

## ADQUISICIÓN PROGRESIVA DEL CONOCIMIENTO SOBRE RELACIONES PREDICTIVAS: CURVAS DE APRENDIZAJE EN JUICIOS DE CONTINGENCIA

Francisco J. López, Julián Almaraz, Pablo Fernández y David Shanks\*

Universidad de Málaga y \*University College London

El objetivo del presente trabajo es estudiar el aprendizaje de relaciones predictivas entre acontecimientos. A través de una tarea en la que los participantes debían evaluar las relaciones dispuestas entre un predictor y una consecuencia, analizamos la evolución de los juicios a lo largo de los ensayos. Se programaron cuatro condiciones de contingencia, positiva, negativa, y dos nulas, de alta y baja probabilidad de ocurrencia de la consecuencia. Los resultados mostraron un adecuado ajuste de los juicios terminales a los diferentes niveles de contingencia programados y una adquisición progresiva del conocimiento sobre las relaciones dispuestas. En relación con los procesos psicológicos implicados, nuestros resultados y las simulaciones realizadas han mostrado las limitaciones explicativas del modelo estadístico  $\Delta P$ , así como la compatibilidad de los mismos con las predicciones del modelo asociativo de Rescorla y Wagner.

*Gradual acquisition of knowledge of predictive relationships: learning curves in contingency judgements.* The aim of this paper was studying how predictive relationships between events are learnt. Participants had to evaluate the relationship arranged between a cue and an outcome and it was studied how their judgements evolved across trials. Four different contingency conditions were programmed, positive, negative and two zero contingency conditions with a high and a low outcome probability. The results showed that terminal ratings agreed with the contingency programmed and that the knowledge about predictive relationships was gradually acquired. Regarding their theoretical implications, such results and the simulations performed showed the limitations of the  $\Delta P$  statistical model and their compatibility with the predictions made by the Rescorla and Wagner associative model.

El conocimiento sobre las relaciones que se dan entre diferentes acontecimientos constituye un elemento mediador relevante

de muchas acciones que los individuos realizan de forma cotidiana. Conocer las relaciones existentes entre una exposición prolongada al sol y el sufrimiento de quemaduras en la piel es un elemento relevante que los que visitan las zonas costeras cálidas deberían tener en cuenta (y no siempre hacen). El conocimiento de las consecuencias de nuestra acción o la de los demás

---

Correspondencia: Francisco J. López Gutiérrez  
Facultad de Psicología  
Universidad de Málaga  
29071 Málaga (Spain)  
E-mail: fj\_lopez@uma.es

ayuda al individuo a maximizar sus posibilidades de éxito y minimizar las de fracaso en sus intercambios con el medio. En definitiva, permite la predicción de acontecimientos futuros a partir de indicadores presentes así como la comprensión de cómo los acontecimientos se sucedieron en el pasado (Crocker, 1981). El valor adaptativo de esta forma de conocimiento parece fuera de toda duda.

No obstante, este valor adaptativo depende del cumplimiento de una condición. El conocimiento adquirido debe ajustarse a las relaciones reales existentes entre los eventos. La noción estadística de *contingencia* puede servirnos como medida normativa de las circunstancias en las que puede considerarse que dos acontecimientos están realmente relacionados. Imaginemos el caso más simple en el que la contingencia se define entre un único evento predictor y un único acontecimiento consecuente. En la tabla 1 se representan ambos acontecimientos de forma dicotómica, en términos de sus presencias y ausencias.

*Tabla 1*

Matriz 2 x 2 de contingencia en la que se representan las cuatro posibles combinaciones de presencias y ausencias del predictor y la consecuencia. La casilla *a* representa la frecuencia de emparejamientos predictor-consecuencia; la casilla *b*, el número de veces en las que el predictor se presenta sin ser acompañado de la consecuencia; la casilla *c*, el número de presentaciones de la consecuencia en ausencia del predictor; la casilla *d*, el número de ocasiones en las que ninguno de los dos acontecimientos está presente

	Presencia de Consecuencia	Ausencia de Consecuencia
Presencia del Predictor	a	b
Ausencia del Predictor	c	d

Dado el carácter unidireccional de la relación que se establece (desde el predictor a la consecuencia y no al revés), Allan (1980) propuso  $\Delta P$  como la medida normativamente apropiada de relación entre los acontecimientos:

$$\Delta P = p(C / P) - p(C / \bar{P}) = \frac{a}{a+b} - \frac{c}{c+d}$$

siendo  $p(C / P)$  la probabilidad de la consecuencia dado el predictor y  $p(C / \bar{P})$  la probabilidad de la consecuencia en ausencia del predictor  $\Delta P$  puede adoptar valores desde -1 a +1. Los valores positivos implican que la ocurrencia de la consecuencia es más probable en presencia que en ausencia del predictor. Los negativos implican que la consecuencia es más probable cuando el predictor está ausente que cuando está presente. Un valor cero señala que ambos eventos no están relacionados.

El trabajo empírico que presentamos se plantea un doble objetivo. El primero de ellos es evaluar si el conocimiento adquirido sobre relaciones de contingencia sigue algún patrón de adquisición gradual a lo largo de la tarea. Este análisis nos permite indagar en la naturaleza del proceso mismo de aprendizaje o adquisición de dicho conocimiento. Shanks (1985, 1987) o Baker, Mercier, Vallée-Tourangeau, Frank y Pan (1993) han mostrado la existencia de tal patrón de evolución de los juicios (para resultados en contra véase Baker, Berbrier y Vallée-Tourangeau, 1989; experimento 3). En los estudios citados se muestra que cuando la contingencia programada es positiva, los juicios tienden a aumentar en su magnitud numérica a lo largo de los ensayos hasta alcanzar un valor asintótico próximo al de la contingencia dispuesta. Cuando la contingencia es negativa, los juicios a lo largo de la tarea de aprendizaje pasan de indicar que no existe relación alguna hasta alcanzar un valor asintótico también próximo a la con-

tingencia negativa programada. En el caso del experimento 3 de Baker et al. (1989) es posible que dicho patrón de evolución no se encontrase debido a que el aprendizaje de los participantes fuera lo suficientemente rápido como para haber alcanzado un nivel asintótico o muy próximo a él a la hora de emitir el primero de los juicios requeridos.

En el caso particular de la contingencia nula, Shanks (1985, 1987) encontró que los juicios seguían un patrón estable. Además, se mostraba que los juicios de los participantes estaban sesgados por la probabilidad de ocurrencia del acontecimiento consecuente: *sesgo de densidad* (Shanks, 1985). Cuando la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia era alta se percibía una mayor relación de contingencia que cuando ésta era baja, ante valores de contingencia nula.

El segundo objetivo del presente estudio es evaluar cómo las diferentes hipótesis sobre los mecanismos de adquisición de conocimiento predictivo pueden explicar esta, al parecer, adquisición progresiva de conocimiento. Una primera hipótesis supone que los juicios de contingencia están mediados por alguna estimación mental basada en la diferencia entre aquellas probabilidades condicionadas que definen  $\Delta P$  (Cheng y Novick, 1992; Cheng y Holyoak, 1995).

Una segunda hipótesis supone que los juicios de contingencia están mediados por procesos de naturaleza asociativa. En concreto, algunos autores han propuesto el modelo de Rescorla y Wagner (1972; en adelante R-W) como explicación de dichos procesos (Dickinson, Shanks y Evenden, 1984; Chapman, 1991; Wasserman, Elek, Chatlosh y Baker, 1993). De acuerdo con este modelo, las presentaciones conjuntas del predictor y la consecuencia conducen al desarrollo de una asociación entre las representaciones mentales de ambos. Dicha asociación sufre modificaciones en su magnitud cada vez que el acontecimiento predictor se encuentra presente en un determinado

ensayo. En concreto, la asociación incrementará su magnitud si el predictor y la consecuencia están ambos presentes o la disminuirá si sólo está el predictor presente. La ecuación básica que determina estas modificaciones es:

$$\Delta V_{ij} = \alpha_i \beta_j (\lambda_j - \Sigma V),$$

donde  $V_{ij}$  representa la magnitud del lazo asociativo o grado en que el predictor  $i$  predice la consecuencia  $j$ ;  $\alpha_i$  y  $\beta_j$  representan la saliencia psicológica del predictor y la consecuencia, respectivamente. De acuerdo con el modelo, existe un  $\beta_j^+$  y un  $\beta_j^-$  que representan la saliencia de la presencia y la ausencia de la consecuencia, respectivamente.  $\lambda$  designa la presencia o no de la consecuencia en un ensayo determinado, adoptando un valor de 1.00 cuando está presente y de 0.00 cuando está ausente.  $\Sigma V$  representa el grado en el que todos los predictores presentes en un determinado ensayo predicen la ocurrencia de la consecuencia.  $V_{ij}$  puede adoptar valores positivos o negativos, quedando reservado los primeros para aquellas situaciones en las que cabe esperar la ocurrencia de la consecuencia a partir del predictor y los segundos para aquellas otras en las que cabe esperar su ausencia. Chapman y Robbins (1990) mostraron la equivalencia entre las predicciones asintóticas del modelo asociativo y el cálculo arrojado por  $\Delta P$  en situaciones simples en las que interviene un único predictor en un contexto causal constante.

En principio puede decirse que el modelo estadístico basado en  $\Delta P$  resulta insuficiente a la hora de explicar el patrón de evolución que siguen los juicios a lo largo del entrenamiento, siempre que la contingencia real entre los eventos se mantenga constante (en los apartados de resultados y discusión volvemos sobre este asunto). Para el modelo asociativo, la naturaleza del mecanismo que rige las modificaciones del lazo asociativo asegura incrementos o decrementos gradua-

les de la magnitud del mismo a lo largo de los ensayos. Dado que la magnitud del lazo asociativo representa el conocimiento predictivo del individuo, el modelo postula que dicho conocimiento se va a adquirir de forma gradual, en situaciones de contingencia positiva y de contingencia negativa (Shanks y Dickinson, 1987). Nótese que el modelo supone la existencia de una relación monotónica entre la magnitud del mencionado lazo asociativo del predictor y el juicio de los individuos sobre la relación percibida entre el predictor y la consecuencia.

Este análisis que realizamos descansa de manera crucial en la suposición de que la evolución de los juicios implica una adquisición progresiva del conocimiento predictivo. Parece plausible asumir que los juicios estén mediados por el conocimiento predictivo, pero ¿qué otros factores, además del conocimiento predictivo adquirido pueden estar influyendo sobre los juicios?

En relación con esta cuestión cabe destacar que la manipulación de la contingencia se ha realizado a nivel intrasujetos en la totalidad de los estudios mencionados. Nos parece que una manipulación intersujetos de la contingencia entre los eventos resulta más apropiada. De ese modo, la posible interferencia del conocimiento adquirido previamente al evaluar otras relaciones de contingencia no estará condicionando los juicios emitidos en condiciones posteriores.

Otro factor que puede estar condicionando la emisión de los juicios es el grado de confianza que los individuos tienen sobre la relación percibida. Puede que el patrón de evolución encontrado en los juicios esté reflejando una evolución de la confianza de los individuos en el conocimiento adquirido más que una evolución del conocimiento mismo. En este sentido, resultaría muy ilustrativo examinar si la evolución de los juicios sigue teniendo lugar cuando los participantes han de emitir, además y de manera

independiente un juicio sobre la confianza en la relación percibida. De este modo, se facilita que los participantes puedan distinguir ambas cuestiones y, por tanto, se estaría minimizando la posible fuente de confusión sobre los juicios de contingencia emitidos (Shanks, 1987).

Otro factor condicionante es el registro continuado de juicios a lo largo de la tarea. Catena, Maldonado y Cándido (1998) han destacado recientemente la incidencia de factores de anclaje y ajuste en los juicios de los individuos, ajenos al conocimiento sobre relaciones predictivas, como condicionantes del propio juicio emitido. En el trabajo empírico que se presenta intentamos evaluar de manera efectiva la evolución del conocimiento predictivo no sólo a partir del patrón de evolución de los juicios de contingencia, sino también a partir de las predicciones realizadas ensayo a ensayo sobre la ocurrencia o no de la consecuencia. Estas predicciones constituyen una manera indirecta de medir la evolución del conocimiento predictivo adquirido en ausencia de juicios explícitos.

De manera interesante, el nivel de formalización en el que se expresa tanto el modelo estadístico como el modelo asociativo nos brinda la posibilidad de realizar una simulación de las predicciones de ambos modelos sobre los juicios de las relaciones percibidas.

## Método

### *Participantes y aparato*

Un total de 80 participantes, estudiantes de Psicología de la Universidad de Málaga, tomaron parte en este experimento de forma voluntaria. Los participantes realizaban la tarea de manera individual en ordenadores PC-compatibles IBM. Todas las respuestas de los participantes quedaban registradas en el propio ordenador.

*Procedimiento*

Durante la tarea, los participantes tenían que evaluar la efectividad de un camuflaje (predictor) a la hora de evitar las explosiones de un tanque (consecuencia). El origen de las explosiones del tanque era la existencia de minas guiadas visualmente que la presencia del camuflaje podía confundir (Baker et al., 1989).

En cada ensayo aparecía un único tanque en el centro del lateral derecho del monitor y el campo de minas estaba situado en el centro del recorrido que el tanque debía realizar. El estado del tanque (camuflado o sin camuflar) se iba alternando ensayo a ensayo (colores azul y gris, respectivamente) hasta completar 40 ensayos y comenzando con una presentación no camuflada. En cada uno de estos ensayos el participante debía pronosticar si el tanque iba a explotar o no. A continuación, el tanque iniciaba su movimiento hacia la parte central del lateral izquierdo del monitor y a la altura del campo de minas, explotaba o no de acuerdo con la contingencia programada en los diferentes grupos experimentales. Las explosiones del tanque eran acompañadas de un sonido agudo, tras lo cual daba comienzo un nuevo ensayo. Cuando el tanque no explotaba, continuaba su recorrido sobre el campo de minas hasta que desaparecía por el centro del lateral izquierdo.

Con este procedimiento se intenta, por un lado, evitar la incidencia de conocimientos previos de los participantes que pudieran interferir con el aprendizaje de la relación. Por otro lado, la presentación ensayo a ensayo de la información intenta reproducir el modo en el que los individuos encuentran secuencias de acontecimientos en el mundo real (situaciones *experimentadas*; Shanks, 1991).

El diseño empleado incluía cuatro grupos experimentales según la contingencia programada, manipulada a nivel intersujetos. Los cuatro grupos fueron: +0.5 (0.75/0.25), -

0.5 (0.25/0.75), 0 (0.75/0.75) y 0 (0.25/0.25). El primero de los dígitos hace referencia a la probabilidad de que la explosión fuera evitada en presencia del camuflaje mientras que el segundo refleja la probabilidad de evitación de la explosión en ausencia del camuflaje. La contingencia se mantenía constante a lo largo de los ensayos y fue programada tomando como referencia bloques de 8 ensayos. La asignación de los participantes a los grupos fue aleatoria de tal modo que cada uno contaba con 20 participantes.

La inclusión de dos grupos diferentes en los que la contingencia programada era nula tiene por objetivo comprobar los efectos de la frecuencia de ocurrencia de la consecuencia sobre el conocimiento predictivo de los participantes (sesgo de densidad). Además, la inclusión de ambos grupos nos permite comprobar si el patrón de evolución de los juicios es diferente en función de la frecuencia de ocurrencia de la consecuencia.

Cada 5 ensayos, los participantes emitían dos juicios. Por un lado, un juicio sobre la contingencia percibida desde el inicio de la tarea. Estos juicios se registraban en una escala numérica continua desde -100 a +100, calibrada en unidades de 10, y presente en el momento en que los participantes los emitían. La mitad negativa de la escala indica que el camuflaje es perjudicial para la integridad del tanque (contingencia negativa) mientras que la mitad positiva que el camuflaje es efectivo (contingencia positiva). El cero o punto central de la escala recoge la ausencia de relación entre el camuflaje y la evitación de las explosiones. En segundo lugar, un juicio sobre la confianza en la relación detectada. Estos juicios de confianza se emitían en una escala de 1 (muy poca confianza) a 7 (mucho confianza), calibrada en unidades de 1.

*Procedimiento general de las simulaciones*

Conociendo la secuencia concreta de eventos que cada participante observó pode-

mos calcular los juicios que tanto  $\Delta P$  como R-W predicen en los diferentes grupos de contingencia programados.

Para realizar una simulación de los juicios emitidos a partir de R-W, se han de asignar valores numéricos a los parámetros de saliencia. Consideramos la existencia de dos parámetros libres, por un lado el producto  $\alpha_i \cdot \beta_j^+$  y por otro, el producto  $\alpha_i \cdot \beta_j^-$ . Se asignaron los dos valores comprendidos en el intervalo [0,1] que generaron predicciones más ajustadas a los resultados obtenidos de acuerdo con las medidas de error que más abajo se describen.

En relación con la simulación de los resultados según  $\Delta P$ , también se asignaron dos parámetros libres (Wasserman, 1990). Los parámetros suponen ponderaciones o pesos diferentes aplicados sobre las dos probabilidades condicionadas que definen la contingencia. De tal modo que la ecuación del modelo quedaría reescrita del siguiente modo:

$$\Delta P_{ponderado} = P_1 \times p(C/P) - P_2 \times p(C/\bar{P})$$

La interpretación psicológica de esta versión del modelo señala que los participantes pueden no atribuir la misma relevancia a ambas probabilidades condicionadas (si  $P_1 \neq P_2$ ) a la hora de emitir sus juicios. De nuevo, se seleccionaron aquellos valores de ambos parámetros pertenecientes al intervalo [0,1] que generaron predicciones más ajustadas a los juicios obtenidos.

El procedimiento de simulación de los juicios fue el siguiente (Nosofsky y Kruschke, 1992). Se tomaron las diferentes secuencias de 40 ensayos que cada participante había experimentado y se calcularon los juicios que cada uno de los modelos predice cada 5 ensayos para cada secuencia. De este modo pueden calcularse los juicios medios predichos por ambos modelos en cada condición de contingencia para ser comparados con los juicios medios obtenidos de

los participantes (8 x 4 juicios). En el caso de R-W, los juicios predichos coinciden con la fuerza asociativa de la clave predictorora cada cinco ensayos. En el caso de  $\Delta P$ , los juicios predichos son el valor arrojado por la diferencia entre las probabilidades condicionadas ponderadas desde el inicio de la tarea hasta el momento de calcularla.

La bondad del ajuste de las predicciones de los modelos a los juicios se hizo tomando dos medidas. Por un lado, la suma cuadrática de errores (suma de las diferencias al cuadrado entre las predicciones sobre cada juicio y el juicio correspondiente) y, por otro, el porcentaje de la varianza de los juicios que queda explicada por los modelos.

## Resultados

### *Juicios de contingencia*

Según el procedimiento utilizado, la contingencia que tuvo lugar fue idéntica a la programada cada 8 ensayos. Dado que los juicios de los participantes fueron registrados cada 5 ensayos, presentamos a continuación la contingencia que realmente tuvo lugar cada 5 ensayos para asegurarnos de dos cosas: a) la contingencia real y la programada no diferían sustancialmente; b) la contingencia real no sufrió ningún tipo de cambio o patrón de evolución a lo largo de los ensayos de aprendizaje. En la figura 1 aparecen dichos valores de contingencia real y puede verse que, en efecto, ambos requisitos fueron satisfechos.

En todos los análisis efectuados se adoptó un valor de  $\alpha$  de 0.05. Los juicios que los participantes emitieron en los diferentes grupos de contingencia a lo largo de la tarea se muestran en la figura 2. Para estudiar el patrón de evolución de los juicios, se realizó un análisis mixto de varianza ensayos x contingencia (8 x 4). Sólo el efecto principal del factor contingencia fue significativo,

$F(3,76)= 31.21$ ;  $MS_e= 5602.12$  y la interacción entre ambos factores,  $F(21,532)= 3.37$ ;  $MS_e= 988.29$ . El análisis, en definitiva, revela que el patrón de evolución variaba de manera significativa en los diferentes grupos de contingencia.

Se analizaron las diferencias entre los juicios iniciales (tras 5 ensayos) y finales (tras 40 ensayos) en los diferentes grupos para conocer el origen de la interacción encontrada entre los factores. Este análisis descubrió la existencia de diferencias significativas entre los juicios comparados en los grupos 0.75/0.25 y

0.25/0.75,  $F(1,76)= 21.05$ ;  $MS_e= 988.29$  y  $F(1,76)= 7.87$ ;  $MS_e= 988.29$ , respectivamente. En concreto, en el grupo 0.75/0.25 los juicios emitidos tras 5 ensayos fueron significativamente menores que los emitidos al final de la tarea mientras que en el grupo 0.25/0.75, contrariamente, los juicios emitidos tras 5 ensayos fueron mayores que los emitidos al final de la tarea. En los dos grupos en los que la contingencia programada era nula, no se obtuvieron diferencias significativas entre los juicios emitidos al inicio y al final de la tarea (los dos valores de F fueron menores a 0.73).

Los resultados de la figura 2 muestran, además, que los juicios en el grupo 0.75/0.75 se incrementaron inicialmente para luego descender hacia el final de la tarea. Dos contrastes no ortogonales, teniendo en cuenta la inflación que se produce en el error de tipo I con los sucesivos contrastes, mostraron que los juicios en este grupo tras los 10 primeros ensayos de tarea diferían significativamente de los juicios en el grupo 0.25/0.25 tras el mismo número de ensayos,  $F(1,76)= 3.94$ ;  $MS_e= 2023.60$ . Asimismo los juicios del grupo 0.75/0.25 no diferían de los juicios del grupo 0.75/0.75 tras ese mismo número de ensayos [ $F(1,76)= 0.15$ ;  $MS_e= 2023.60$ ].

Centrándonos ahora en los juicios emitidos tras los 40 ensayos, el análisis reveló que éstos diferían en función de la contingencia programada,  $F(3,76)= 34.13$ ;  $MS_e= 1141.49$ . Un análisis *a posteriori* siguiendo el procedimiento de Student-Newman-Keuls mostró que los juicios del grupo 0.75/0.25 diferían de los emitidos en los grupos 0.25/0.75, 0.25/0.25 y 0.75/0.75. Asimismo, los juicios del grupo 0.25/0.75 diferían significativamente de los del grupo 0.75/0.75 y grupo 0.25/0.25. Los juicios finales de los dos grupos en los que la contingencia fue nula no diferían entre sí.

Un análisis de varianza mixto ensayos x contingencia (8 x 4) se realizó sobre los juicios de confianza. El efecto principal del factor intersujetos contingencia no resultó

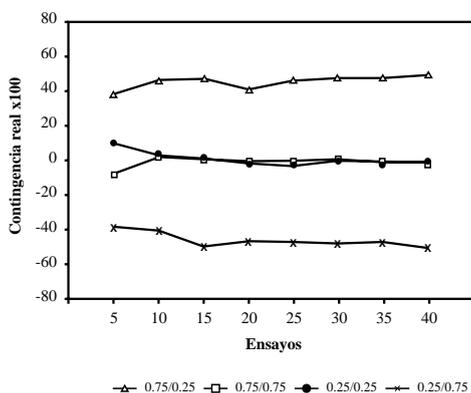


Figura 1. Contingencia real x 100 que tuvo lugar cada cinco ensayos en los diferentes grupos de contingencia programados.

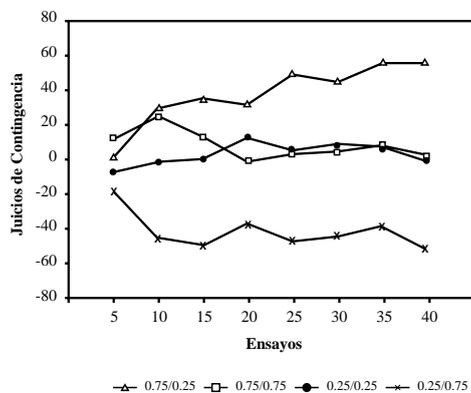


Figura 2. Juicios de contingencia emitidos cada cinco ensayos en los diferentes grupos de contingencia programados.

significativo [ $F(3,76) = 0.06$ ;  $MS_e = 8.35$ ], mientras que el efecto principal del factor ensayos sí resultó significativo,  $F(7,532) = 8.55$ ;  $MS_e = 1.21$ , así como la interacción entre ambos factores,  $F(21,532) = 1.7$ ;  $MS_e = 1.21$ . A tenor de estos resultados podemos decir que los juicios de confianza se incrementaron a lo largo del entrenamiento, aunque el patrón de evolución no fue idéntico en los diferentes grupos de contingencia. Únicamente en los grupos 0.75/0.25, 0.75/0.75 y 0.25/0.25 el factor ensayos resultó significativo,  $F(7,532) = 3.31$ ;  $MS_e = 4.03$ ,  $F(7,532) = 3.26$ ;  $MS_e = 3.96$  y  $F(7,532) = 5.82$ ;  $MS_e = 7.07$ , respectivamente.

*Pronósticos realizados ensayo a ensayo*

Los pronósticos que los participantes hacían ensayo a ensayo sobre si la explosión del tanque iba o no a tener lugar pueden entenderse como una estimación indirecta o encubierta de las probabilidades condicionadas de la evitación de la explosión en presencia y en ausencia del camuflaje. Así, por ejemplo, el número de ocasiones en las que el participante pronosticó que el tanque no iba a explotar estando camuflado en un determinado bloque de ensayos dividido por el número de camuflajes del tanque en dicho bloque de ensayos, supone una estimación de la probabilidad condicionada de ocurrencia de la consecuencia en presencia del predictor. El cálculo descrito se realizó sobre un total de ocho bloques de ensayos. Cada bloque incluía de manera acumulativa los ensayos del bloque anterior y los cinco últimos ensayos. Además, a partir de tales estimaciones de probabilidades condicionadas podemos calcular el valor de contingencia indirecto o encubierto percibido como la diferencia entre la probabilidad de evitación de la explosión en presencia y en ausencia del camuflaje. En definitiva, supone una forma convergente a la de los juicios de conocer la evolución del conocimiento de los

participantes sobre la relación programada entre los eventos. En la figura 3 se representa el patrón de evolución de dichas estimaciones indirectas o encubiertas de la contingencia.

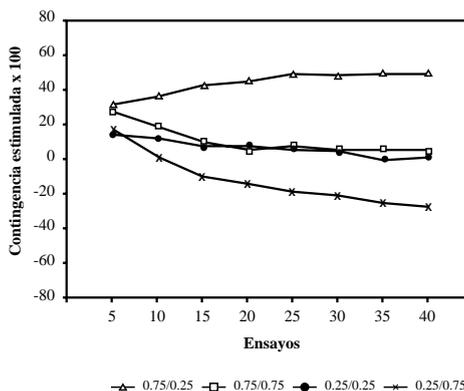


Figura 3. Patrón de evolución de las estimaciones indirectas o encubiertas de la contingencia percibida en los diferentes grupos de contingencia programados.

Un análisis de varianza ensayos x contingencia (8 x 4) nos sirvió para evaluar los resultados obtenidos sobre las mencionadas estimaciones indirectas de la contingencia percibida. Los efectos principales de los factores ensayos y contingencia, así como la interacción entre ambos resultaron significativos,  $F(7,532) = 5.2$ ;  $MS_e = 0.04$ ,  $F(3,76) = 12.41$ ;  $MS_e = 0.7$  y  $F(21,532) = 4.11$ ;  $MS_e = 0.04$ , respectivamente. En concreto, el efecto del factor ensayos resultó significativo en todos los grupos de contingencia programada con excepción del grupo 0.25/0.25,  $F(7,532) = 11.06$ ;  $MS_e = 0.04$ ,  $F(7,532) = 3.19$ ;  $MS_e = 0.04$ ,  $F(7,532) = 2.23$ ;  $MS_e = 0.04$ , para los grupos 0.25/0.75, 0.75/0.75 y 0.75/0.25, respectivamente.

En cuanto a las estimaciones indirectas de la contingencia tras 40 ensayos, el análisis reveló que dichas estimaciones diferían en función de la contingencia programada,  $F(3,76) = 24.77$ ;  $MS_e = 0.08$ . Un análisis *a posteriori* siguiendo el procedimiento de Student-Newman-Keuls mostró que las esti-

maciones del grupo 0.75/0.25 diferían de las recogidas en los grupos 0.25/0.75, 0.25/0.25 y 0.75/0.75. Asimismo, las estimaciones del grupo 0.25/0.75 diferían significativamente de las del grupo 0.75/0.75 y grupo 0.25/0.25. En cuanto a los grupos de contingencia nula, las estimaciones finales no diferían entre sí.

### Simulaciones

#### $\Delta P$

Los parámetros libres del modelo que generaron un suma cuadrática de errores (SCE) mínima fueron 0.93 y 0.85 para las probabilidades condicionadas reales de ocurrencia de la consecuencia en presencia y en ausencia del predictor, respectivamente. La SCE fue de 3751.9 y el porcentaje de varianza explicado por el modelo fue de 87.5. La figura 4 muestra los juicios medios predichos por el modelo.

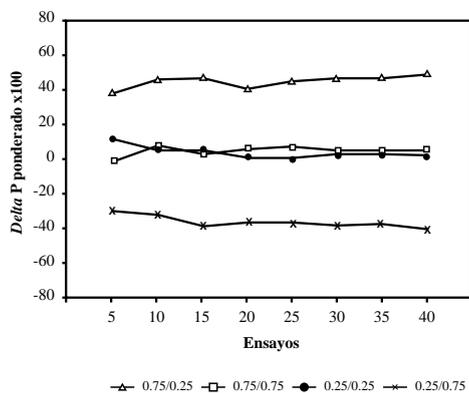


Figura 4. Simulación de los juicios a partir del modelo estadístico  $\Delta P$  con aquellos parámetros que mejor SCE produjeron, 0.93 y 0.85 para las probabilidades condicionadas reales de ocurrencia de la consecuencia en presencia y ausencia del predictor, respectivamente.

#### R-W

Los parámetros libres que generaron una SCE mínima fueron 0.98 y 0.18 para los productos  $\alpha_i \cdot \beta_j^+$  y  $\alpha_i \cdot \beta_j^-$ , respectivamente. SCE fue de 2551.1 y el porcentaje de va-

rianza explicada de 92.5. La figura 5 muestra los juicios medios predichos por el modelo.

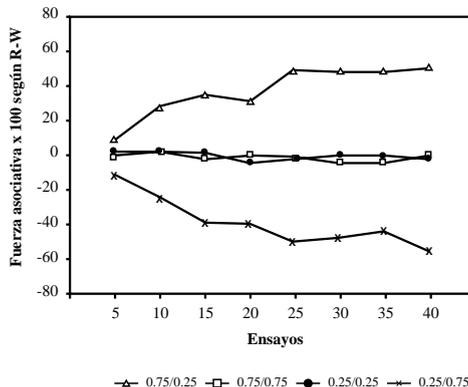


Figura 5. Simulación de los juicios a partir del modelo asociativo R-W con aquellos parámetros que mejor SCE produjeron, 0.98 y 0.18 para los productos  $\alpha_i \cdot \beta_j^+$  y  $\alpha_i \cdot \beta_j^-$ , respectivamente.

### Discusión

Los resultados, considerados en su conjunto, muestran una actuación terminal de los participantes sensible a las relaciones programadas entre los eventos. Estos resultados se unen a otros en los que se ha revelado un ajuste equivalente en procedimientos comparables (Neunaber y Wasserman, 1986; Wasserman et al., 1993). Los juicios emitidos en el grupo de contingencia positiva fueron de mayor magnitud que los juicios emitidos en los restantes grupos. De manera equivalente, los juicios del grupo de contingencia negativa también eran diferentes de los emitidos en los restantes grupos. Por su parte, los juicios de los dos grupos en los que la contingencia fue nula no diferían entre sí. Además, los juicios emitidos al final de la tarea se adecuaron a los valores de contingencia que fueron programados. A diferencia de los resultados encontrados en otros trabajos (Langer, 1975; Alloy y Abramson, 1979; Shanks, 1985, 1987; Baker et al., 1989; Shanks y Dickinson, 1991),

los juicios terminales de los grupos de contingencia nula no evidenciaron la incidencia del sesgo de la correlación ilusoria en función de la frecuencia de ocurrencia de la consecuencia (sesgo de densidad). También los resultados de los pronósticos que los participantes realizaban ensayo a ensayo sobre probabilidades condicionadas indican una actuación terminal diferente en función de la contingencia programada. Un factor importante a la hora de entender el origen de las diferencias con otros resultados es el hecho de que cada participante tenía que aprender una única condición de contingencia con lo que no se produce ningún tipo de interferencia de unas evaluaciones sobre otras o tampoco se acumula cansancio o fatiga ante la sucesiva evaluación de diferentes relaciones de contingencia.

En relación con los pronósticos ensayo a ensayo cabe señalar que en el grupo de contingencia negativa, la actuación terminal mostraba una peor adecuación al valor de contingencia programado que en el grupo de contingencia positiva. Ello no es de extrañar si se tienen en cuenta las siguientes consideraciones. En primer lugar, la tendencia inicial de los participantes a predecir que en presencia del camuflaje el tanque era más probable que no explotara que en su ausencia como lo muestra los valores de contingencia indirecta tras los 5 primeros ensayos (aunque esta tendencia inicial parecía haber desaparecido ya para el quinto ensayo pues no era evidente en el primer juicio sobre la relación percibida). En segundo lugar, el hecho de que precisamente la contingencia negativa programada en este grupo era la contingencia más alejada de la tendencia inicial mostrada por los participantes. En tercer lugar, la forma de calcular la contingencia indirecta a partir de bloques acumulativos de ensayos puede estar en parte condicionando esta aparente peor adecuación.

En cuanto a la evolución de los juicios de contingencia a lo largo del entrenamiento

encontramos un claro patrón de evolución en los grupos en los que la contingencia programada fue positiva y negativa a pesar de que en estos grupos la contingencia se mantuvo constante durante todo el entrenamiento. En concreto, cuando la contingencia fue positiva, los juicios tras los cinco primeros ensayos fueron de menor magnitud que los juicios tras los cuarenta ensayos. Cuando la contingencia fue negativa, los juicios iniciales fueron de mayor magnitud que los finales. En cuanto a los grupos de contingencia nula, los juicios iniciales y finales no difirieron en ninguno de los dos grupos. En estos grupos, no obstante, los juicios emitidos tras 10 ensayos diferían entre sí mientras que los juicios terminales, no. Los juicios emitidos en el grupo 0.75/0.75 mostraron que los participantes percibieron de manera ilusoria una relación de contingencia positiva entre los eventos (sesgo de densidad), no observándose diferencia entre estos juicios y los emitidos en el grupo de contingencia positiva tras ese mismo número de ensayos. Es decir, nuestros resultados indican que cuando la cantidad de entrenamiento es suficiente, los individuos perciben adecuadamente la contingencia programada, si bien, antes de que se alcance ese nivel óptimo de entrenamiento, se producen determinados sesgos.

Un patrón equivalente de resultados se encontró a partir de las estimaciones sobre las probabilidades condicionadas de ocurrencia de la consecuencia y su transformación posterior en una medida de la contingencia indirecta percibida. Dicha medida de contingencia indirecta mostró un patrón de evolución significativo a lo largo de los ensayos en los grupos de contingencia positiva, negativa y en el grupo de contingencia nula 0.75/0.75.

El conjunto de resultados obtenidos en torno a la evolución de las estimaciones (ya sean directas, juicios, o indirectas, probabilidades condicionadas) evidencian adquisi-

ción progresiva del conocimiento sobre relaciones de contingencia entre eventos, al menos en algunos de los grupos de contingencia programados. El procedimiento empleado nos permite establecer esa correspondencia entre el patrón de evolución de las medidas registradas y la adquisición progresiva del conocimiento predictivo. Como mencionábamos en la introducción, una manipulación intersujetos de la variable independiente favorece esta interpretación. La ausencia de interferencia del conocimiento adquirido en unas condiciones sobre el conocimiento adquirido en otras así lo propicia. Otro elemento en favor de esa interpretación es haber requerido juicios explícitos sobre la confianza en los juicios emitidos, con lo cual los participantes difícilmente podían estar confundiendo las estimaciones de la contingencia con estimaciones de la confianza en los juicios realizados. Además, entendemos que las estimaciones indirectas de la contingencia percibida estarían libres de los problemas señalados por Catena et al. (1998) que podrían estar afectando los juicios obtenidos, en la medida en que los participantes no han de emitir ningún tipo de juicio numérico explícito.

Los resultados obtenidos también tienen implicaciones teóricas claras. El hecho mismo de la adquisición progresiva de dicho conocimiento predictivo plantea dificultades al modelo estadístico como explicación única del origen de los juicios emitidos por los individuos. Dado que la contingencia se mantuvo constante a lo largo del entrenamiento en todos los grupos y los juicios mostraron un patrón de evolución o cambio a lo largo de los ensayos, resulta difícil una interpretación exclusiva de dicho patrón en términos del cómputo implicado en  $\Delta P$ . Las simulaciones realizadas han mostrado que incluso con aquellos parámetros que mejor ajuste proporcionaron entre el modelo estadístico y los juicios, dicho modelo fue incapaz de reproducir el patrón de evolución ob-

servado en los juicios de los diferentes grupos de contingencia.

Por otro lado, para el modelo asociativo considerado dicha adquisición progresiva no plantea mayores dificultades. Estas afirmaciones han podido ser avaladas por las simulaciones de los juicios realizadas. El modelo asociativo pudo reproducir el patrón de evolución seguido por los participantes en los grupos de contingencia positiva y negativa. De hecho, el ajuste a los juicios ofrecido por el modelo asociativo tanto en términos de la SCE como del porcentaje de varianza explicada (2551.1 y 92.5%, respectivamente) fue superior al ajuste ofrecido por el modelo estadístico (3751.9 y 87.5%, respectivamente).

No obstante si se comparan las figuras 2 y 5 puede observarse un mejor ajuste de las predicciones del modelo asociativo a los juicios del grupo de contingencia positiva que a los del grupo de contingencia negativa (SCE=141.6 y 665.7, respectivamente). En el grupo de contingencia negativa, a partir del décimo ensayo, los juicios apenas si sufren modificación alguna, mientras que en el grupo de contingencia positiva, los juicios continúan sufriendo variaciones a lo largo de la práctica totalidad de la tarea. Esto último parece ajustarse mejor a las predicciones del modelo asociativo como puede apreciarse en la figura 5. Sin embargo, cabría recordar que el modelo supone una relación monotónica entre los valores de fuerza asociativa predichos y la magnitud de los juicios. Es decir, el modelo es fundamentalmente un modelo de aprendizaje más que de ejecución. Otros factores ajenos a los contemplados por el modelo pueden estar condicionado la emisión de los juicios de los participantes. Por ejemplo, es posible que el uso de la mitad positiva y negativa de la escala empleada no fuera perfectamente simétrico debido a asimetrías en el grado de comprensión del significado de ambas mitades. En cualquier caso, las predicciones

cualitativas del modelo sobre la adquisición progresiva del conocimiento quedan avaladas por los resultados encontrados (recuérdese las diferencias encontradas entre los juicios tras cinco y cuarenta ensayos en los grupos de contingencia positiva y negativa). Las dificultades del modelo estadístico para reproducir dicha adquisición progresiva, si quiera cualitativamente, han quedado también patentes a través de la simulación realizada.

En cuanto al patrón de evolución de los juicios en el grupo 0.75/0.75 y las predicciones del modelo asociativo, no se han podido reproducir los incrementos iniciales en la magnitud de los juicios y el posterior descenso terminal de los mismos (ver figura 5). Sin embargo, existen razones para pensar que esa dificultad en el ajuste se debe más a los parámetros particulares seleccionados para generar un nivel global de error mínimo que a una incapacidad del modelo asociativo para reproducir dicho patrón. Shanks (1995) ha mostrado matemáticamente que R-W predice incrementos iniciales (preasintóticos) en la fuerza asociativa de un predictor aún en situaciones en las que la contingencia es nula siempre que se den determinadas circunstancias. Tales incrementos se producirán siempre que los incrementos iniciales de la fuerza asociativa cuando predictor y consecuencia están ambos presentes (casilla *a* de la tabla 1) sean de mayor magnitud que los decrementos de dicha fuerza asociativa ante la presencia del predictor y la ausencia de la consecuencia (casilla *b* de la tabla 1). Estas circunstancias serán las que se den al inicio del entrena-

miento, dado que el valor de la fuerza asociativa de partida es cero, y cuando la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia sea alta (ver Shanks, 1995 para los detalles matemáticos de la demostración).

A modo de recapitulación final, los resultados obtenidos en esta investigación nos muestran que, en las circunstancias descritas, los individuos acaban adquiriendo un conocimiento sobre las relaciones predictivas programadas entre eventos ajustado al valor de la contingencia estadística existente entre esos eventos. También se ha mostrado que la adquisición de conocimiento sobre las relaciones de contingencia procede de manera gradual.

En relación con los procesos psicológicos que subyacen la adquisición del conocimiento predictivo descrito, nuestros resultados han mostrado las limitaciones del modelo estadístico tal cual ha sido considerado como explicación única de la adquisición progresiva de dicho conocimiento. Asimismo, hemos tenido ocasión de comprobar la compatibilidad existente entre las predicciones del modelo asociativo R-W y los juicios obtenidos. La simulación de los resultados llevada a cabo nos ha permitido comprobar cuantitativamente un mejor ajuste del modelo asociativo que del modelo estadístico a dichos juicios.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha contado con la financiación de la Junta de Andalucía (Grupo de Investigación HUM: 0105) y con la de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica (Nº PB91-0028-C03-03).

#### Referencias

Allan, L. G. (1980). A note on measurement of contingency between two binary variables in judgment tasks. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 15, 147-149.

Alloy, L. B., y Abramson, L. Y. (1979). Judgment of contingency in depressed and nondepressed students: sadder but wiser? *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 441-485.

Baker, A. G., Berbrier, M. W., y Vallée-Tourangeau, F. (1989). Judgements of a 2x2 contingency table: sequential processing and the learning curve. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41B, 65-97.

Baker, A. G., Mercier, P., Vallée-Tourangeau, F., Frank, R., y Pan, M. (1993). Selective associations and causality judgments: presence of a strong causal factor may reduce judgments of a weaker one. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 414-432.

Catena, A., Maldonado, A. y Cándido, A. (1998). The effect of the frequency of judgment and the type of trials on covariation learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 481-495.

Crocker, J. (1981). Judgment of covariation by social perceivers. *Psychological Bulletin*, 90, 272-292.

Chapman, G. (1991). Trial order affects cue interaction in contingency judgment. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 837-854.

Chapman, G. B. y Robbins, S. J. (1990). Cue interaction in human contingency judgment. *Memory and Cognition*, 18, 537-545.

Cheng, P. W. y Novick, L. R. (1992). Covariation in natural causal induction. *Psychological Review*, 99, 365-382.

Cheng, P. W. y Holyoak, K. J. (1995). Complex adaptive systems as intuitive statisticians: causality, contingency, and prediction. En H. L. Roitblat & J.-A. Meyer (Eds.), *Comparative approaches to cognitive science* (pp. 271-302). Cambridge, MA: MIT Press.

Dickinson, A., Shanks, D. R., y Evenden, J. L. (1984). Judgment of act-outcome contingency: the role of selective attribution. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 29-50.

Langer, E. J. (1975). The illusion of control. *The Journal of Personality and Social Psychology*, 32, 311-328.

Neunaber, D. J., y Wasserman, E. A. (1986). The effects of unidirectional versus bidirectional rating procedures on college students' judgments of response-outcome contingency. *Learning and Motivation*, 17, 162-179.

Nosofsky, R. M., y Kruschke, J. K. (1992). Investigations of an exemplar-based connectionist model of category learning. En D. L. Medin (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 28, pp. 207-250). San Diego: Academic Press.

Rescorla, R. A. y Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. En A. H. Black y W. F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current theory and research* (pp. 64-99). New York: Appleton-Century-Crofts.

Shanks, D. R. (1985). Continuous monitoring of human contingency judgment across trials. *Memory and Cognition*, 13, 158-167.

Shanks, D. R. (1987). Acquisition functions in contingency judgment. *Learning and Motivation*, 18, 147-166.

Shanks, D. R. (1991). On similarities between causal judgments in experienced and described situations. *Psychological Science*, 2, 341-350.

Shanks, D. R. (1995). Is human learning rational? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 257-279.

Shanks, D. R. y Dickinson, A. (1987). Associative accounts of causality judgment. En G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 21, pp. 229-261). New York: Academic Press.

Shanks, D. R., y Dickinson, A. (1991). Instrumental judgment and performance under variations in action-outcome contingency and contiguity. *Memory and Cognition*, 19, 353-360.

Wasserman, E. A. (1990). Detecting response-outcome relations: toward an understanding of the causal texture of the environment. En G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*. (Vol. 26, pp. 27-82). San Diego, CA: Academic Press.

Wasserman, E. A., Elek, S. M., Chatlosh, D. L., & Baker, A. G. (1993). Rating causal relations: the role of probability in judgments of response-outcome contingency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 174-188.

Aceptado el 27 de julio de 1998

