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 37, 136-151.
- Marley, A. A. J. y Cook, V. T. (1986). A limited capacity rehearsal model for psychological judgments applied to magnitude estimation. *Journal of Mathematical Psychology*, 37, 136-151.
- Massaro, D. W. y Friedman, D. (1990). Models of integration given multiple source of information. *Psychological Review*, 97, 225-252.

- Massaro, D. W. y Friedman, D. (1991). Adaptive rationality and identifiability of psychological processes. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 499-501.
- McGill, W. J. (1957). Serial effects in auditory threshold judgments. *Journal of experimental Psychology*, 53, 297-303.
- McKinley, S. C. y Nosofsky, R. M. (1995). Investigations of exemplar and decision bound models in large, ill-defined category structures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 128-148.
- McKinley, S. C. y Nosofsky, R. M. (1996). Selective attention and the formation of linear decision boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22 (2) 294-317.
- McLaren, I. P. L., Bennett, C. H., Guttman-Nahir, T., Kim, K. y Mackintosh, N. J. (1995). Prototype effects and peak shift in categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21 (3), 662-673.
- McLaren, I. P. L., Kaye, H. y Mackintosh, N. J. (1989). An associative theory of the representation of stimuli: applications to perceptual learning and latent inhibition, en Morris, R. G. M. (Ed.) *Parallel distributed processing: Implications for Psychology and Neurobiology*, Oxford, Clarendon.
- McNamara, T. P. y Sternberg, R. J. (1983). Mental models of word meaning, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 449-474.
- Medin, D. L. (1975). A theory of context in discrimination learning and learning set. En G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of learning and motivation* (Vol. 9), Academic Press, New York.
- Medin, D. L. (1989). Concepts and conceptual structure. *American Psychologist*, 44, 1469-1481.
- Medin, D. L., Altom, M. W., Edelson, S. M. y Freko, D. (1982). Correlated symptoms and simulated medical classification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 37-50.
- Medin, D. L., Altom, M. W. y Murphy, T. D. (1984). Given versus induced category representations: Use of prototype and exemplar information in classification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 3, 333-352.
- Medin, D. L., Dewey, G. I. y Murphy, T. D. (1983). Relationships between item and category learning: Evidence that abstraction is not automatic. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 607-625.

- Medin, D. L. y Edelson, S. M. (1988). Problem structure and the use of base-rate information from experience. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117 (1), 68-85.
- Medin, D. L., Goldstone, R. L. y Gentner. (1990). Similarity involving attributes and relations: Judgments of similarity and difference are not inverses. *Psychological Science*, 1, 64-69.
- Medin, D. L., Goldstone, R. L. y Gentner. (1993). Respects for similarity. *Psychological Review*, 100 (2), 254-278.
- Medin, D. L. y Ortony, A. (1989). Psychological essentialism. En Vosniadou, S. y Ortony, A. (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. New York; Cambridge University Press.
- Medin, D. L. y Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207-238.
- Medin, D. L. y Smith, E. E. (1981). Strategies and classification learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 7, 241-253.
- Medin, D. L. Wattenmaker, W. D. y Hampson, S. E. (1987). Family resemblance, concept cohesiveness, and category constructure. *Cognitive Psychology*, 19, 242-279.
- Melara, R. D., Marks, L. E. y Lesko, K. E. (1992). Optional processes in similarity judgements. *Perception & Psychophysics*, 51 (2) 123-133.
- Metcalf, J. y Fisher, R. P. (1986). The relation between recognition memory and classification learning. *Memory & Cognition*, 14, 164-173.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Michalski, R. S. (1989). Two-tiered concept meaning, inferential matching, and conceptual cohesiveness, en Vosniadou, S. y Ortony, A. (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. New York; Cambridge University Press.
- Milton, F. y Wills, A. J. (2004). The influence of stimulus properties on category construction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 30 (2) 407-475.
- Minda, J. P. y Smith, J. D. (2001). Prototypes in category learning: The effects of category size, category structure, and stimulus complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 27 (3), 775-799.
- Minda, J. P. y Smith, J. D. (2002). Comparing prototype-based and exemplar-based accounts of category learning and attentional allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 28 (2), 275-292.

- Miyano, H. (2001). Identification model based on the maximum information entropy principle. *Journal of Mathematical Psychology*, 45, 27-42.
- Mori, S. (1989). A limited-capacity response process in absolute identification. *Perception & Psychophysics*, 46 (2), 167-173.
- Mori, S. (1998). Effects of stimulus information and number of stimuli on sequential dependencies in absolute identification. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 52 (2), 72-83.
- Mori, S. y Ward, L. M. (1995). Pure feedback effects in absolute identification. *Perception & Psychophysics*, 57 (7), 1065-1079.
- Mullen, K. y Ennis, D. M. (1987). Mathematical formulation for multivariate euclidean models for discrimination methods. *Psychometrika*, 52, 235-249.
- Murphy, G. L. Theories and concept formation, en Van Mechelen, I., Hampton, J., Michalski, R. S. y Theuns, P. (Eds.), *Categories and concepts. Theoretical view and inductive data analysis*. Academic Press, London.
- Murphy, G. L. y Allopenna, P. D. (1994). The locus of knowledge effects in concept learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 904-919.
- Murphy, G. L. y Medin, D. L. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review*, 92, 289-316.
- Murphy, G. L. y Ross, B. H. (1994). Predictions from uncertain categorizations. *Cognitive Psychology*, 27, 148-193.
- Myung, I. J. (1994). Maximum entropy interpretation of decision bound and context models of categorization. *Journal of Mathematical Psychology*, 38, 335-365.
- Myung, I. J. (1996). Maximum entropy inference and stimulus generalization. *Journal of Mathematical Psychology*, 40, 342-347.
- Myung, I. J. (2000). The importance of complexity in model selection. *Journal of Mathematical Psychology*, 44, 190-204.
- Nakajima, S. (1997). Failure of inhibition by over C after A+, AB-, ABC+ training. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 23 (4), 482-490.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. Appleton-Century-Crofts, New York.
- Newcombe, N., Huttenlocher, J., Sandberg, E., Lie, E. y Johnson, S. (1999). What do misestimations and asymmetries in spatial judgment indicate about spatial representations? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25 (4), 986-996.



- Norwich, K. H., Wong, W. y Sagi, E. (1998). Range as factor determining the information of loudness judgments: Overcoming small sample bias. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 52 (2), 63-70.
- Nosofsky, R. M. (1983). Information integration and the identification of stimulus noise and criterial noise in absolute identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9 (2), 299-309.
- Nosofsky, R. M. (1984). Choice, similarity, and the context theory of classification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 104-114.
- Nosofsky, R. M. (1985). Luce's choice model and Thurstone's categorial judgment model compared: Kornbrot's data revisited. *Perception & Psychophysics*, 37 (1), 89-91.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115 (1), 39-57.
- Nosofsky, R. M. (1987). Attention and learning process in the identification and categorization of integral stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 87-108.
- Nosofsky, R. M. (1988). Exemplar-based accounts of relations between classification, recognition, and typicality. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 700-708.
- Nosofsky, R. M. (1988b). Similarity, frequency, and category representations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 54-65.
- Nosofsky, R. M. (1989). Further tests of an exemplar-similarity approach to relating identification and categorization. *Perception & Psychophysics*, 45 (4), 279-290.
- Nosofsky, R. M. (1990). Exemplar-based approach relating categorization, identification, and recognition en Ashby, F. G. (Ed.), *Multidimensional models of perception and cognition*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Nosofsky, R. M. (1990). Relations between exemplar-similarity approach and likelihood models of classification. *Journal of Mathematical Psychology*, 34, 393-418.
- Nosofsky, R. M. (1991). Typicality in logically defined categories: Exemplar-similarity versus rule instantiation. *Memory and Cognition*, 19 (2), 131-150.
- Nosofsky, R. M. (1991b). Tests of an exemplar model for relating perceptual classification and recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 3-27.

- Nosofsky, R. M. (1991c). Stimulus bias, asymmetric similarity, and classification. *Cognitive Psychology*, 23, 94-140.
- Nosofsky, R. M. (1992). Exemplars, prototypes, and similarity rules, en Healy, A. F., en Kosslyn, S. M. y Shiffrin, R. M. (Eds.), *From learning theory to connectionist theory;: Essays in honour of William K. Estes* (páginas 149-167), Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Nosofsky, R. M. (1992a). Similarity scaling and cognitive process models. *Annual Review of Psychology*, 43, 25-53.
- Nosofsky, R. M. (1998). Selective attention and the formation of linear decision boundaries: Reply to Maddox and Ashby (1998). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24 (1), 322-329.
- Nosofsky, R. M. (2000). Exemplar representation without generalization? Comment on Smith and Minda's (2000) "Thirty categorization results in search of a model". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26 (6), 1735-1743
- Nosofsky, R. M. y Alfonso-Reese, L. A. (1999). Effects of similarity and practice on speeded classification response times and accuracies: Further tests of an exemplar-retrieval model. *Memory and Cognition*. 27 (1), 78-93.
- Nosofsky, R. M., Clark, S. y Shin, H. (1989). Rules and exemplars in categorization, identification, and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 282-304.
- Nosofsky, R. M., Gluck, M. A., Palmeri, T. J., McKinley, S. C. y Glauthier, P. (1994). Comparing models of rule-based classification learning: A replication and extension of Shepard, Hovland, and Jenkins (1961). *Memory & Cognition*, 22 (3), 352-369.
- Nosofsky, R. M., Kruschke, J. K. y McKinley, S. C. (1992). Combining exemplar based category representation and connectionist learning rules. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 211-233.
- Nosofsky, R. M. y Johansen, M. K. (2000). Exemplar-based accounts of "multiple-system" phenomena in perceptual categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7 (3), 375-402.
- Nosofsky, R. M. y Smith, J. E. K. (1992). Similarity, identification, and categorization.: Comment on Ashby and Lee (1991). *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 237-245.
- Nosofsky, R. M. y Palmeri, T. J.(1997). An exemplar based random walk model of speed classification. *Psychological Review*, 104, 266-300.
- Nosofsky, R. M., Palmeri, T. J. y McKinley, S. C. (1994). Comparing models of rule-based classification learning: A replication and extension

- of Shepard, Hovland, and Jenkins (1961). *Memory and Cognition*, 22 (3), 352-369.
- Nosofsky, R. M., Palmeri, T. J. y McKinley, S. C. (1994b). Rule-plus-exception model of classification learning. *Psychological Review*, 101 (1), 53-79.
- Nosofsky, R. M. y Zaki, S. R. (2003). A hybrid-similarity exemplar model for predicting distinctiveness effects in perceptual old-new recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29 (6) 1194-1209.
- Osherson, D. N. y Smith, E. E. (1981). On the adequacy of prototype theory as a theory of concepts. *Cognition*, 12, 299-318.
- Osselaer, S. M. J. van, Janiszewski, C. y Cunha, M. (2004). Stimulus generalization in two associative learning processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 30 (3) 626-638.
- Palmeri, T. J. (1999). Learning categories at different hierarchical levels: A comparison of category learning models. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6 (3), 495-503.
- Palmeri, T. J. y Nosofsky, R. M. (2001). Central tendencies, extreme points, and prototype enhancement effects in ill-defined perceptual categorization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 54A (1), 197-235.
- Parducci, A. (1965). Category judgement: A range frequency model. *Psychological Review*, 72 (6), 407-418.
- Parducci, A. y Marshall, L. M. (1962). Assimilation vs. contrast in the anchoring of perceptual judgements of weight. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 426-437.
- Parducci, A. y Perrett, L. F. (1971). Category rating scales: Effects of relative spacing and frequency. *Journal of Experimental Psychology Monograph*, 89, 427-452.
- Parducci, A. y Wedell, D. H. (1986). The category effect with rating scales: Number of categories, number of stimuli, and method of presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12 (4), 496-516.
- Parker, S., Murphy, D. R. y Schneider, B. A. (2002). Top-down gain control in the auditory system: Evidence from identification and discrimination experiments. *Perception & Psychophysics*, 64 (4), 598-615.
- Pascual, J., Frías, D. y García, F. (1996). Manual de psicología experimental. Metodología de investigación. Ariel Psicología, Barcelona.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes*. Oxford University Press, London.

- Pazzani, M. J. (1991). Influence of prior knowledge on concept acquisition: Experimental and computational results. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 416-432.
- Pearce, J. M. (1987). A model for stimulus generalization in pavlovian conditioning. *Psychological Review*, 94 (1), 61-73.
- Pearce, J. M. (1994). Similarity and discrimination: A selective review and a connectionist model. *Psychological Review*, 101 (4), 587- 607.
- Pearce, J. M. (1998). *Aprendizaje y cognición*. Editorial Ariel, Barcelona.
- Pearce, J. M. y Bouton, M. E. (2001). Theories of associative learning in animals. *Annual Review of Psychology*, 52, 111-139.
- Pearce, J. M. y Hall, G. (1980). A model of pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not unconditioned stimuli. *Psychological Review*, 87, 532-552.
- Peraita Adrados, H. y González Labra, M. J. (1995). La obra de Eleanor Rosch veinte años después. *Cognitiva*, 7 (1), 67-92.
- Podgorny, P. y Garner, W. R. (1979). Reaction time as measure of inter-intraobject visual similarity: Letters of the alphabet. *Perception & Psychophysics*, 26, 37-52.
- Pollack, I. (1952). The information of elementary auditory displays. I. *Journal of the Acoustical Society of America*, 24, 745-749.
- Posner, M. I. y Keele, S. W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353-363.
- Posner, M. I. y Keele, S. W. (1970). Retention of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 304-308.
- Purks, S. R., Callahan, D. J., Braida, D. L. y Durlach, N. I. (1980). Intensity perception. X. Effect of the preceding stimulus on identification performance. *Journal of the acoustical Society of America*, 67 (2), 634-637.
- Putnam, H. (1974). The “corroboration” of theories. En Schilpp, P. (Ed.), *The Philosophy of Karl Popper*, Vol. 1. Open Court University.
- Putnam, H. (1975). The meaning of “meaning”, en Gunderson, K. (Ed.), *Language, mind and knowledge*, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. 7, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Quine, W. V. O. (1977). Natural kinds, en Schwartz, S. P. (Ed.), *Naming, necessity, and natural kinds* (pp. 155-175). Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Raaijmakers, J. G. y Shiffrin, R. M. (1981). Search of associative memory. *Psychological Review*, 88, 93-134.
- Rachlin, H. (1991). The cognitive laboratory, the library and the Skinner box. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 501-501.

- Ralph, R. M., Robert, C. B. y Grahame, N. J. (1995). Assessment of the Rescorla-Wagner model. *Psychological Bulletin*, 117 (3), 363- 386.
- Reed, S. K. (1972). Pattern recognition and categorization. *Cognitive Psychology*, 3, 382-407.
- Rehder, B. (2003a). Categorization as causal reasoning. *Cognitive Science*, 709-748.
- Rehder, B. (2003b). A causal-model theory of conceptual representation and categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29 (6) 1141-1159.
- Rehder, B. y Hastie, R. (2001). Causal knowledge and categories: The effects of causal beliefs on categorization, induction, and similarity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (3), 323-360.
- Rehder, B. y Murphy, G. L. (2003). KRES.
- Rehder, B. y Ross, B. H. (2001). Abstract coherent categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27 (5), 1261-1275.
- Rescorla, R. A. (1999). Associative changes in elements and compounds when the others is reinforced. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 25 (2), 247-255.
- Rescorla, R. A. y Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. En Black, A. H. y Prokasy, W. F. (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory*. Appleton-Century-Crofts, New York.
- Rips, L. J. (1989). Similarity, typicality, and categorization. En S. Vosniadou, S. y Ortony, A. (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rips, L. J. y Collins, A. (1993). Categories and resemblance. *Journal of Experimental Psychology*, 122 (4), 468-486.
- Rips, L. J. y Estin, P. A. (1998). Components of objects and events. *Journal of Memory and Language*, 39, 309-330.
- Rips, L. J., Shoben E. J. y Smith, E. E. (1973). Semantic distance and the verification of semantic relations. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 665-681.
- Roberts, S. y Pashler, H. (2000). How persuasive is a good fit? A comment on theory testing. *Psychological Review*, 107 (2), 358-367.
- Rosch, E. R. (1973). On the internal structure of perceptual and semantic categories, en Moore, T. E. (Ed.), *Cognitive Development and the acquisition of language*. Academic Press, New York.
- Rosch, E. R. (1975). Cognitive reference points. *Cognitive Psychology*, 7, 532-547.

- Rosch, E. R. (1978). Principles of categorization, en Rosch, E. R. y Lloyd, B. B (Eds.). *Cognition and Categorization*. LEA, Hillsdale, N. J.
- Rosch, E. y Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, M. D. y Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Ross, B. H. (1984). Reminders and their effects in learning a cognitive skill. *Cognitive Psychology*, 16, 371-416.
- Ross, B. H. y Warren, J. L. (2002). Learning abstract relations from using categories. *Memory & Cognition*, 30 (5), 657-665.
- Rossel, Y. (2002). Mixture models of categorization. *Journal of Mathematical Psychology*, 46, 178-210.
- Rouder, J. N. (2001). Absolute identification with simple and complex stimuli. *Psychological Science*, 12 (4), 318-322.
- Rouder, J. N. y Ratcliff, R. (2004). Comparing categorization models. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133 (1), 63-82.
- Sanocki, T. (2002). Interaction of scale and time during object identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27 (2), 290-302.
- Sattath, S. y Tversky, A. (1977). Additive similarity trees. *Psychometrika*, 42 (3), 319-345.
- Schyns, P. G., Goldstone, R. L. y Thibaut, JP. (1998). The development of features in object concepts. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 1-54.
- Schyns, P. G. y Rodet, L. (1996). Categorization creates functional features. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 681-696.
- Shafir, E. (1991). On the nonapplicability of a rational analysis to human cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 502-503.
- Shanks, D. R., Charles, D., Darby, R. J. y Azmi, A. (1998). Configural processes in human associative learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 24 (6) 1353-1378.
- Shanks, D. R., Darby, R. J. y Charles, D. (1998). Resistance to interference in human associative learning: Evidence of configural processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 24 (2), 136-150.
- Shepard, R. N. (1958). Stimulus and response generalization: Deduction of the generalization gradient from a trace model. *Psychological Review*, 65, 242-256.
- Shepard, R. N. (1986). Discrimination and classification: Comment on Nosofsky. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 415-416.

- Shepard, R. N. (1987). Toward a universal law of generalization for psychological science. *Science*, 237, 1317-1323.
- Shepard, R. N. (1988). Time and distance in generalization and discrimination: Comment on Ennis (1988). *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 58-61.
- Shepard, R. N. y Chang, J. J. (1963). Stimulus generalization in the learning of classifications. *Journal of Experimental Psychology*, 65, 94-102.
- Shepard, R. N., Hovland, C. I. y Jenkins, H. M. (1961). Learning and memorization of classifications. *Psychological Monographs*, 75, (13, 517).
- Shiffrin, R. M. y Nosofsky, R. M. (1994). Seven plus minus two: a commentary on capacity limitations. *Psychological Review*, 101 (2), 357-361.
- Shin, H. J. y Nosofsky, R. M. (1992). Similarity scaling of dot pattern classification and recognition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 12 (3), 278-304.
- Sloman, S. A. y Rips, L. J. (1998). Similarity as an explanatory construct. *Cognition*, 65, 87-101.
- Sloman, S. A., Love, B. C. y Ahn, W. (1998). Feature centrality and conceptual coherence. *Cognitive Science*, 22, 189-228.
- Smith, E. E. (1989). Concepts and induction, en Posner, M. J. (Ed.) *Foundation of Cognitive Science*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Smith, E. E. y Medin, D. L. (1981). *Categories and concepts*. Harvard University Press, Cambridge, M. A.
- Smith, E. E., Patalano, A. L., y Jonides, J. (1998). Alternative strategies of categorization. *Cognition*, 65, (2-3), 167-196.
- Smith, E. E. y Sloman, S. A. (1994). Similarity- versus rule-based categorization. *Memory & Cognition*, 22 (4), 377-386.
- Smith, J D. (2002). Exemplar theory's predicted typicality gradient can be tested and disconfirmed. *Psychological Science*, 13 (5), 437-442.
- Smith, J D. y Minda, J. P. (1998). Smith, J D. y Minda J. P. (1998). Prototypes in the mist: the early epochs of category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24 (6), 1411-1436.
- Smith, J D. y Minda, J. P. (2000). Thirty categorization results in search of a model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26 (1), 3-27.
- Smith, J D. y Minda, J. P. (2001). Journey to the center of the category: The dissociation in amnesia between categorization and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27 (4), 984-1002.

- Smith, J. D. y Minda, J. P. (2002). Distinguishing prototype-based and exemplar-based processes in dot-pattern category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(4), 800-811.
- Spence, K. W. (1936). The nature of discrimination learning in animals. *Psychological Review*, 43, 427-449.
- Spence, K. W. (1937). The differential response of animals to stimuli differing within a single dimension. *Psychological Review*, 44, 430-444.
- Spencer, J. P. y Hund, A. M. (2002). Prototypes and particulars: geometric and experience-dependent spatial categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131 (1) 16-37.
- Staddon, J. E. R. y Reid, A. K. (1990). On the dynamics of generalization. *Psychological Review*, 97, 576-578.
- Stevens, S. S. (1957). On the psychological law. *Psychological Review*, 64, 153-181.
- Stewart, N. y Brown, G. D. A. (2004). Sequence effects in the categorization of tones varying in frequency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 30 (2), 416-430.
- Stewart, N., Brown, G. D. A. y Chater, N. (2002). Sequence effects in categorization of simple perceptual stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 28 (1), 3-11.
- Stewart, N. y Chater, N. (2001). The effect of category variability in perceptual categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 28 (5), 893-907.
- Storms, G., De Boeck, P. y Ruts, W. (2000). Prototype and exemplar-based information in natural language categories. *Journal of Memory and Language*, 42, 51-73.
- Sutcliffe, J. P. (1993). Concept, class, and category in the tradition of Aristotle, en Van Mechelen, I., Hampton, J., Michalski, R. S. y Theuns, P. (Eds.), *Categories and concepts. Theoretical view and inductive data analysis*. Academic Press, London.
- Takane, Y. y Shibayama, T. (1992). Structures in stimulus identification data. En Ashby, F. G. (Ed.), *Multidimensional models of perception and cognition*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Tanner, W. P. (1956). Theory of recognition. *Journal of Acoustical Society of America*, 28, 882-888.
- Tanner, W. P. y Swets, J. A. (1954). A decision-making theory of visual detection. *Psychological Review*, 61, 401-409.
- Thibaut, JP, Dupont, M. y Anselme, P. (2002). Dissociations between categorization and similarity judgments as a result of learning feature distributions. *Memory & Cognition*, 30 (4), 647-656.



- Thomas, D. R. (1962). The effects of drive and discrimination training on stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychology*, 64, 24-28.
- Thomas, R. D. (2001). Perceptual interactions of facial dimensions in speeded classification and identification. *Perception & Psychophysics*, 63 (4), 625-650.
- Thorndike, E. L. (1898). Animal intelligence: an experimental study of the associative processes in animals. *Psychological Monographic*, 24 (8). Todo el número.
- Treisman, M. y Williams, T. C. (1984). A theory of criterion setting with an application to sequential dependencies. *Psychological Review*, 91, 68-111.
- Treisman, M. (1985). The magical number seven and some other features of category scaling: Properties of a model for absolute judgement. *Journal of Mathematical Psychology*, 29, 175-230.
- Tversky, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review*, 84, 327-352.
- Tversky, A. y Kahneman, D (1983). Extension versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgement. *Psychological Review*, 90, 293-315.
- Vandierendonck, A. (1995). A parallel rule activation and rule synthesis model for generalization in category learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 442-459.
- Vandierendonck, A. y Roseel, Y. (2000). Interaction of knowledge-driven and data-driven processing in category learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12 (1), 37-63.
- Van Mechelen, I. y Michalski, R. S. (1993), General introduction: purpose, underlying ideas, and scope of the book, en Van Mechelen, I., Hampton, J., Michalski, R. S. y Theuns, P. (Eds.), *Categories and concepts. Theoretical view and inductive data analysis*. Academic Press, London.
- Wagner, A. R. (1981). SOP: A model of automatic memory processing in animal behavior, en Spear, M. M. y Miller, R. R. (Eds.) *Information processing in animals: Memory mechanisms*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N. J.
- Wagner, A. R. y Brandon, S. E. (1989). Evolution of a structured connectionist model of pavlovian conditioning AESOP, en Klein, S. B. y Mowrer, R. R. (Eds.), *Contemporary learning theories: Pavlovian conditioning and the status of traditional learning theory*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N. J.
- Wagner, A. R. y Rescorla, R. A. (1972). Inhibition in Pavlovian conditioning: Application of a theory. En Boakes, R. A. y M. S. Halliday (Eds.), *Inhibition and learning*. Academic Press, New York.

- Wasserman, E. A., DeVolder, C. L. y Coppage, D. J. (1992). Nonsimilarity-based conceptualization in pigeons via secondary or mediated generalization. *Psychological Science*, 3, 374-379.
- Wattenmaker, W. D. (1991). Learning modes, feature correlations, and memory-based categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 908-923.
- Wattenmaker, W. D., Dewey, G. I., Murphy, T. D. y Medin, D. L. (1986). Linear separability and conceptual learning: Context, relational properties, and concept naturalness. *Cognitive Psychology*, 18, 158-194.
- Weber, E. H. (1834). *De pulsus, resorptione, auditu e tactu*. Köhler, Leipzig. Traducido como *De tactu* (1978), Academic Press, London.
- Wedell, D. H. (1996). A constructive–associative model of the contextual dependence of unidimensional similarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22 (3), 634-661.
- Wexler, K. (1978). A review of John Anderson's Language, Memory, and Thought. *Cognition*, 6, 327-351.
- Whorf, B. L. (1941). Languages and logic, en Carroll, J. B. (Ed.), *Language, thought, and reality: Selected papers of Benjamin Lee Whorf*. MIT Press, Cambridge; MA.
- Williams, D. A. y Braker, D. S. (1999). Influence of past experience on the coding of compound stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Process*, 25, 461-474.
- Williams, D. A., Sagness, K. E. y Phee, J. E. (1994). Configural and elemental strategies in predictive learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 694-709.
- Wilson, P. N., Boumphrey, P. y Pearce, J. M. (1992). Restoration of the orientating response to a light by a change in its predictive accuracy. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44B, 17-36.
- Wills, S. y McLaren, I. P. L. (1998). Perceptual learning and free classification. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51B (3), 235-270.
- Wills, S. y Mackintosh, N. J. (1998). Peak shift on an artificial dimension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51B (1), 1-31.
- Wills, A. J., Suret, M. y McLaren, I. P. L. (2004). The role of category structure in determining the effects of stimulus preexposure on categorization accuracy. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53B (1), 79-88.
- Wisniewski, E. J. y Medin, D. L. (1994). On the interaction of theory and data in concept learning. *Cognitive Science*, 18, 221-282.
- Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical Investigations*, Blackwell, Oxford.

- Yamauchi, T. y Markman, A. B. (1998). Category learning by inference and classification. *Journal of Memory and Language*, 39, 124-148.
- Yamauchi, T. y Markman, A. B. (2000). Inference using categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26 (3), 776-795.
- Young, M. E. y Wasserman, E. A. (2002). Limited attention and cue order consistency affect predictive learning: a test of similarity measures. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 28 (3), 484-496.
- Zaki, S. R. y Nosofsky, R. M. (2001). Exemplar accounts of blending and distinctiveness effects in perceptual old-new recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27 (4), 1022-1041.
- Zaki, S. R., Nosofsky, R. M., Stanton, R. D. y Cohen, A. L. (2003). Prototype and exemplar accounts of category learning and attentional allocation: a reassessment. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 29 (6), 1160-1173.
- Zinnes, J. L. y MacKay, D. B. (1983). Probabilistic multidimensional scaling: Complete and incomplete data. *Psychometrika*, 48, 27-48.
- Zinnes, J. L. y MacKay, D. B. (1987). Probabilistic multidimensional analysis of preference judgements. *Communication and Cognition*, 20, 17-44.