



DEPARTAMENT DE PSIQUIATRIA I PSICOBIOLOGIA CLÍNICA  
FACULTAT DE MEDICINA

**Efecto Matching en Esquizofrenia:  
una Aproximación Neuropsicológica  
a la Irracionalidad  
en la Toma de Decisiones bajo Incertidumbre**

Tesis doctoral

*Jesús Unturbe Sanchiz*

Dirigida por el Dr. Josep Corominas i Busqueta

Programa de doctorado:  
“Neurociencias”  
Bienio 2000-2002

Barcelona, 2006



## **DEDICATORIA**

*A Rosa, a Arturo, a Marcos y a María, mi familia*

*A mis padres, Jesús y Menchu*

*A mis hermanos, Mari-Carmen, Maribel, Santy, Kiko y Raquel*

*A mis amigos*



## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Terry Golberg (NIMH), por sugerirnos el test de Letras y Números del WAIS-III.

Al Dr. Michel S. Gazzaniga, por su disponibilidad al contestar mis requerimientos, enviándome por adelantado el borrador de Wolford, Miller y Gazzaniga (2000).

Al Instituto Pere Mata por la paciencia que tuvo con el borrador inicial de la propuesta de investigación. A Xavier, Tania, Joaquín Valero, Jesús Rodríguez, Joaquín Ruiz, por su ayuda.

A la Dra. Maite Garolera, que desde el principio siempre tiempo y entusiasmo con mi trabajo, y colaborando de manera directa en el tercer experimento.

A Josep María Peri, por nuestras interesantes conversaciones, su ayuda y su gran afecto.

Al Dr. Manel Salamero, sin el que prácticamente nada me habría sido posible.

A Josep Corominas i Busqueta, director de esta tesis, por su valentía, paciencia y ayuda.

A la Generalitat de Catalunya, por la beca de formación de personal investigador 2001FI 00564, y a la Facultad de Medicina de la UB por la ayuda para la finalización de la tesis.

Al IDFO, Institut per al Desenvolupament de la Formació i l'Ocupació y a su directora Angels Brull. Al CEOP, Centro de Ocupación Profesional, Fundación privada de UGT, Cataluña y a su coordinadora Estela Real Jiménez. Gracias a su colaboración y sus ordenadores pudimos realizar las pruebas con los sujetos normales.

Al Dr. Victor Peralta, por su paciencia al explicarme aspectos técnicos de la escala PANNS.

Al Consorci Sanitari de Terrassa-Hospital de Terrassa. A Elisenda Hugué y Gemma Garrido, quienes colaboraron en la recogida de los datos en el grupo de pacientes con esquizofrenia.

Deseamos agradecer, especialmente, al Dr. Fernando Maestu (UCM y MEG), gran profesional y amigo, su apoyo y ayuda. Su entusiasmo fue, en todo momento, una fuerza que no nos permitió el desaliento.

A los revisores anónimos, con especial mención de Edmund Fantino, quien se saltó el anonimato, por mostrarnos su entusiasmo en nuestro “interesante, e incluso ingenioso experimento sobre probabilidad”.

A Keith E. Stanovich, por su rápida contestación para aclararme unos puntos clave de su investigación.

A la Dra. Carmen Junqué, como directora del dpt. de Psiquiatria i Psicbiologia Clínica.

Y a la incertidumbre, sin cuya colaboración la investigación habría quedado muy pobre.



# ÍNDICE

<i>Prólogo</i> .....	9
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>1. MARCO CONCEPTUAL:</b>	
<b>Acerca de la irracionalidad en la conducta de decidir</b> .....	15
<b>Referencias</b> .....	46
<b>2. EL EFECTO MATCHING</b> .....	51
<b>Referencias</b> .....	77
<b>3. ESQUIZOFRENIA: conceptos, síntomas y neuropsicología</b> .....	85
<b>Referencias</b> .....	104
<b>4. TAREA PROBABILÍSTICA DE DOS OPCIONES</b> .....	115
<b>Referencias</b> .....	129
<b>OBJETIVOS</b> .....	133
<b>MÉTODO</b> .....	137
<b>1. MÉTODO DEL EXPERIMENTO 1: “Piloto”</b> .....	139
<b>2. MÉTODO DEL EXPERIMENTO 2: “Normales”</b> .....	145
<b>3. MÉTODO DEL EXPERIMENTO 3: “Esquizofrénicos”</b> .....	153
<b>Referencias</b> .....	157

<b>RESULTADOS</b> .....	159
<b>1. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 1: “Piloto”</b>	
<b>RESULTADOS 1</b> .....	161
<b>2. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 2: “Normales”</b>	
<b>RESULTADOS 2a</b> .....	175
<b>RESULTADOS 2b</b> .....	182
<b>RESULTADOS 2c</b> .....	186
<b>3. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 3: “Esquizofrénicos”</b>	
<b>RESULTADOS 3a</b> .....	197
<b>RESULTADOS 3b</b> .....	201
<b>DISCUSIÓN</b> .....	205
<b>DISCUSIÓN 1</b> .....	207
<b>DISCUSIÓN 2</b> .....	213
<b>DISCUSIÓN 3</b> .....	231
<b>Referencias</b> .....	238
<b>PERSPECTIVAS</b> .....	243
<b>CONCLUSIONES</b> .....	249
<b>ABSTRACTS</b> .....	255

## Prólogo

Esta tesis doctoral está estructurada a la manera clásica. Sin embargo, tendrá una cierta similitud con la estructura del compendio de publicaciones. Estando los artículos terminados, enviados y, alguno de ellos, prácticamente aceptados (*Neuropsychology*) o en proceso de revisión de las cuestiones planteadas por los *referees* (*Quarterly Journal of Experimental Psychology*), comenzamos la redacción como compendio de publicaciones, de ahí que los trabajos específicos estén redactados en inglés. Sin embargo, debido a condicionamientos administrativos y otras circunstancias ajenas, no pudimos alargar más la espera de la confirmación y nos vimos forzados a “cerrar la edición”. Por consiguiente, durante ese intervalo de tiempo hemos incluido una parte conceptual más elaborada, manteniendo el mismo contenido empírico, lo que ha revertido en una discusión más profunda y perfilada de los resultados, aumentando el alcance de las conclusiones.

Esperamos que, con ello, esta memoria haya ganado en claridad, interés y relevancia.



## Relación de artículos escritos:

Unturbe, J. y Corominas, J. Is Probability Matching an Executive Process?: a pilot study

Enviado a: *The Spanish Journal of Psychology*

Unturbe, J. y Corominas, J. (2003). Tarea de Predicción Simple: influencia del intervalo entre estímulos. *Revista de Psiquiatría de la Facultad de Medicina de Barcelona*, 30, 8-13.

Unturbe, J. (2003). Comportamiento de control y reducción de incertidumbre. *Psiquis*, 24, 159-166.

Unturbe, J. (2004). Sobre el análisis funcional del pensamiento irracional: una aportación desde el marco del conductismo radical. *Psicología Conductual*, 12, 101-133.

Unturbe, J y Corominas, J Probability matching as a new neuropsychological way to assess executive rule-generating ability.

Enviado a: *Neuropsychology*: NP06-705-R

Unturbe, J. y Corominas, J. Probability matching as a paradigm of irrationality: is executive ability a handicap for probabilistic task performance?

Enviado a: *Quarterly Journal of Experimental Psychology*: 099/06

Unturbe, J. y Corominas, J. Probability matching and executive functioning: implications for rule learning and decision making.

Enviado a: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*

Unturbe, J., Garolera, M. y Corominas, J. Unexpected matching effect in schizophrenic patients on a probabilistic task: implications for thought disorder.

Enviado a: *Quarterly Journal of Experimental Psychology*: C002-06SA



# INTRODUCCIÓN



# 1.MARCO CONCEPTUAL:

## Acerca de la irracionalidad en la conducta de decidir

El hombre no es racional, simplemente es capaz de serlo

*Johnatan Swift*

Existe mucha evidencia acumulada acerca de la irracionalidad en la toma de decisiones, especialmente en situaciones de incertidumbre. El hecho de que esta irracionalidad no siempre se deba a una menor inteligencia ha dado lugar a serias discusiones sobre el propio concepto de inteligencia. Frente a los autores que consideran la racionalidad en la toma de decisiones como parte del concepto de inteligencia, las ciencias psicológicas están empezando a considerar diferentes niveles cognitivos de análisis: un nivel racional frente a uno algorítmico. Es decir, una cosa sería la capacidad de pensar y comportarse racionalmente y, otra, la posesión de una inteligencia adecuada. En una palabra, algunas personas inteligentes hacen muchas cosas estúpidas y otras no. La clarificación de esta disociación será el punto de partida de nuestro trabajo.

### *1.1 Inteligencia versus racionalidad*

Según Stanovich (2002, p. 162-3): “Una abundante literatura de investigación, que comprende cientos de estudios empíricos llevados a cabo durante casi cuatro décadas, ha establecido firmemente que las respuestas de los individuos se apartan a menudo de la actuación considerada normativa [es decir, la actuación óptima] en muchas operaciones lógicas. Por ejemplo, las personas calculan las probabilidades de forma incorrecta, muestran sesgos de confirmación, someten a prueba las hipótesis de forma ineficaz, violan los axiomas de la teoría de la utilidad, no calibran adecuadamente los grados de creencia, proyectan sus propias opiniones en los demás, expresan efectos de formulación ilógica, aceptan antieconómicamente precios bajos, permiten que el conocimiento anterior se vea implicado en el razonamiento deductivo, y manifiestan otras muchas desviaciones en el procesamiento de la información” (véase Arkes, 1991; Baron, 1994, 1998; Dawes, 1998; Evans, 1989; Evans y Over, 1996; Kahneman, Slovic y Tversky, 1982; Kahneman y Tversky, 2000; Nickerson, 1998; Osherson, 1995; Piattelli-Palmarini, 1994; Pólux, 1993; Shafir y Tversky, 1995; Stanovich, 1999; Tversky, 1996). Como consecuencia, en el mundo real nos encontramos con

que los médicos escogen tratamientos menos efectivos; las personas no calculan con precisión los riesgos de su alrededor; la información se utiliza de forma incorrecta en los procedimientos legales; se gastan millones de dólares en proyectos innecesarios por parte del Gobierno en la industria privada; los padres no vacunan a sus hijos; se realizan operaciones innecesarias; se cazan animales hasta provocar su extinción; se gastan miles de millones de dólares en remedios de curanderos; y se realizan estimaciones erróneas que suponen un gran coste (para referencias sobre cada uno de estos puntos véase Stanovich, 2002).

Pero la literatura experimental resulta todavía más desconcertante: más del 90% de los individuos que han sido objeto de estos estudios son universitarios, algunos de las universidades más selectas del mundo. Las consecuencias para la economía han sido seriamente aceptadas desde que el psicólogo Daniel Kahneman fue laureado con el Nobel de economía de 2002 (compartido con Vernon L. Smith) “*por haber integrado aspectos de la investigación psicológica en la ciencia económica, especialmente en lo que respecta al juicio humano y la toma de decisiones bajo incertidumbre*”. Convirtió la experimentación de laboratorio en un instrumento de análisis económico empírico, en particular en el estudio de los distintos mecanismos de mercado. Mediante estudios experimentales ha demostrado que tales faltas de objetividad tienden a seguir patrones regulares que admiten una descripción matemática. Fruto de su dilatada colaboración desde los años cincuenta, los trabajos de Kahneman y Amos Tversky (fallecido en 1996) cambiaron la visión que los economistas tenían respecto a la forma en que las personas hacen sus juicios y toman sus decisiones. Quedó atrás la visión de las decisiones basadas solamente en el propio interés y en la racionalidad. Pese a la acumulación de anomalías que no encajaban con la Teoría de la Utilidad Esperada, la formulación de una teoría alternativa hubo de esperar hasta 1979 (Kahneman y Tversky, 1979). Sus diferencias esenciales con la teoría de la utilidad se refieren a tres grandes cuestiones: la definición de las alternativas sobre las que versan nuestras decisiones humanas; la valoración que les damos; y la ponderación que, a la vista de su probabilidad, les atribuimos. Experimentalmente quedó comprobado que no siempre nuestras decisiones son racionales y que, en todo caso, influyen otros aspectos psicológicos además de la razón.

“Cuando a comienzos de la década de 1970 me familiaricé con los supuestos psicológicos utilizados en el análisis económico, me encontré con que el ser humano implícito en dicho análisis es uno racional y autocentrado, y que sus preferencias no

cambian. Me sorprendió mucho, porque como psicólogo profesional fui entrenado para no creer una palabra de todo esto... Entonces la distancia que había entre el análisis económico y la psicología era verdaderamente muy grande... Dicha distancia se ha achicado, pero no hay ninguna expectativa inmediata de que ambas disciplinas compartan un mismo enfoque sobre el comportamiento humano.” (Kahneman, 2003).

Las reacciones frente a este bagaje de datos empíricos han dado lugar a diferentes interpretaciones. Con objeto de evitar la conclusión de que la cognición humana se caracteriza por irracionalidades sistemáticas, en los años noventa, algunos autores reinterpretaron los resultados, caso a caso, en muchos de los experimentos clásicos sobre heurística y sesgo, concluyendo que los participantes realmente se adaptaron de manera óptima, siendo el experimentador quien, o bien utilizó el modelo equivocado de optimización, o bien que por un planteamiento rebuscado, los participantes terminasen por responder correctamente a un problema diferente (Anderson, 1990, 1991; Brase, Cosmides y Tooby, 1998; Chater y Oaksford, 2000, 2001; Cosmides y Tooby, 1992, 1994, 1996; Gigerenzer, 1996; Oaksford y Chater, 1998, 2001; Rode, Cosmides, Hell y Tooby, 1999; Todd y Gigerenzer, 2000).

Ambas posiciones están condenadas a mantener un diálogo de sordos. Partiendo del mismo bagaje de datos, la primera pone en tela de juicio el supuesto de racionalidad del ser humano mediante la simple aceptación axiomática de que somos, sistemáticamente, irracionales; y, la segunda, permite mantener a salvo el principio axiomático de la racionalidad humana. Esto tiene serias consecuencias en psicología social, pero sobretudo en economía, donde los modelos clásicos construidos sobre la base de que la unidad de análisis es el individuo racional que optimiza siempre su ganancia, son puestos en tela de juicio. Esta inmiscuencia de la psicología queda bien reflejada en las irónicas palabras de Smith (2003): “Muchos psicólogos parecen encontrar irracionalidad en todos lados, y muchos economistas parecen encontrar lo que destacan los psicólogos, como siempre, irrelevante”. Por su parte, el economista Richard Thaler, de la Escuela de Administración Cornell, puntualiza (McKean y Pla Mori, 1985, p. 6): “Existe la idea generalizada entre los economistas de que si las acciones de los hombres no son lógicas, entonces deben estar libradas por completo al azar y resultan, por tanto, indescriptibles. Esto no deja sitio para nada que no sea un autómata hiper-

racional o un idiota charlatán, y la gente normal, que es el sujeto de nuestro estudio, no pertenece a ninguna de estas dos categorías.”

Una nueva línea, más científica, ha intentado mediar en este debate atemperando la segunda postura. Según esta línea, es de hecho más exacto decir que existe un vacío entre la ejecución *media* (o *modal*) y la respuesta óptima (normativa), debido a una considerable variabilidad de respuesta. Así, aunque la cognición humana sea irracional en promedio, los individuos con una mayor capacidad cognitiva serían más racionales y tendrían más probabilidad de comportarse de manera óptima (Stanovich y West, 1998; 1999). Según ellos, es imprescindible revisar todo el ámbito de la literatura sobre heurística y sesgo en la toma de decisiones desde el punto de vista de las diferencias individuales.

No obstante, no sería acertado tomar este acercamiento de que la irracionalidad está en el promedio como una argumentación adicional a favor del axioma de racionalidad. Se trata de un acercamiento científico y, en consecuencia, ha de someter a contraste experimental la presunta racionalidad. Desde este acercamiento, nos preguntamos: ¿es la gente más irracional porque es menos inteligente? Las posturas axiomáticas no pueden dar cuenta de la irracionalidad promedio: unos dicen que los datos demuestran la irracionalidad sistemática; otros, que irracionalidad e inteligencia deberían ser el mismo concepto. Como en lingüística, los principios normativos están ya indexados en la competencia del razonamiento, y no pueden ser algo a parte. Los modelos normativos del pensamiento racional *son* sencillamente nuestros pensamientos, y los humanos somos —por definición— racionales (véase Cohen, 1981).

Sin embargo, para comprobar experimentalmente si la inteligencia correlaciona con el razonamiento, deberíamos disociar ambos conceptos y operativizarlos con pruebas diferentes. Y todo esto al margen de las discusiones sobre la construcción teórica de un concepto más amplio de inteligencia que englobase la competencia en el razonamiento (Baron, 1985; Perkins, Faraday y Bushey, 1993; Perkins, 1995) —que no es incompatible. Vayamos pues hacia la definición de estos conceptos. ¿Qué es lo que queremos decir con que algunas personas inteligentes pueden ser estúpidas? Según Baron (1985, p. 235): “Cuando llamamos a alguien ‘estúpido’, lo que estamos diciendo es que es que es irracional y no que es retrasado”. Este concepto de racionalidad es común en la ciencia cognitiva, la filosofía y la ciencia de las decisiones (Baron, 1993a; Harman, 1995; Jeffrey, 1983; Kleindorfer, Kunreuther y Shoemaker, 1993; Nathanson, 1994; Nozick, 1993).

Anderson (1990, 1991) propone que los conceptos a diferenciar se refieren a diferentes niveles de análisis de la actividad cognitiva: un nivel racional frente a un nivel algorítmico. El nivel racional de análisis se ocupa de los objetivos del sistema, de las creencias que son importantes para esos objetivos y de la elección de la acción que es racional, dados los objetivos y creencias del sistema (Bratman, Israel y Pollack, 1991; Dennett, 1987; Newell, 1982, 1990; Pollock, 1995). El nivel algorítmico representa la inteligencia tradicional de la *g* psicométrica, que proporciona un índice general de la eficacia cognitiva de una amplia variedad de las capacidades cognitivas en un individuo concreto (Carroll, 1993, 1997): la velocidad de percepción, la precisión de discernimiento, la capacidad de actuación de la memoria y la eficacia de la recuperación de la información almacenada en la memoria a largo plazo.

Dado que el nivel racional de análisis tiene que ver con la estrategia de la acción a seguir, se puede estudiar la posible existencia de unos rasgos de personalidad que conlleven estrategias cognitivas relativamente estables. A pesar de la diversidad terminológica, la mayoría de los autores utilizan los diferentes términos de un modo similar: disposiciones mentales (Baron, 1988), estilo intelectual (Sternberg, 1988), emociones cognitivas (Scheffler, 1991), hábitos de la mente (Keating, 1990), propensiones inferenciales (Kitcher, 1993), motivaciones epistémicas (Kruglanski, 1990), meta-razonamiento constructivo (Moshman, 1994), modos de regulación epistémica (Sá, West y Stanovich, 1999), formas cognitivas (Messik, 1984), estilos de pensamiento (Sternberg, 1998). Estas disposiciones mentales deberían distinguirse de las capacidades cognitivas, ya que “pueden predecir la actuación de las operaciones de razonamiento y de pensamiento racional, incluso cuando las diferencias individuales en la medición de la capacidad cognitiva general han sido establecidas” (Stanovich, 2002, p. 168). Hasta ahora, los tests psicométricos como los tests de CI han utilizado casi exclusivamente las capacidades cognitivas y han ignorado los estilos cognitivos y las disposiciones mentales (Baron, 1985, 1988; Stanovich, 1994; Sternberg 1997b). Las disposiciones mentales racionales son las que están relacionadas con la adecuación de la formación de creencias y con la toma de decisiones (Baron, 1985). Por ejemplo, Schomber (1990) descubrió que una medición de la disposición para creer en cierto conocimiento predecía la tendencia a elaborar conclusiones parciales a partir de pruebas ambiguas, incluso después de que la capacidad verbal fuera controlada.

El objetivo del programa de investigación de Stanovich (1999) ha sido determinar si estas características de la psicología en el nivel racional de análisis pueden servir como mecanismos explicativos que den cuenta de las discrepancias entre los modelos de comportamiento óptimo y promedio [técnicamente: entre los modelos de comportamiento normativo y descriptivo]. Esto es, si las disposiciones mentales pueden predecir la capacidad de evaluación de un argumento, una vez separada la influencia de la capacidad cognitiva. Para ello suele recurrirse a tests de pensamiento crítico al uso, donde se compara la evaluación de un argumento por parte de un sujeto con la calidad objetiva del argumento, promediando a través de diferentes temas con objeto de equilibrar las creencias anteriores del sujeto. Stanovich dio un paso más allá *midiendo*, adicionalmente, dichas creencias. Sus resultados permitieron defender una concepción del conocimiento humano que pone el énfasis en la posible separación de las capacidades cognitivas y de las disposiciones de pensamiento como predictores de la capacidad del razonamiento. Concretamente, demostraron que, *incluso después de controlar la capacidad cognitiva*, las diferencias individuales en las evaluaciones de los argumentos pueden predecirse mediante la medición del dogmatismo y del absolutismo (Rokeach, 1960), pensamiento categórico (Epstein Y Meier, 1989), apertura (Costa y McCrae, 1992), pensamiento flexible (Stanovich y West, 1997), identificación de creencias (Sá, West y Stanovich, 1999), pensamiento contrafáctico, pensamiento supersticioso (Tobacyk y Milford, 1983) y apertura mental (Baron, 1885). Esto nos puede estar indicando que para comprender la varianza en el razonamiento de una determinada operación deberíamos saber algo sobre los objetivos epistémicos de los que razonan, mejor que sólo sobre simples diferencias en el nivel algorítmico (Stanovich, 2002).

Pero la investigación sobre las disposiciones mentales no se limita a la manera en que los sujetos evaluamos argumentos, también se aplicó a operaciones de razonamiento estadístico de distintos tipos (Stanovich, 1999; Stanovich y West, 1998, 2000). Por ejemplo, respecto al efecto de que el juicio humano está más influido por pruebas testimoniales (anecdóticas) que por información estadística representativa —demostrado por Nisbett y Ross (1980) y considerada por Griffin y Tversky (1992) como una de las mayores desviaciones entre el juicio intuitivo y la teoría normativa—, parece que las disposiciones al pensamiento de apertura mental están vinculadas a la confianza en las pruebas testimoniales en detrimento de las anecdóticas; vinculación que permanece incluso cuando la capacidad cognitiva ha sido

controlada. Se encontró el mismo modelo para otras operaciones críticas y racionales (Stanovich, 1999; Stanovich y West, 1998, 2000).

Aunque en muchos de estos estudios el acercamiento a la respuesta óptima estaba moderadamente correlacionado con la capacidad cognitiva, estas limitaciones computacionales al nivel algorítmico no fueron absolutas. Dejan aún mucho espacio para la posibilidad de irracionalidades sistemáticas en la psicología del nivel racional. Además, la variación residual (tras separar la capacidad cognitiva) también estaba sistemáticamente asociada con las puntuaciones a un cuestionario de estilos relacionados con la regulación epistémica, dentro del nivel racional (Sá, West y Stanovich, 1999; Stanovich, 1999; Stanovich y West, 1998, 2000). En una palabra, los descubrimientos indican que las desviaciones de la racionalidad normativa que permanecen tras tener en cuenta las limitaciones computacionales parecen reflejar una psicología imperfecta en el nivel racional.

Así, mientras que el nivel algorítmico constriñe al nivel racional (tal como se asume en la ciencia cognitiva: Cherniak, 1986; Goldman, 1978; Harman, 1995; Oaksford y Chater, 1993, 1995), la comparación entre las diferencias individuales en los dos niveles está lejos de mostrar unitariedad. Como concluye Stanovich (2002, p. 178): “Desde esta perspectiva, la racionalidad puede disociarse de la inteligencia”.

Stanovich (1993,1994) acuñó el término ‘disracionalidad’ por el cual se refiere a la incapacidad de pensar y de comportarse racionalmente, a pesar de poseer una inteligencia adecuada. Aunque el concepto tiene importantes ventajas, se ha enfrentado a las modas del momento. Fuertes intereses, no siempre científicos, han apoyado un concepto de inteligencia que sirva para englobar la racionalidad (la proliferación de las “inteligencias” de todo tipo: social, emocional, etc.). Se han realizado progresos con el concepto combinado de inteligencia y racionalidad (Baron, 1985; Perkins, 1995; Perkins, Faraday y Bushey, 1993; Sternberg, 1997a). Una ventaja del concepto combinado es que puede servir como una mejor plataforma para criticar los actuales tests de CI. Otra ventaja es que la disracionalidad desaparece. No obstante, lo hace al alto coste de perder nuestro objeto de estudio: las personas inteligentes que actúan de forma estúpida en realidad no son tan inteligentes como creíamos.

Por otra parte, la disociación entre los “subconceptos” de inteligencia y racionalidad no es incompatible con un concepto integrado, y mucho menos pone en tela de juicio la inteligencia. En cambio, este enfoque tiene la ventaja de “demostrar que algunas personas

inteligentes hacen muchas estúpidas y otras no —y que esto es un indicador de la variación en psicologías de nivel intencional [racional], una variación en grados de racionalidad que algunos filósofos han negado (véase Cohen, 1981; Stanovich, 1999; Stein, 1996; Stich, 1990)” (Stanovich, 2002, p. 182).

Otra ventaja de la disociación es que ayuda a proporcionar una base educacional imprescindible para intentar fomentar el pensamiento crítico. Buena parte del fundamento de las intervenciones educacionales dirigidas a cambiar las disposiciones mentales deriva de la suposición tácita de que las disposiciones mentales abiertas convierten al individuo en una persona más racional (Baron, 1985; 1988; 1993b). Pero la evidencia empírica que demuestre esta suposición es precisamente la que se ha empezado a recoger (Cardas y Scholes, 1996; Klaczynski et al., 1997; Kuhn, 1991, 1993, 1996; Schaller, Boyd, Yohannes, & O'Brien, 1995; Schommer, 1990, 1994; Smith & Levin, 1996; Stanovich, 1999; Stanovich & West, 1997, 1998, 2000). “A pesar de que las tendencias son a veces modestas, las personas con un alto grado de apertura mental muestran una fuerte disposición a proporcionar la respuesta normativa en la verificación de una hipótesis y en operaciones de razonamiento, a evitar creencias desviadas en sus razonamientos y ajustar adecuadamente sus creencias a la evidencia” (Stanovich, 2002, pp. 183-4).

En lo sucesivo, para nosotros, tomaremos como definición de una **decisión racional**:

“Aquella que, teniendo en cuenta el conocimiento de la persona, tiene mayores probabilidades de alcanzar su objetivo” (Sutherland, 1996, p. 17).
--

\* \* \*

La disociación de los conceptos de inteligencia y racionalidad implica que el que nuestro comportamiento sea más o menos racional no depende tanto de nuestra capacidad cognitiva como de otros factores ‘psicológicos’ a determinar. Una manera natural de integrar ambos niveles de análisis aparentemente arbitrarios es entenderlos como la estructura y función de un mismo sistema: capacidad cognitiva (estructura) y conducta cognitiva (función). En una primera aproximación serían asimilables a la capacidad psicométrica y a las disposiciones mentales, respectivamente. En una segunda aproximación, la función cognitiva (los usos de esta estructura), en tanto que comportamiento, puede someterse a los principios del aprendizaje y, en concreto, estudiarse como conducta operante. En este caso, la ventaja secundaria de un análisis funcional aplicado a la conducta de pensar nos permitiría no sólo profundizar en el conocimiento del comportamiento irracional sino también la aplicación de técnicas de modificación a conductas cognitivas irracionales puntuales. La problemática en torno a la consecución de dicho proyecto es analizada en Unturbe (2004), donde se recurre a un análisis de las contingencias de refuerzo basado en la reducción de incertidumbre (Unturbe, 2003). El interés para los propósitos de esta tesis no estriba tanto en el mantenimiento o modificación de las ideas irracionales, como en el origen de las mismas: la reducción de incertidumbre. La clarificación de este concepto significará un paso adelante para un enfoque neuropsicológico de la irracionalidad en la toma de decisiones de sujetos inteligentes.

## ***1.2 La reducción de incertidumbre***

Tras aceptar la posibilidad de definir unas nociones disociadas de inteligencia y racionalidad sin menoscabo de la posible construcción de un concepto más amplio de inteligencia, permanece aún una desagradable arbitrariedad respecto a la definición de los niveles de análisis, no tanto por su apoyo empírico como por su base teórica. En efecto, los niveles de análisis han sido discutidos por muchos teóricos (Anderson, 1990, 1991; Dennett, 1978, 1987; Horgan y Tienson, 1993; Levelt, 1995; Marr, 1982; Newell, 1982, 1990; Oaksford y Chater, 1995; Pylyshyn, 1984; Sterelny, 1990), cada uno de los cuales no sólo define un número de niveles y una terminología diferentes sino que propone un micromodelo teórico diferente. Por ejemplo, por referirnos sólo al nivel superior, lo que para Anderson (1990) es el nivel racional, para Marr (1982) es el computacional, para Newell (1982) es el de conocimiento, para Denett (1987) y Stanovich (1999) es la postura o nivel intencional. Sin embargo, a pesar de ello comparte la característica de tratar sobre los objetivos de la computación y no de la computación misma. Por otro lado, hay un buen grado de consenso entre los autores en lo que se refiere al contenido del nivel denominado algorítmico en la terminología de Anderson (1990), un término relativamente incontrovertido (Stanovich, 1999, 2002).

Stanovich (1999) llega finalmente a un esquema de compromiso a partir de conceptos teóricos comunes lo suficientemente definido como para pasar al trabajo empírico. Sus

resultados nos permiten dar una forma más precisa a los niveles en cuestión, despojados de sus diferentes orígenes teóricos. Concretamente, la evidencia descarta aquellos modelos que tratan de explicar la irracionalidad observada en términos de limitaciones computacionales y errores aleatorios. Al contrario, una vez que se han tenido en cuenta estas limitaciones aún queda un importante residuo que refleja “una psicología sistemáticamente imperfecta en el nivel intencional [racional]” (Stanovich, 2002, p. 177). ¿Significa esto que, dentro de estos límites, la evidencia apoya la hipótesis de una irracionalidad fundamental sistemática en el pensamiento humano?

Preguntas como ésta no llevan a ninguna parte salvo a interesantes debates del tipo el de herencia-medio. Aunque el ser humano medio en la vida real toma decisiones generalmente con un nivel subóptimo de éxito, ha desarrollado el método científico posiblemente para evitar los errores sistemáticos de su modo habitual de razonar. La ciencia y la tecnología ha llegado, a lo largo del siglo XX, a unas cotas de sofisticación crecientes, totalmente en contradicción con la ‘hipótesis’ de irracionalidad. En cambio, ha usado muchas veces esa tecnología de modos claramente irracionales. Creemos que es un debate estéril porque se están confundiendo hipótesis con axiomas, los cuales no son falsables.

Una manera natural de integrar los resultados de Stanovich dentro de una concepción amplia de inteligencia, sería considerar los niveles de análisis como aspectos del mismo sistema cognitivo del tipo estructura y función. En este sentido, en nuestro símil sociológico, el tener un nivel elevado en ciencia y tecnología no implica necesariamente el hacer un buen uso de ella. No hay ninguna contradicción en esto. En una palabra: disponemos de una *estructura* cognitiva capaz de *funcionar* de diferentes formas. Cuanta más capacidad tenga esta estructura mayores serán sus posibilidades de comportarse y mayor variedad de usos. La inteligencia psicométrica sería una primera aproximación a esta estructura cognitiva. A mayor CI [nivel algorítmico], mayor variabilidad en los comportamientos cognitivos y, en consecuencia, unas alternativas serán mejores que otras. Un CI bajo no deja muchos comportamientos cognitivos donde elegir.

La ventaja de considerar la toma de decisiones como un comportamiento es que no necesitamos recurrir a especulaciones de salón. Nos movemos dentro del marco del Análisis de Conducta. Como en todo comportamiento operante, se precisa un análisis de las contingencias de refuerzo de las que la conducta es función. Esto implica un análisis específico para cada comportamiento subóptimo concreto. Un análisis funcional permitirá

detectar las contingencias que refuerzan esa persistencia y, consecuentemente, modificarlas. En principio, este enfoque elimina los inconvenientes de la arbitrariedad de los micromodelos teóricos. No obstante, todo este castillo de naipes puede venirse abajo si no resolvemos una contradicción consustancial a la irracionalidad: «si el análisis funcional parte del axioma del fortalecimiento por el éxito, ¿cómo podemos explicar el fortalecimiento de una conducta [irracional] que produce fracasos?». Como ha analizado Unturbe (2004), este dilema podría resolverse recurriendo a la noción de la contingencia de refuerzo denominada ‘reducción de incertidumbre’. Sobre esta noción recogemos una amplia cita de dicho trabajo (Unturbe, 2004, pp. 111-3):

Nosotros sugerimos que la función de la conducta cognitiva propiamente dicha es *producir* orden y reducir el caos y esto se hace, al menos, en dos sentidos: (i) reduciendo la *complejidad*, esto es, percibiendo sólo ciertos elementos “representativos” de la situación (idealización), y (ii) reduciendo la *incertidumbre* (Unturbe, 2003), por ejemplo, atribuyéndole una causa explicativa. Consideramos, asimismo, que nuestro organismo (o nuestro cerebro) es capaz de *detectar* esta generación de orden y ser reforzado por generarlo. Para Gazzaniga (1993, p. 243), “El cerebro humano busca el orden de forma refleja”. Según Vaihinger (1925, p. 36) el proceso de la inteligencia humana es el de “reducir lo que es caótico, fluido e intangible en la vida, a entidades mensurables por medio de la suposición de ficciones”. [El propio] Skinner (1980, p. 151) reconoce en su Autobiografía, “mis reforzadores eran el descubrimiento de uniformidades, la ordenación de datos confusos, la resolución del embrollo”. Y, en otra parte, “en un buen programa, el estudiante hace que las cosas encajen; hace que las cosas actúen, obtiene un orden del caos” (Skinner, 1975, p. 357). Para Rachlin (1983, p. 164), “Existe una forma más exacta de especificar la cantidad de información que un cierto suceso del entorno transmite al sujeto: el grado en que este suceso reduce la incertidumbre”. Para Berlyne (1966, p. 442), “los procesos perceptivos y de pensamiento *imponen orden* sobre el mundo externo, clasificando, interrelacionando, interpretando y organizando la información que llega a través de los órganos sensoriales”. Berlyne (1966) encuentra, en una serie de experimentos que, el elemento motivador común que tienen las propiedades de novedad, sorpresa, complejidad, dificultad y ambigüedad es que todas esas propiedades dan lugar a un conflicto. Estas situaciones conflictivas, continúa, desencadenan una respuesta de orientación y ponen en marcha mecanismos exploratorios. Wolfram Schultz (1998) estudia la implicación del sistema dopaminérgico en esta función básica de *predicción* (probablemente, un mecanismo de refuerzo por reducción de incertidumbre), sistema que es fundamental para las conductas exploratorias (véase Panksepp, 1998). Michel Gazzaniga sintetiza así lo fundamental de sus investigaciones con sujetos con el cerebro dividido: “El mecanismo *interpretativo* del hemisferio izquierdo está siempre trabajando intensamente, buscando el significado de los hechos. Se ocupa constantemente de *buscar orden y razón, aun cuando no los haya*, lo que le obliga a cometer continuos errores. Tiende a generalizar en exceso, construyendo a menudo un pasado posible que es distinto al pasado real” (Gazzaniga, 1998, pp. 18-19, el subrayado es nuestro). [...]

No obstante, es tan reforzante identificar nuestra representación (idealizada) del mundo con la realidad que tendemos a seleccionar nuestras interpretaciones en función de su congruencia con nuestra representación y, así, distorsionamos nuestra percepción del mundo. Es decir, no podemos tener referencia alguna de que nuestras interpretaciones son desadaptativas. “Vivimos bajo la ingenua suposición de que la realidad es *naturalmente* tal como nosotros la vemos y que todo el que la ve de otra manera tiene que ser un malicioso o un demente” (Watzlawick, 1981, p. 150). Lo que hacemos es *atribuir* nuestros fracasos a causas que estén de acuerdo con nuestra creencia. Por ejemplo, en su caso, a que no valemos nada, a que nadie nos quiere, a que la gente es mala por naturaleza, o a que la culpa la tiene el Sistema [o las multinacionales]. Y aunque esto no aumenta nuestro control sobre la situación, sí aumenta nuestra *sensación* de control. Y gran parte de este proceso es automático (véase Gazzaniga, 1993). [...]

El esfuerzo por el logro de una interpretación congruente a partir de unos hechos confusos, ambiguos o complejos puede llevar un tiempo en configurarse, pero “una vez que se atribuye a algo un significado o un valor especiales, resulta muy difícil considerar a dicho algo como miembro perteneciente a otra clase” (Watzlawick, 1994, p. 123), lo cual tiene consecuencias irracionales:

“Si, tras larga búsqueda y penosa incertidumbre, creemos haber hallado al fin la solución de un problema, nuestra postura, lastrada de una fuerte carga emocional, puede ser tan inquebrantable que preferimos calificar de falsos o irreales los hechos innegables que contradicen nuestra explicación, antes que acomodar nuestra explicación a los hechos”. (Watzlawick, 1981, p. 69)

La naturaleza de este problema humano universal se pone de manifiesto en la falacia del jugador y en experimentos como el realizado por Wright (1962), donde los sujetos tenían que intentar acertar qué tipos de secuencia de respuesta producía el resultado de ‘correcto’ (en realidad el resultado se obtenía de manera aleatoria). Las secuencias más complejas se obtuvieron cuando la probabilidad de acierto se acercaba al 50% (máxima incertidumbre), de lo cual “se concluye que los patrones y preferencias de respuestas supersticiosas se establecen como función de la probabilidad de recompensa” (Wright, 1962, p. 609).

Descartada la topografía de la idea irracional como signo diagnóstico, hallamos que, por su función, una característica de la irracionalidad de estas interpretaciones consiste en su inutilidad por *falta de capacidad predictiva* y en que, a pesar de ello, producen *sensación de control*. Pueden ser seguras, bellas, ‘explicativas’, claras o nobles, pero inútiles. Siempre es posible hallar rasgos [comunes] en un conjunto [de] valores al azar. Podemos desarrollar algoritmos muy elaborados sobre la secuencia que han seguido los números premiados de una lotería en los últimos meses, pero aunque se ‘explique’ muy bien los resultados *a posteriori*, no me va a predecir correctamente el futuro número premiado: el hecho es que dicho número no *será* el que *debería* haber sido. Las ideas irracionales, aunque pueden ser inocuas (organizar las estrellas en constelaciones), también pueden llegar a tener consecuencias adversas para uno o para los demás (tomar decisiones en base a horóscopos). De hecho, las distorsiones cognitivas están arraigadas en todos los trastornos resistentes al tratamiento, como la anorexia, la obsesión, la paranoia y la psicopatía y otros trastornos de la personalidad (véase, p. ej., Shafran, Cooper y Fairburn, 2002).

Creemos, con Paul Watzlawick, que el germen de la irracionalidad radica, en última instancia, en identificar *hechos* (realidad de primer orden) con *interpretaciones*

(realidad de segundo orden). “Habría una realidad, que es objetiva, porque existe fuera con independencia de mí (la realidad de primer orden); y habría además otra realidad subjetiva, que es el resultado de mis ‘opiniones’ y de mi pensamiento sobre la primera, es decir, *mi concepción* de ella (la realidad de segundo orden)” (Watzlawick, 1980, p. 43). “Perdemos de vista con suma frecuencia esta diferencia o incluso ni siquiera advertimos la presencia de dos realidades distintivas” (Watzlawick, 1981, p. 150). “Creer que la propia visión de la realidad es la realidad misma, es un peligrosa ilusión” (Watzlawick, 1981, p. 9). “Quien acude a nosotros en busca de ayuda es porque, de alguna manera, sufre bajo el peso de su relación con el mundo. Con esto quiere decirse (...) que sufre bajo el peso de su concepción o *imagen* del mundo, bajo la no resuelta contradicción entre lo que las cosas *son* y lo que, de acuerdo con su visión del mundo, *deberían ser*” (Watzlawick, 1980, p. 41, énfasis en el original).

Como vemos, autores de muy diferentes corrientes estarían de acuerdo en que una tarea cognitiva central de la mente humana es crear orden del caos, reducir la incertidumbre, simplificar lo complejo. De hecho, la etapa culminante del desarrollo ontogenético, según Piaget, es la de las operaciones formales, que es específicamente humana. Ahora bien, en la vida real, este ‘impulso’ cognitivo puede competir (y, en rigor, es incompatible) con una representación fiel de la realidad. Una representación fiel sería demasiado compleja, incierta, borrosa y caótica como para sernos de alguna utilidad. Un plano de las líneas del metro debe ser esquemático y una maqueta no nos será de utilidad. Pero la realidad no es igual al esquema. Usando el esquema adecuado podemos actuar —puntualmente— sobre la realidad de manera óptima *dentro de sus límites de validez*, pero confundir el esquema con la realidad fuera de estos límites, nos llevará eventualmente a decisiones subóptimas. Como explica Kelly (1955) el pensamiento es por naturaleza dicotómico, sobregeneralizador, selectivo, etc., todo lo cual es útil en tanto que pensamiento. Sin embargo todas estas características aplicadas a nuestras decisiones, implican irracionalidad. Quizá el arte de la razón estribe en la aceptación de que el pensamiento tiene la doble característica de ser una herramienta liberadora útil y distorsionadora: reduce lo complejo a lo simple y, por tanto, libera, pero también, distorsiona.

Consideraciones epistemológicas aparte, es natural considerar que *la tendencia cognitiva de reducir la incertidumbre* tenga un importante papel en la generación de las ideas irracionales. Según Shannon y Weaver (1949), reducir incertidumbre (reducir desorden o entropía) es sinónimo de crear información (orden). Desde este punto de vista, una decisión tomada en una situación de incertidumbre supone crear (o inventar) información. Esta es, precisamente, una de las más elevadas conductas cognitivas, la extracción de información, la

formación de patrones o pautas, la generación de reglas, a partir de una serie de observaciones aparentemente arbitrarias. Volveremos sobre este punto más adelante: la tendencia a crear información es especialmente fuerte en situaciones de incertidumbre. Esto será el eje de nuestra tesis.

Por tanto, dada la existencia de la reducción de incertidumbre, su valor adaptativo para la especie humana, el que sea percibida como positiva, y su característica de inmediatez, es difícil dejar de considerar que “*la reducción de incertidumbre es un refuerzo primario y [calificar] a la conducta así reforzada como cognitiva*” (Unturbe, 2003, p. 8). De esta manera, tendríamos de una teoría con la que explicar el [aparente] dilema del fortalecimiento de una idea irracional por el éxito inmediato (reducción de incertidumbre), a pesar de las consecuencias negativas demoradas. Dicho con la elocuencia de Ramón Bayés:

Personalmente, en líneas generales, considero que la aportación más genuina de los psicólogos a la solución de los numerosos problemas multidisciplinarios que se plantean al hombre de hoy, radica en las posibilidades enormes que ofrece su análisis de los *aspectos temporales* de los eventos; análisis que va mucho más allá de la lógica y del sentido común, que otros profesionales no se encuentran en disposición de llevar a cabo, y que dimana de la investigación conductual efectuada en los laboratorios bajo situaciones de estricto control. Fenómenos tales como la asociación pavloviana, la adaptación, o los efectos de las secuencias temporales o de las consecuencias inmediatas para la emisión fáctica de un comportamiento, considero que señalan la relevancia del análisis psicológico en problemáticas de tanta importancia como, por ejemplo, la elaboración de estrategias y programas para la práctica o mantenimiento de los comportamientos de prevención eficaces en enfermedades de transmisión sexual, cáncer, SIDA o enfermedades coronarias.

El hombre no obedece únicamente a la lógica de las premisas; no es un simple ordenador. *La información es una condición necesaria pero no suficiente* para que el hombre actúe de forma coherente con ella, incluso en situaciones en las que su comportamiento puede poner en peligro un esfuerzo tan poderoso como la propia vida. [...]

La diferencia funcional importante entre los comportamientos de riesgo y los de prevención es que mientras en los primeros la consecuencia *inmediata*, aunque de magnitud y duración limitadas, es segura y agradable —desaparición del síndrome de abstinencia, liberación de tensión, orgasmo, fin de un trabajo rutinario y tedioso—, y la consecuencia a largo plazo, aunque de magnitud y trascendencia enormes, altamente nociva pero sólo probable —sufrimiento o muerte por cáncer, SIDA, infarto o contaminación radiactiva—; en los segundos, la consecuencia *inmediata* es segura pero poco o nada agradable —eliminación, atenuación o demora del placer— mientras que la consecuencia a largo plazo es altamente positiva y deseable —salud— aunque sólo probable. [...]

Las consecuencias inmediatas no son sino uno de los muchos factores que influyen en el comportamiento humano. [...] Sin embargo, es un factor poderoso y suele ser enormemente útil tomarlo en consideración —lo cual no suele hacerse— al abordar,

desde un ángulo psicológico, muchos problemas del mundo de hoy”. (Bayés, 1992, pp. 278-282, cursiva en el original)

En una palabra, en una toma de decisiones, la *inmediatez* de las consecuencias para el establecimiento, mantenimiento o eliminación de la conducta posee más peso sobre la elección que la propia *magnitud* de dichas consecuencias (Jeffrey, 1989; McReynolds, Green y Fisher, 1983; Rachlin, Logue, Gibbon et al, 1986; Schweitzer y Sulzer-Azaroff, 1988). El informe oficial soviético sobre la catástrofe de Chernobyl señala que se habían efectuado seis violaciones importantes de las normas de seguridad por parte del personal cualificado de la central, profesionales que conocían perfectamente los riesgos (Comité Estatal de la URSS para la Utilización de la Energía Atómica, 1986). Henning (1986) señaló que el bloqueo deliberado de varios sistemas estuvo básicamente motivado por el deseo del personal de la central de terminar lo antes posible las pruebas que se estaban efectuando y marcharse a su casa (citado en Bayés, 1992, p. 79-80).

\* \* \*



La irracionalidad humana sistemática y predecible, puesta de manifiesto en los trabajos de Kahneman y Tversky, no es explicable por el CI, excepto en una pequeña parte (Stanovich, 1999). Acabamos de plantear que la tendencia cognitiva humana a reducir la incertidumbre genera, al menos, un tipo de irracionalidad como un efecto secundario no deseado (y quizá inevitable). De hecho, las situaciones de incertidumbre son una condición propicia para la irracionalidad (Kahneman, Slovic y Tversky, 1982). Toda esta evidencia recopilada se ha resumido en un pequeño número de leyes empíricas provisionales; leyes necesitadas de un fundamento teórico, por el momento inexistente. La proliferación de micromodelos “explicativos” *ad hoc* no sólo no arregla nada sino que, incluso, podría llegar a devaluar la seriedad del método científico en psicología. Nosotros no partimos de cero, sino del punto en que se encuentra hoy la ciencia psicológica. Según el paradigma del procesamiento de la información este bagaje empírico debería encararse desde los procesos cognitivos *top-down*; desde los sistemas cognitivos que controlan el procesamiento rutinario de recepción, almacenamiento, transformación y recuperación de la información. Estos *sistemas de control* se activan en situaciones nuevas, conflictivas, ambiguas o inciertas. Son unos sistemas patentes y específicos en la especie humana: son la piedra angular de toda la psicología humana; sin ellos desaparece el ser humano. Y, sin embargo, filogenéticamente, este enorme salto *cualitativo* de la función cognitiva representa sólo un pequeño cambio *cuantitativo* en la estructura cognitiva (Unturbe, 2003). Estos sistemas de control, tomados a parte, serán objetivo de nuestra tesis.

### ***1.3 Sistemas cognitivos de control***

“El inquietante descubrimiento de Daniel Kahneman y Amos Tversky no es tanto que a menudo seamos irracionales. Esto es algo que todos sabemos. Se trata en realidad de que, aun cuando tratamos de ser fríamente lógicos, damos respuestas radicalmente diferentes al mismo problema, cuando éste está planteado en términos ligeramente distintos” (McKean y Pla Mori, 1985, p. 5). Kahneman afirma que cuando elegimos no siempre lo hacemos objetivamente. En general, mediante algunos problemas aparentemente simples planteados a los sujetos de experimentación, la investigación de Kahneman y Tversky demuestra cómo las personas creyendo aplicar la razón efectúan acomodos mentales engañándose a sí mismos y suprimiendo así la incertidumbre. Según esto, toda decisión supresora de incertidumbre tiene muchas papeletas para ser seleccionada sobre otras más racionales. En otras palabras, la supresión de la incertidumbre es reforzante hasta el punto de engañarnos a nosotros mismos, alejándonos de las decisiones óptimas.

Existe un fuerte efecto de confianza excesiva —afirma Kahneman—. Supón que te llevo a una habitación oscurecida y te señalo un círculo. No tienes referencias de la distancia y te pregunto qué dimensiones tiene. No sabes si es un círculo pequeño próximo a ti, o un círculo grande y alejado de ti. Si la mente trabajase como un

ordenador, responderías que no sabes la respuesta. Pero en un caso así, las personas muestran tener una sensación segura acerca de la dimensión del círculo, aún cuando puedan sospechar que, probablemente, estén equivocadas. Este es un ejemplo clásico del modo como la mente suprime la incertidumbre. (McKean y Pla Mori, 1985, p. 11).

Donde parece que la “disraccionalidad” es provocada, esto es, la decisión subóptima en el sujeto inteligente, es en las situaciones de incertidumbre. Por ejemplo, un principio que debería seguirse desde un punto de vista normativo [esto es, óptimo] es el denominado ‘axioma de independencia’ (o principio de la cosa segura<sup>1</sup>) de Savage (1954). Sin embargo, este principio ha sido violado sistemáticamente (Tversky y Shafir, 1992; Shafir, 1994). Como ilustración, consideremos la siguiente situación donde se pidió a varios sujetos que imaginaran encontrarse a final de curso en espera de una nota global que determinaría el repetir o superar el curso. En esas circunstancias, se les ofrecía una buena oferta de viaje de vacaciones. Solamente un tercio decidió aceptarla. Lo interesante es que haciendo la misma oferta *después* de conocer la nota final, los resultados fueron los contrarios: más de la mitad de los que habían aprobado decidieron aceptar la oferta, y un grupo aún mayor de los que suspendieron la aceptó también. Es decir: «Iré si apruebo e iré si suspendo, pero no iré si no sé si he aprobado o suspendido»

La situación es esta: el ser humano inteligente no se comporta de modo óptimo sistemáticamente en situaciones en que interviene la incertidumbre. Las investigaciones de Kahneman y Tversky, además de la evidencia empírica sobre nuestra irraccionalidad sistemática, proporcionan una serie de componentes irracionales del comportamiento fruto de sus apreciaciones inductivas. Estas componentes son creadas al margen de concepción teórica alguna, lo cual supone una seria debilidad. Nociones como anclaje, accesibilidad, sobreconfianza, facilitación, marco, etc, en las que no entraremos, no salen de un nivel descriptivo, topográfico. De la misma manera que las reglas gramaticales no explican la conducta verbal, las reglas del ajedrez no explican las jugadas y el código de circulación no explica la conducta del conductor, la descripción de nuestras desviaciones sistemáticas de la racionalidad en situaciones de incertidumbre, si bien señalan una realidad, no la explican.

---

<sup>1</sup> Savage formula así este principio en las páginas 21-22 de la segunda edición revisada, aparecida en Dover Publications en 1972: sean **f**, **g** acciones, “si una persona no prefiriese **f** a **g**, tanto sabiendo que se había dado el suceso B, como sabiendo que se había dado el suceso  $\sim$ B, entonces no prefiere **f** a **g**. Más aún (supuesto que no considerase B como virtualmente imposible) si definitivamente prefiriese **g** a **f**, sabiendo que se había dado B, y no prefiriese **f** a **g**, sabiendo que B no se había dado, entonces preferiría definitivamente **g** a **f**”.

Queda, pues, pendiente la tarea de explicar nuestra peculiar manera de razonar en situaciones inciertas, descrita y reducida excelentemente a sus componentes por Kahneman y colaboradores. Una teoría tal permitiría deducir consecuencias en otros ámbitos del comportamiento humano, consecuencias hipotéticas falsables que, una vez sometidas a contraste experimental, revertirían sobre la reconsideración de los hipotéticos elementos irracionales del pensamiento. La evidencia acumulada está pidiendo a gritos su incorporación al cuerpo de la ciencia.

Muchos modelos en psicología social han usado el método inductivo proponiendo un principio similar a la reducción de incertidumbre como explicación de la desviación de los comportamientos reales frente a los racionales, como las teorías de las congruencias cognitivas entre actitudes, creencias y conductas (Festinger, 1957; Heider, 1968; Newcomb, 1953; Osgood y Tannenbaum, 1955; Rosenberg, 1960). Por ejemplo en el caso de la teoría de la disonancia cognitiva (Festinger, 1957), se explica el grado de adhesión a una creencia por el grado de discrepancia con el comportamiento del sujeto que es capaz de reducir. Si el sujeto puede justificar su comportamiento disonante *a posteriori* (por ejemplo, por verse sometido a una fuerte presión social o a una elevada ganancia monetaria), sus creencias se mantendrán a salvo sin crear disonancias. En cambio, si no hay una justificación evidente, el sujeto es capaz de modificar sus creencias, reduciendo así la disonancia.

No obstante, la ausencia de un fundamento teórico común crea un efecto de Torre de Babel, donde las consecuencias de los modelos se contradicen entre sí. Por ejemplo, no hay acuerdo entre los distintos autores acerca de si determinada conducta es un derivado necesario de una determinada actitud o si esta última sólo constituye una predisposición para actuar de determinada manera frente al objeto actitudinal. Esta proliferación de “teorías” *ad hoc* se empieza a parecer a las fórmulas-eslogan de los talleres de empresa y los libros de autoayuda, reduciéndose a una función didáctica. Por todo ello, debido a esta inflación, el ámbito de la irracionalidad humana está empezando a devaluarse.

A pesar de las limitaciones y críticas del modelo computacional de la mente humana, la teoría cognitivista del procesamiento de la información es la que, hasta el momento, es capaz de ir integrando la ingente cantidad y variedad de datos y resultados de la psicología experimental. Desde que hace medio siglo se fue configurando como nuevo paradigma teórico, el cognitivismo abrió la experimentación, sin complejos, a los procesos mentales, a los cerebrales, a los sujetos humanos, a los comportamientos complejos, frente al

conductismo metodológico donde se omitía todo lo mental y cerebral, y se primaba el estudio de los animales y de comportamientos simples. Algunos modelos cognitivos de sistemas de control que han resistido la inexorable prueba del tiempo nos servirán para dar un soporte conceptual al cúmulo de datos acerca de la irracionalidad en la toma de decisiones: los sistemas de control atencional .

Las estructuras teóricas dentro de la ciencia cognitiva vienen en diferentes formas, desde modelos matemáticos o computacionales detallados de fenómenos estrecha y precisamente definidos, a marcos teóricos amplios que intentan dar sentido a un amplio rango de fenómenos y que dejan abierta, en gran medida, una mayor especificación. El propósito de dicho marco es representar lo conocido hasta el momento mientras, al mismo tiempo, incitando a cuestiones adicionales que son tratables. Probablemente, bien para extender el rango de aplicabilidad del modelo, bien para incrementar su profundidad teórica, llevando consiguientemente a sub-modelos más precisos. El concepto de memoria de trabajo propuesto por Baddeley y Hitch (1974) proporcionó dicho marco para conceptualizar el papel del almacén temporal de información en la ejecución de un amplio rango de tareas cognitivas complejas. Esto representó un desarrollo de los primeros modelos de memoria a corto plazo [...], de los que se diferenciaba en dos maneras. Primero, abandonó el concepto de almacén unitario a favor de un sistema multi-componente y, segundo, enfatizó la función de dicho sistema más que la memoria *per se*. (Baddeley, 2000, p. 417)

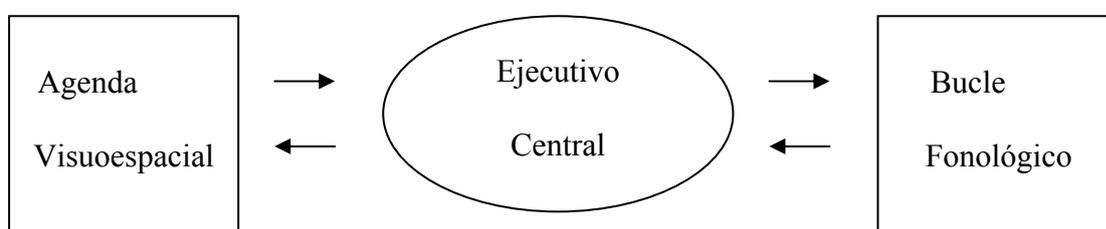


Fig. 1.1

Baddeley y Hitch (1974) propusieron que el concepto unitario anterior debería elaborarse en un sistema de tres componentes [posteriormente ampliado a cuatro, con un Almacén Episódico (Baddeley, 2000)]. Como muestra la Figura 1.1, el sistema comprende un controlador atencional de capacidad limitada, el *ejecutivo central*, ayudado por dos subsistemas esclavos, uno implicado en la información acústica y verbal (*bucle fonológico*) y el otro realiza una función similar para la información visual y espacial (*agenda visuoespacial*).

Gran parte del trabajo inicial se centró en estos dos subsistemas ya que parecían ofrecer problemas más tratables que el ejecutivo central. Este tercer componente de la memoria de trabajo, el ejecutivo central,

fue concebido inicialmente en los términos más vagos posibles como una reserva de capacidad limitada de recursos generales de procesamiento. Durante la primera década funcionó como un cajón de sastre [...]. Implícitamente, el ejecutivo central funcionaba como un homúnculo, un hombrecillo que tomaba las decisiones importantes de cómo deberían usarse los dos sistemas esclavos. [...]

Sin embargo, el ejecutivo central juega un papel crucial en el marco de la memoria de trabajo y, como tal, demanda una explicación, si no inmediatamente, como parte de una teoría más completa. El ejecutivo aún podría parecerse a un homúnculo pero esto no es malo en tanto se acepte que el papel del homúnculo es recordar a los investigadores aquellas funciones que ellos aún no han explicado (Attneave, 1960). Ello demanda una estrategia de intentar sistemáticamente especificar estos procesos y explicarlos, en el mejor de los casos, no dejando nada por explicar a su debido tiempo y, por tanto, permitiendo la retirada del homúnculo. Mis colegas y yo adoptamos esta estrategia, concentrándonos sobre las características de control atencional del ejecutivo central y tomando prestado el que virtualmente fue el único modelo que intentó explicar el control atencional de la acción en ese momento, a saber, el modelo del subsistema atencional supervisor de Norman y Shallice (1986). (Baddeley, 2001, p. 855).

El modelo del sistema atencional supervisor (SAS) se desarrolló para dar cuenta de dos amplios tipos de datos, las distracciones en participantes normales (Reason, 1984) y las perturbaciones del control atencional que acompañan frecuentemente a las lesiones de los lóbulos frontales cerebrales (Shallice, 1982). Norman y Shallice (1980/1986) creyeron que una teoría adecuada de la acción humana debe explicar no sólo la ejecución correcta, sino también las variedades más predecibles del error humano. Las formas sistemáticas de error y la ejecución correcta se enfocan como dos caras de la misma moneda teórica. El modelo de Norman y Shallice (1980/1986) “Atención a la acción” se pensó básicamente para explicar las diferencias entre el procesamiento automático y el controlado. Proponen dos componentes para dar cuenta de los distintos niveles de control necesarios para llevar a cabo varias secuencias de acción o pensamiento. El primero, el *dirimidor de conflictos*<sup>2</sup> controla la ejecución de actos rutinarios y habilidades sobreaprendidas: los “esquemas de acción”. Éstos son conjuntos de respuestas asociadas con un estímulo ambiental específico para el que el

---

<sup>2</sup> Contention scheduling. Nos quedamos con la expresión traducida por Tirapu-Ustároz, Muñoz-Céspedes y Pelegrín-Valero (2002). Otras traducciones nos parecen menos apropiadas: agenda de contenidos, programación de contienda, programación de competición, etc.

esquema es activado. “Se asume que la acción humana está controlada principalmente por una extensa serie de esquemas y hábitos capaces de usar claves ambientales que permitan la ejecución de tareas rutinarias tales como conducir un coche por una ciudad concurrida a un lugar familiar. Aunque esto frecuentemente lleva a conflictos entre diferentes claves [...], se asume que existe un número de procesos de resolución de conflictos relativamente automáticos” (Baddeley, 2001, p. 856). El segundo componente es el *sistema supervisor*, la unidad de planificación general necesaria para resolver problemas no rutinarios, proveyendo un control atencional consciente para modular la ejecución. Se activa cuando el proceso de selección por el *dirimidor de conflictos* falla o cuando un esquema apropiado no es viable (situación común en ciertos errores humanos). Norman y Shallice (1980/1986) dentro de su teoría “atención a la acción”, proponen que el SAS debería ser activado para 5 tipos de conductas o situaciones en las cuales los procesos automáticos o de rutina del mecanismo *dirimidor de conflictos* serían inadecuados y el control ejecutivo del SAS sería imprescindible:

- Situaciones que involucren planificación o toma de decisiones.
- Situaciones que involucren corrección de errores.
- Situaciones donde la respuesta es nueva y no está bien aprendida.
- Situaciones que se juzgan como difíciles o peligrosas.
- Situaciones que requieren sobreponerse a respuestas habituales.

En el modelo, el procesamiento automático puede referirse, entre otras cosas, a procesos en los cuales la selección de esquemas implica tan poca activación que la conducta puede ser realizada en paralelo con otras actividades. De manera alternativa, se puede referir, más en el sentido de Schneider y Stryker (1977), a procesos controlados por su propio esquema individual, disparados directamente de manera *bottom - up* por algún estímulo. El procesamiento controlado podría corresponder a procesos que requieren seleccionar más de un esquema del *dirimidor de conflictos*. “El SAS es necesario cuando ocurre un nuevo problema, por ejemplo, al conducir a un lugar no familiar o al tratar con una rueda pinchada. El atencionalmente limitado SAS es capaz de combinar información de la memoria a largo plazo con estímulos existentes para planificar una nueva solución y para asegurar que el plan se seguirá” (Baddeley, 2001, p.856).

No obstante, dado que un esquema sobreaprendido puede, según la teoría, ser seleccionado mientras esté funcionando un segundo esquema más potentemente activado<sup>3</sup>, la selección puede ocurrir en un continuo de valores de activación. Por lo tanto, la distinción entre procesos automáticos y controlados se convierte en una cuestión de grado más que en una dicotomía. Esta idea de un cambio en el control de la acción a manos de un sistema supervisor es similar a la idea de Rasmussen (1983) de diferentes niveles de procesamiento, culminados por un nivel de procesamiento controlado para situaciones difíciles y novedosas. Las explicaciones para los errores derivadas del marco de Norman y Shallice se basarían en que los procesos automatizados pueden prescindir, y de hecho prescinden en muchas ocasiones, del control consciente, y esto puede hacer que las situaciones que son novedosas por alguna característica sutil sean tratadas como situaciones antiguas, con las posibles consecuencias no deseables.

Como ha resumido el propio Shallice (1988, p. 335): “el sistema supervisor [tiene] acceso a una representación del entorno y de las intenciones y capacidades cognitivas del organismo. Se atiene a operar no mediante control conductual directo sino modulando [los recursos del] nivel inferior activando o inhibiendo esquemas particulares. Estaría implicado en la génesis de las acciones voluntarias y sería requerido en situaciones donde la selección rutinaria de acciones fuera insatisfactoria —por ejemplo, al tratar con la novedad, en la toma de decisiones, al sobreponerse a la tentación, o al tratar con el peligro.”

Concretando: en la toma de decisiones bajo incertidumbre se activarían los sistemas de control que podemos visualizar como un SAS. Un control que no es directo sino que actúa modulando comportamientos establecidos previamente. Estos sistemas de control están en el centro de la esencia del ser humano. El deterioro de estos sistemas, que en sí forman una pequeña parte del sistema cognitivo, supone una desorganización de la persona. “Ocurren lapsus de acción cuando el SAS falla en la anulación de un hábito, tal como conducir a la oficina cuando intentamos ir al supermercado. Pacientes con daño del lóbulo frontal muestran problemas atencionales tales como perseveraciones en un acto dado porque un deteriorado SAS ha llevado a actuar estando capturado por la estimulación ambiental inmediata (Shallice, 1982)” (Baddeley, 2001, p. 856).

Este nivel superior de procesamiento, que es específicamente humano, es el que permite a nuestra especie la posibilidad de liberarse de la tiranía del control ambiental y genético de

---

<sup>3</sup> Siempre que no compitan estructuralmente y que el sobreaprendido exceda su propio umbral de activación.

nuestro comportamiento. El precio que pagamos es el de su fragilidad y la dificultad de integración comportamental cuando este sistema falla. Lo que a nosotros nos interesa aquí es que entre estos dos puntos extremos existe una extensa variedad de modos de comportarse de este nivel de control superior, que incide cotidianamente en nuestra “psicología” (nuestras vivencias, emociones, relaciones, estados de ánimo, planteamientos de vida, creencias, etc.). No es de extrañar que, en muchas áreas de la psicología, se esté prestando cada vez más atención a los conceptos de comportamiento y cognitivos que se encuentran en el límite de la psicología cognitiva y de la personalidad (Ackerman & Heggestad, 1997; Goff & Ackerman, 1992; Haslam & Baron, 1994; Keating, 1990; Nickerson, 1988; Perkins, 1995; Perkins, Jay, & Tishman, 1993; Rolfhus & Ackerman, 1999; Siegel, 1993; Stanovich & West, 1997; Sternberg, 1997b; Sternberg & Ruzgis, 1994; Swartz & Perkins, 1989).

Pero este nivel superior de procesamiento o bien depende directamente de una voluntad consciente inmaterial (alma, homúnculo, etc) externa al organismo, o bien tenemos que suponerle supeditado al propio organismo de alguna manera<sup>4</sup>. Es decir, este nivel existe, tiene una forma de comportarse y está sometido a ciertas leyes. El universo de las posibles alteraciones, disfunciones o debilidades de los sistemas de control será el marco donde se mueva nuestra tesis.

\* \* \*

---

<sup>4</sup> Miller y Cohen (2001), por su parte, ofrecen una teoría donde se describe el sistema de control desde mecanismos neurales sin recurrir al homúnculo.

#### ***1.4 Córtex prefrontal y funciones ejecutivas***

Se entiende por “funciones ejecutivas” aquellas capacidades cognitivas que pueden conceptualizarse mediante cuatro componentes (véase Lezak, 1983; 1995):

- Formulación del objetivo o meta
- La planificación
- La realización del objetivo mediante planes dirigidos
- La actuación eficaz (supervisión)

La atribución de las funciones ejecutivas a los lóbulos frontales está vinculada al hecho de que las lesiones focales en esta región cortical dan a menudo como resultado notables déficits en estas funciones (Fuster, 1989; Stuss y Benson, 1986; Goldman-Rakic, 1987; Damasio y Damasio, 1989; Grafman, 1994). No obstante, hay mucho de circularidad en su definición puesto que los primeros tests surgieron con Luria como tests de funciones dependientes del lóbulo frontal. Luria conceptualizó por primera vez estas funciones como una serie de trastornos en la iniciativa, la motivación, la formulación de metas y planes de acción y el autocontrol de la conducta, asociados a lesiones frontales (Luria, 1974; Luria, Pribram y Homskaya, 1964). Estas funciones eran en esencia las que, después, llegarían a apellidarse como “ejecutivas”. No ha de extrañarnos que Stuss y Alexander (2000) reconozcan que existen muchos problemas para comprender las “funciones ejecutivas” ya que “no existe una definición unitaria”. En consecuencia, no nos enredaremos en esta distinción. En este respecto, preferimos seguir adelante sin una definición precisa. Bástenos, en principio, parafrasear aquella manida definición: “funciones ejecutivas son lo que miden los tests ejecutivos”. La investigación neuropsicológica dirá qué función mide cada test en particular.

En última instancia, al menos desde un punto de vista aproximado, la neuropsicología trata de vincular las funciones cognitivas propias del ser humano con las diversas estructuras cerebrales. Aunque sus precedentes científicos fueron Broca y Wernicke, quien comenzó el estudio sistemático fue Alexander R. Luria. Basándose en la evidencia obtenida en sus estudios sobre déficits cognitivos en sujetos con diversas lesiones cerebrales, Luria (1974) propone la existencia de tres grandes unidades funcionales en el cerebro: la formación reticular ascendente, que se ocupa de regular el nivel de vigilia; el córtex posterior, encargado de recibir, procesar y almacenar la información externa; el córtex anterior, encargado de programar, regular y verificar la actividad mental. Además, el córtex sigue una ley de

integración creciente cuando pasamos de las áreas primarias a las de asociación secundaria y de integración terciaria. Asimismo, las áreas corticales siguen una ley de lateralización progresiva.

Como describe Joaquim Fuster (1989), el córtex prefrontal (CPF) es una de las últimas regiones desarrolladas en la evolución neuronal. En el humano supone un tercio del neocórtex. Será, pues, interesante analizar las funciones asociadas a esta área por ser un desarrollo evolutivo de la especie humana. Según Fuster, el CPF es un área dedicada a la *organización temporal de la conducta*. Trasciende las limitaciones de contigüidad temporal de las contingencias que controlan la conducta operante estímulo-respuesta-refuerzo, extendiendo el efecto a través de una separación temporal. Establece, así, contingencias conductuales entre sucesos a través del tiempo. La parte dorsolateral parece más especializada en tareas retro (memoria de trabajo) y prospectivas (disposición preparatoria). La parte orbital está más especializada en la inhibición de las conductas interferidoras disparadas por estimulación (externa o interna) inmediata, que impedirían la organización de la acción.

Las poblaciones de las neuronas prefrontales podrían visualizarse como el substrato celular de asociaciones trans-temporales de sucesos sensoriales y motores que requieren conductas extendidas en el tiempo y dirigida a metas (Fuster, 1989, p. 194).

Para un breve perfil de las funciones del córtex prefrontal seleccionamos las siguientes citas de A.R. Luria (1974):

La destrucción del córtex prefrontal conduce a una profunda alteración de los programas conductuales complejos y a una marcada desinhibición de las respuestas inmediatas ante estímulos irrelevantes, haciendo así imposible la realización de programas conductuales complejos (p. 89)

Los lóbulos frontales no sólo realizan la función de síntesis de los estímulos externos, preparación para la acción y formación de programas, sino también la función de tomar en consideración el efecto de la acción llevada a cabo y verificar que ésta ha tomado el curso debido (p. 91)

A parte de este extraordinario desarrollo del CPF, el cerebro humano ha desarrollado una especialización funcional lateralizada, cuyo ejemplo más destacado es el del lenguaje. No debemos perder de vista, pues, la especialización asimétrica de funciones en cada hemisferio cerebral, concretamente dentro del CPF (véase, p.e., Edwards-Lee y Saul, 1999).

Todos los marcos sugieren que el córtex prefrontal está implicado especialmente en tareas que requieren un procesamiento sobre largos periodos. Los requisitos son (Grafman, 1999):

- Determinar la secuencia temporal de los sucesos.
- Mantener el control sobre sus acciones en el entorno dividiendo sus recursos, compartiendo o alternando tareas.
- Integrar información a través de los sucesos y a través del tiempo.
- Focalizar la atención e ignorar distractores.
- Planificar, razonar y resolver problemas.
- Recuperar reglas sociales apropiadas de conducta.

Similitudes entre los modelos y paradigmas experimentales neuropsicológicos:

Operan sobre dominios temporales. Todos ellos sugieren unos procesos de control atencional, es decir, el córtex prefrontal posibilita unos procesos monitorizados en la conciencia responsables del cambio de la disposición conceptual del sujeto. Estos procesos se focalizan principalmente hacia el interior, los estados mentales internos. El córtex prefrontal estaría implicado en casi todos los comportamientos funcionales que requieren la activación de un modelo mental del mundo, especialmente cuando aspectos de este modelo no estén presentes en el entorno.

Cualquier test de funciones cognitivas y sociales del lóbulo frontal debería requerir al sujeto que manipule mentalmente el estímulo mostrado, procese la secuencia del orden estimular y atienda a aspectos conceptuales de la tarea.

Como sintetizan Miller y Cohen (2001, p. 168), el CPF no es crítico para las conductas simples y automáticas, sino que

estas conductas son reacciones estereotipadas e inflexibles elicidadas por el estímulo preciso. No se generalizan bien a las situaciones nuevas y toman un amplio tiempo y experiencia en desarrollarse [procesamiento “bottom-up”]

En contraste, El CPF es importante cuando es necesario el procesamiento “top-down”; es decir, cuando el comportamiento debería ser guiado por estados internos o intenciones. El CPF es crítico en situaciones en que las asociaciones entre inputs sensoriales, pensamientos y acciones o bien están débilmente establecidas con relación a otras existentes, o bien están cambiando rápidamente. Es entonces cuando necesitamos usar las “reglas del juego”, las representaciones de objetivos y los medios para lograrlos.

Uno de los aspectos más fundamentales del control cognitivo y la conducta dirigida a metas es “la capacidad de seleccionar una respuesta relevante para la tarea que es débil que está en competición con cualquier otra más fuerte, pero irrelevante para la tarea” (Miller y

Cohen, 2001, p. 170). Este aspecto está bien ilustrado en el Stroop test (Stroop, 1935; MacLeod, 1991) donde los sujetos o bien leen palabras o bien nombran el color en que están escritas. Para ejecutar esta tarea los sujetos deben atender selectivamente a un atributo; especialmente al nombrar el color de un estímulo conflictivo (p.e. la palabra VERDE presentada en rojo): hay una fuerte tendencia prepotente a leer la palabra “verde”, la cual compete con la respuesta al color “rojo”.

Hallazgos similares son evidentes en el Test de Clasificación de Wisconsin (Wisconsin Card Sort Task, WCST; Berg, 1948; Grant y Berg, 1948) en el que se instruye a los sujetos a clasificar cartas según su forma, el color o el número de los símbolos que aparecen en ellas y la regla de clasificación varía periódicamente. De esta manera, cualquier carta dada puede asociarse a varias acciones posibles, sin que pueda funcionar una asociación única estímulo-respuesta, y la acción correcta cambia y es dictada por la regla que es efectiva en ese momento. Los humanos con daño del CPF muestran estereotipias en el WCST. Son capaces de adquirir la asociación inicial sin mucha dificultad pero son incapaces de adaptar su conducta cuando la regla varía (Milner, 1963). Los monos con lesiones en el CPF están deteriorados una tarea análoga a ésta (Dias, Robbins y Roberts, 1996, 1997) y en otras cuando deberían cambiar entre diferentes reglas (Rossi, Rotter, Desimone, y Ungerleider, 1999).

Según Miller y Cohen (2001), este principio puede dar cuenta de un amplio rango de otras tareas sensibles al daño del CPF, tales como la prueba “A-noB” (Piaget, 1937; Diamond y Goldman-Rakic, 1989), la Torre de Londres (Shallice, 1982; 1988; Owen), y otras (Duncan, 1986; Duncan; Stuss y Benson, 1986). Otros tests “ejecutivos” son el Trail Making Test, el de Fluidez Verbal y la Torre de Hanoi. Aunque todos ellos han mostrado alguna sensibilidad para captar disfunciones frontales, ninguno de ellos ha demostrado ser específico para medir disfunciones del sistema ejecutivo (Tirapu-Ustárrroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrín-Valero, 2002). Para algunos autores la dificultad de medición del funcionamiento ejecutivo reside en que se trata de un problema metafísico y epistemológico, ya que las puntuaciones en los tests constituyen meras representaciones simbólicas reduccionistas (Cripe, 1996).

Evidentemente, la función del córtex prefrontal es heterogénea. Ahora bien, debido a que integra funciones asociadas a otras partes cerebrales, podemos complicarla más de lo que es en realidad; necesitamos centrarnos en una función lo más sencilla posible. Para Goldman-Rakic (1998), a partir de sus estudios con monos, “en general, ni las reglas consistentes de

una tarea ni sus requerimientos sensoriomotores son un problema para el animal prefrontalmente lesionado. *La dificultad del mono recae en recordar la información y usarla para guiar una respuesta correcta*” (la cursiva es nuestra). Esta función coincide con el concepto cognitivo de memoria de trabajo. Esta función en seres humanos puede tener dos modalidades, la verbal (asociada preferentemente al prefrontal izquierdo) y la visuo-espacial (asociada más al derecho).

Los tests de Stroop y WCST se describen variadamente como interviniendo las funciones cognitivas de atención selectiva, inhibición conductual, memoria de trabajo, comportamiento basado en reglas o dirigido a metas. Miller y Cohen (2001, p. 170) argumentan que todas estas funciones dependen de la representación de las metas y reglas en la forma de patrones de actividad en el CPF, el cual configura procesamientos en otras partes del cerebro según las demandas de la tarea en cuestión: “Estas señales top-down favorecen asociaciones débiles (pero relevantes para la tarea) de estímulo-respuesta cuando están en competición con otras más fuertes y habituales (como en el test Stroop), especialmente cuando se necesita flexibilidad (como en el WCST). Según estos autores comentan en el citado trabajo (p. 172), “ciertas claves del entorno activarían representaciones en el CPF que podrían elegir la representación apropiada. Esto es importante cuando el curso de la acción es *incierto*, y específicamente si una de las alternativas es más fuerte (más habitual o saliente) pero produce el comportamiento incorrecto.

La influencia de la predisposición proporcionada por las señales de feedback del CPF sobre los sistemas sensoriales podría mediar su papel en la dirección atencional (Stuss y Benson, 1986; Knight, 1984, 1997; Banich et al, 2000), sobre el sistema motor podría ser responsable del control de selección e inhibitorio (Fuster, 1980; Diamond, 1988) y señales a sistemas intermedios podrían sostener la memoria a corto plazo (o de trabajo) (Goldman-Rakik, 1987) y guiar la recuperación de la memoria a largo plazo (Scachter, 1997; Janowsky et al, 1989; Gershberg y Shimamura, 1995). Sin el CPF predominarían las vías neurales más frecuentemente usados (y, por tanto, mejor establecidos), o donde éstas no existen, el comportamiento sería azaroso. (Miller y Cohen, 2001, p. 172-3)

Nuestra revisión de estudios en monos y humanos muestra que el CPF exhibe las propiedades requeridas para sostener un papel en el control cognitivo:

- actividad sostenida resistente a la interferencia
- convergencia multimodal e integración de información conductualmente relevante
- vías de feedback que pueden ejercer influencias de la predisposición sobre otras estructuras cerebrales
- plasticidad saliente adaptativa a las demandas de las tareas nuevas (Miller y Cohen, 2001, p. 182)

Hemos notado que dependiendo de su blanco de influencia las representaciones en el CPF pueden funcionar variadamente como atencional, reglas o metas proporcionando señales de predisposición top-down a otras partes del cerebro que guían el flujo de actividad a lo largo de las vías necesarias para realizar una tarea. (Miller y Cohen, 2001, p. 193)

Esta teoría de Miller y Cohen (2001) ofrece un ejemplo de cómo mecanismos neuralmente plausibles pueden exhibir las propiedades de auto-organización y autorregulación requeridas para dar cuenta del control cognitivo sin recurrir a un homúnculo. Posiblemente, un desarrollo de esta capacidad en los primates llegó a poder influir en la propia conducta (y, de paso, en la ajena) hasta el punto de liberar al sujeto de los refuerzos inmediatos lo suficiente como para el lograr el “despegue” de la especie. Es decir, el poder activar y controlar *conductas* menos reforzadas pero que podrían ser más efectivas en una situación dada (Unturbe, 2003).

Muchos de los modelos actuales de las funciones del lóbulo frontal sugieren que la función principal del córtex prefrontal es la de manipular de alguna manera información almacenada en otra parte del córtex cerebral y del cerebro. Ya sea que consideremos el proceso a la memoria de trabajo, la atención o la codificación de series temporales, todos ellos parecen ser dependientes de un operador de marionetas aún por identificar.

Los modelos habituales sugieren que habría dos tipos fundamentales de información: Un tipo de representación simbólica, que se almacena; y otra que representa operaciones, esto es, algoritmos que manipulan el conocimiento almacenado. La presunción convencional es que estos algoritmos se almacenan en redes cerebrales locales dentro del córtex prefrontal. Desde ahí se manipularía el conocimiento almacenado en el córtex parietal, temporal y occipital, así como en estructuras subcorticales.

Esta visión ha sido criticada por Grafman y colaboradores (véase Grafman, 1994, p. 168). Por una parte implicaría que todos los aspectos del conocimiento quedarían capturados dentro del ámbito del córtex posterior y, por otra parte, implicaría una diferencia radical en la neuroanatomía y biología molecular de la parte anterior y posterior del cerebro. Además, los modelos al uso no dan cuenta de los detalles de la mayoría de los déficits cognitivos exhibidos por pacientes con lesiones frontales.

Grafman y colaboradores proponen entender las funciones del córtex prefrontal desde el mismo paradigma neuropsicológico que el realizado con las otras regiones posteriores del cerebro: sería la sede de un tipo adicional de conocimiento. Desde este paradigma no cabría

distinguir entre conocimiento y operación, todo el córtex almacenaría representaciones simbólicas. Por supuesto, el tipo de conocimiento almacenado en el córtex prefrontal debería ponerse en el contexto del desarrollo filogenético. Por ejemplo, las lesiones afectarían a redes neurales que favorecen el conocimiento específico de series temporales.

Si unas unidades de conocimiento directivo (managerial knowledge units) estuviesen almacenadas en el córtex prefrontal, su daño discapacitaría la arquitectura cognitiva de algún modo sistemático.

El córtex prefrontal ocupa una posición predominante en el espacio cortical humano. Como humanos, tenemos el privilegio de tener un gran córtex prefrontal, aunque aún conocemos relativamente poco de sus funciones. ¿Podremos entender completamente la semimodular aunque distribuida red del cerebro entero sin esta pieza del puzzle? Probablemente no... Un entendimiento de sus funciones nos ayudará a resolver uno de los grandes misterios de la vida: cómo el cerebro pone orden en el mundo ambiental y simbólico para que represente la información de manera óptima.

## REFERENCIAS

- Attneave, F. (1960). In defence of homunculi. En W. Rosenblith (Ed.), *Sensory communication* (pp. 777-782). Cambridge, MA: MIT Press.
- Baddeley, A. (2001). Is working memory still working? *American Psychologist*, nov, 851-864.
- Baddeley y Hitch (1974). Working memory. En: G.A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-90). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Bayés, R (1992). Aplicaciones de la obra de Skinner a algunos problemas del mundo de hoy. En: J. Gil Roales-Nieto, MC Luciano y M Pérez Álvarez (Eds.), *Vigencia de la obra de Skinner*, Universidad de Granada.
- Berg, E.A. (1948): "A simple objective technique for measuring flexibility in thinking", *Journal of General Psychology*, 39, 15-22.
- Cohen, L. J. (1981). Can human irrationality be experimentally demonstrated? *Behavioral and Brain Sciences*, 4, 317-370.
- Damasio, H y Damasio, AR (1989). *Lesion analysis in neuropsychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Diamond, A y Goldman-Rakic, PS (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's A-not-B task: evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 74, 24-40.
- Dias, R, Robbins, TW y Roberts, AC (1996). Primate analogue of the Wisconsin Card Sorting Test: effects of excitotoxic lesions of the prefrontal cortex in the marmoset. *Behavioural Neuroscience*, 110, 872-86.
- Dias, R, Robbins, TW y Roberts, AC (1997). Dissociable forms of inhibitory control within prefrontal cortex with an analog of the Wisconsin Card Sort Test: restriction to novel situations and independence from "on-line" processing. *Journal of Neuroscience*, 17, 9285-97.
- Edwards-Lee TA y Saul RE. Neuropsychiatry of the right frontal lobe. En: *The Human Frontal Lobes*. Eds. Miller BL. New York: Guilford Press, 1999.
- Evans, J.St.B.T., & Over, D.E. (1996). *Rationality and Reasoning*. Hove: Psychology Press.
- Fuster, J.M. (1989): *The Prefrontal Cortex*, Raven Press, New York, edición revisada.
- Goldman-Rakic, PS (1987). Circuitry of the prefrontal cortex and the regulation of behavior by representational knowledge. En F. Plum y Mouncastle (Eds.), *Handbook of physiology* (373-417). Bethesda: American Psychological Society.

- Goldman-Rakic, PS (1998): “The prefrontal landscape”, en *The Prefrontal Cortex*, A.C. Roberts, TW Robbins y L Weiskrantz (Eds.), Oxford University Press (Págs. 87-102).
- Grafman, J (1994). Alternative frameworks for the conceptualization of prefrontal lobe functions. En F. Boller y J. Grafman (Eds.), *Handbook of Neuropsychology, Volume 9* (187-201). Amsterdam: Elsevier.
- Grant, D.A. y Berg, E.A. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, 38, 404-411.
- Kahneman, D., Slovic, P., y Tversky, A. (Eds.) (1982). *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kahneman, D y Tversky, A (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica*, 47, 263-291.
- Kahneman, D., y Tversky, A. (Eds.). (2000). *Choices, values, and frames*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Luria, AR (1974): *The working brain, an introduction to neuropsychology*. N. York: Basic Books. Edición en castellano: *El Cerebro en Acción*, Fontanella, Barcelona, 1979.
- Luria, AR, Pribram, KM y Homskey, ED (1964). An experimental analysis of the behavioral disturbance produced by a left frontal arachnoidal endothelioma. *Neuropsychologia*, 2, 257-80.
- MacLeod, CM (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163–203.
- McKean, K y Pla Mori, L (1985). *Discover*. Edición española: La ciencia de tomar decisiones: Kahneman y Tversky. *Algo*, Sept., 1985.
- Miller, EK y Cohen, JD (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Norman, DA y Shallice, T (1980). *Attention to action: Willed and automatic control of behavior*. CHIP Report #99. University of California, San Diego.
- Norman, DA, y Shallice, T (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. En: R Davidson, G Schwartz, and D Shapiro (Eds.) *Consciousness and Self Regulation: Advances in Research and Theory, Volume 4*. (pp. 1-18) New York: Plenum.
- Piaget, J (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Delachaux & Niestlé (2ª ed. 1950)
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge: Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3): 257-266.

- Reason, J. (1984). Absent-mindedness and cognitive control. En J.E. Harris & P.E. Morris (Eds.), *Everyday memory, actions, and absent-mindedness* (pp. 113-132). London: Academic Press.
- Rossi, AF, Rotter, PS, Desimone, R, y Ungerleider, LG (1999). Prefrontal lesions produce impairments in feature-cued attention. *Society of Neuroscience Abstracts*, 25, 3.
- Sá, W., West, R. F., y Stanovich, K. E. (1999). The domain specificity and generality of belief bias: Searching for a generalizable critical thinking skill. *Journal of Educational Psychology*, 91, 497-510.
- Schneider, W. and Shiffrin, R.M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84(1), 1-66.
- Shafir, E., y Tversky, A. (1995). Decision making. In E. E. Smith & D. N. 54 Osherson (Eds.), *Thinking (Vol. 3)* (pp. 77-100). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series B*, 298, 199-209.
- Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stanovich, K. E. (1999). *Who is rational? Studies of individual differences in reasoning*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Stanovich, KE (2002). Rationality, intelligence, and levels of analysis in cognitive science: is dysrationalia possible? En: Robert J Sternberg. *Why smart people can be so stupid*. Yale University. Edición en castellano: Racionalidad, inteligencia y niveles de análisis en la ciencia cognitiva: ¿es posible la disracionalidad? (pp 161-177) En: *Por qué las personas inteligentes pueden ser tan estúpidas*. Ed: Robert J Sternberg. Barcelona: Crítica, 2003.
- Stanovich, KE y West, RF (1998a). Individual differences in rational thought. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 161-188.
- Stanovich, KE y West, RF (1998b). Who uses base rates and  $P(D/\sim H)$ ? An analysis of individual differences. *Memory & Cognition*, 26, 161-179.
- Stanovich, KE y West, RF (1999). Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding/acceptance principle. *Cognitive Psychology*, 38, 349-385.
- Stanovich, KE y West, RF (2000). Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate? *Behavioral & Brain Sciences*, 23, 645-726.
- Stroop, JR (1935). Studies of interference in serialverbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-62.
- Stuss, DT y Benson, DF (1986). *The frontal lobe*. New York: Raven Press.

- Tirapu-Ustárrroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrín-Valero (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34, 673-685.
- Tversky, A. (1996). Contrasting rational and psychological principles of choice. In R. Zeckhauser, R. Keeney, & J. Sebenius (Eds.), *Wise choices* (pp. 5-21). Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Tversky, A., & Shafir, E. (1992). The disjunction effect in choice under uncertainty. *Psychological Science*, 3, 305-309.
- Unturbe, J. (2003). Comportamiento de control y reducción de incertidumbre. *Psiquis*, 24, 159-166.
- Unturbe, J. (2004). Sobre el análisis funcional del pensamiento irracional: una aportación desde el marco del conductismo radical. *Psicología Conductual*, 12, 101-133.



## 2. EL EFECTO MATCHING

En las tareas probabilistas los seres humanos solemos utilizar la estrategia de “igualar las probabilidades” (probability matching), consistente en responder a cada alternativa proporcionalmente a la probabilidad de que dicha alternativa sea correcta. Sin embargo, en este tipo de tareas esta estrategia es subóptima. La mejor estrategia, denominada “maximización” consiste en elegir siempre la opción más probable. Sin embargo, a pesar de ser una estrategia más sencilla y más exitosa, los humanos nos resistimos a usarla. Dada la generalidad de este resultado a lo largo de la literatura, este comportamiento podría ser paradigmático de, al menos, algún tipo de irracionalidad propia del ser humano. Nuestro **primer objetivo** será comprobar que realmente hay un auténtico “efecto matching”, esto es, que el uso de la estrategia subóptima de probability matching es genuino y no un resultado espurio como subproducto del diseño experimental: el ser humano tiende a igualar probabilidades en tareas probabilistas. El siguiente objetivo sería estudiar las variables que intervienen en el uso de esta estrategia. El hecho de que una tarea probabilista sea indistinguible de una tarea resoluble cuya complejidad supere la capacidad del sujeto, permitiría una amplia generalización de los resultados.

### 2.1 Contingencias probabilísticas

Aunque en el laboratorio podemos estudiar las reacciones a estímulos que anteceden o señalan unas consecuencias de manera determinista, en la vida real los estímulos no siempre anticipan el mismo suceso. Esto lleva a aguzar el “instinto” a la hora de tomar decisiones en función de la probabilidad de los sucesos. “La capacidad para adquirir conocimiento sobre relaciones (contingencias) entre estímulos y sus consecuencias es una capacidad fundamental del cerebro humano. En condiciones naturales, las contingencias son probabilistas más a menudo que absolutas. Un niño, por ejemplo, tiene que aprender al tocar un plato que algunas veces, aunque no siempre, quema [...]. La conducta asociada con contingencias probabilistas no siempre será reforzada. Para preparar conductas potencialmente exitosas, *el cerebro deberá ser capaz de extraer reglas probabilistas del entorno*” (Ptak, Gutbrod, Perrig y Schnider, 2001, pp. 993-4, la cursiva es nuestra).

Aquí Ptak y colaboradores mencionan al “cerebro” como agente que extrae reglas en situaciones probabilistas con objeto de preparar conductas exitosas. En dicho trabajo, realizado con sujetos humanos normales y con daño prefrontal o daño hipocampal, se encuentra que el aprendizaje de contingencias probabilistas está más asociado con el córtex prefrontal que con el hipocampo. E inversamente, el aprendizaje de correlaciones absolutas

está más relacionado con el hipocampo que con el prefrontal. Para ellos la interpretación más adecuada del déficit del aprendizaje probabilista era que “los pacientes frontales son incapaces de adaptar su conducta en respuesta a las contingencias de refuerzo” (Ptak et al, 2001, p. 2000).

Karl Pribram —que ha estudiado con profundidad la conducta en relación con el córtex prefrontal (CPF) — operativiza en gran medida la situación experimental, lo que nos ayuda a encontrar algún elemento crítico:

Cuando la solución del problema demanda la *detección de un orden* que no está contenido en el propio problema ni en el almacén [...] de representaciones de la experiencia pasada del sujeto, los primates frontalmente lesionados tienen dificultades (Pribram, 1997, p. 372, la cursiva es nuestra).

Una observación importante de Pribram es que el comportamiento de los monos con lesión prefrontal es similar al de los monos normales ante problemas *que escapan a su capacidad de resolución*: un comportamiento o bien azaroso o bien perseverante, según las características de la situación. Lo esencial es que “en ambos casos, el número de reforzamientos que obtienen permanece constante, independientemente de sus respuestas” (Pribram, 1997, pág. 372). Es decir, trata de obtener refuerzos... en la medida que puede.

En otras palabras: Cuando el problema no proporciona las claves de forma manifiesta, ni existen en la experiencia anterior del sujeto, el nivel superior de procesamiento de los primates no humanos está dedicado a hallar regularidades implícitas del problema. El tratamiento del problema de los sujetos privados de este nivel superior será similar al de cuando la tarea supera la capacidad del sujeto: azaroso o perseverante. El extraordinario desarrollo humano del CPF será responsable de algo más que la búsqueda de regularidades.

## **2.2 Probability Matching**

Cuando un problema supera la capacidad de resolución rutinaria, demanda la activación de los sistemas de control. Como hemos visto, en primates el comportamiento de sujetos con estos sistemas de control deteriorados sería similar al de los sujetos normales ante problemas que excedan su capacidad de resolución. ¿Es esto cierto también para los humanos?

Cuando nos enfrentamos a una tarea donde tenemos que extraer una regla, como en la Tarea de Clasificación de Wisconsin (WCST), pasamos por varios “contextos experimentales”: en primer lugar, el sujeto busca. La tarea demanda el reconocimiento de un

patrón, que el sujeto trata de hallar mediante ensayo y error. En un segundo momento, cuando comienza a acertar sistemáticamente, el sujeto descubre una regla que le sirve de guía para las futuras elecciones exitosas. En un tercer momento, y sin previo aviso, el experimentador cambia la regla y el sujeto comienza a fallar. Entonces es cuando se produce el conflicto. Por una parte, existe una regla exitosa recientemente aplicada con éxito; por otra parte, los éxitos han desaparecido y estamos como al principio, demandando el reconocimiento de un patrón. Sabemos que los sujetos con el CPF dañado no pueden desactivar lo suficiente la regla recientemente exitosa como para buscar en otra parte, produciendo un comportamiento perseverante. Así, tenemos, al menos, tres contextos experimentales: búsqueda, aplicación y búsqueda con inhibición de soluciones aparentes.

La dificultad de estas tareas “sensibles” a niveles elevados de procesamiento, conocidas como *tareas ejecutivas*, es que son necesariamente demasiado complejas para sondear con limpieza estos sistemas de control. Un acercamiento sería el de presentar tareas que superen la capacidad de los sujetos normales, siendo aparentemente resolubles. Una tarea sencilla que cumple esta condición sería una tarea probabilista, es decir, aquella en la que nunca se pueda predecir con certeza los resultados. Dicho de otra forma: es inútil extraer una regla en una tarea probabilista. La tarea probabilista más sencilla es la consistente en elegir entre dos alternativas. Curiosamente, como veremos a continuación, esta tarea suele ejecutarse de manera subóptima. Lo cual podría enlazar con algún tipo de disracionalidad.

En pocas palabras, una tarea aparentemente resoluble, pero que no lo es por ser probabilista, permanecerá en el contexto experimental, en que se demanda una búsqueda de patrones, para todos los sujetos y a lo largo de toda la tarea. En este contexto teníamos indicios de que el comportamiento podría ser cercano al de los sujetos con daño prefrontal. De hecho la ejecución es subóptima en promedio.

En su versión original (Grant, Hake, & Hornsby, 1951) los sujetos tenían que adivinar si una bombilla se iba, o no, a encender en una serie de 60 ensayos consecutivos. El experimentador manipulaba el experimento de tal manera que, para cada grupo de sujetos, la bombilla se encendía un porcentaje diferente de veces pero sin seguir ninguna pauta. Los sujetos tendían a igualar la frecuencia de las veces que apostaban por que se encendiera con el porcentaje de veces que realmente se encendía. Esto se comprobó para diferentes frecuencias: 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Es decir, la probabilidad de que el sujeto supone

que la luz se iba a encender tendía a igualarse con la probabilidad real de encenderse. Este resultado se empezó a denominar “ajuste de probabilidades” (Probability Matching).

Sin embargo, este resultado es subóptimo: supongamos que en nuestro experimento la luz se enciende un 80% de las veces. Si un sujeto responde afirmativamente, también, un 80% de las veces, eso significa que las coincidencias suponen un 64% de aciertos en que la luz se enciende ( $0.80 \times 0.80 = 0.64$ ) y un 4% de aciertos en que no se encienden ( $0.20 \times 0.20 = 0.04$ ). En total, esto supone un 68% de aciertos esperados.

Por otra parte, el comportamiento óptimo resultaría de la estrategia llamada “maximización”, según la cual un sujeto que elija la opción más probable acertará precisamente el porcentaje de veces de dicha opción. En el ejemplo, si nuestro sujeto respondiera afirmativamente el 100% de las veces, acertaría sólo cuando la luz se enciende, pero esto sucede el 80% de las veces, lo cual es más que el 68% de la estrategia de probability matching.

Este resultado subóptimo se ha confirmado siempre desde entonces en la literatura (Birnbbaum y Wakcher, 2002; Fantino y Esfandiari, 2002; véanse las revisiones: Brackbill y Bravos, 1962; Edwards, 1956; Fiorina, 1971; Vulkan, 2000). No obstante, es necesario decir que, aunque es un resultado empírico bien establecido no es un resultado robusto (Vulkan, 2000): el uso de la estrategia de probability matching se ve alterada en un número de circunstancias. En primer lugar, se ha demostrado (Edwards, 1961; Bereby-Meyer y Erev, 1998) que aumentando indefinidamente el número de ensayos (del orden de 1000 ensayos) los sujetos tienden, finalmente, a maximizar. En segundo lugar, está la influencia del incentivo. A mayor cantidad de recompensa se adelanta el uso de la maximización (Edwards, 1956; Siegel y Goldstein, 1959; Siegel, 1960; Myers, Fort, Katz, y Suydam, 1963). Tercero, la complejidad de la disposición estimular. La mayor complejidad favorece la maximización (McCormack, 1959). Cuarto, y muy interesante, la conciencia de incontrolabilidad. La percepción de incontrolabilidad favorece la maximización (Morse & Rundquist, 1960).

Existe una limitación que podría invalidar muchos de los experimentos en que se encuentra el resultado de “probability matching”. En general, el experimentador manipula los resultados en cada ensayo de manera que estos están “cuasi-aleatorizados”, es decir, que su secuencia está predeterminada, e incluso, no son estadísticamente independientes. Por ejemplo, en cada bloque de 10 ensayos, 8 son *siempre* positivos y 2 negativos. Asimismo es una práctica común la eliminación de series poco probables de resultados (p.e., tres negativos

seguidos). Algunos autores han criticado la violación de la independencia estadística concluyendo incluso que “toda la literatura psicológica sobre probability matching debería desconsiderarse y que la falacia del jugador podría no ser una falacia después de todo” (Fiorina, 1971). No obstante, la revisión de Vulcan (2000) se limita a aquellos experimentos que merecen consideración y que cumplen el requisito de independencia estadística.

Una vez confirmado este patrón de respuesta de probability matching la pregunta obvia es “¿por qué?”:

- ¿Por qué tendemos a ajustar probabilidades?
- ¿Por qué nos resistimos a maximizar?

Si confiamos en la racionalidad humana, la pregunta debería reformularse:

- ¿Qué ventaja se obtiene de esta estrategia subóptima?
- ¿Qué variables deberían ser relevantes en este estudio?

### ***2.3 La teoría del proceso dual***

La Tarea de Selección de Wason (1966; Evans y Lynch, 1973; Wason y Evans, 1975) es uno de los paradigmas experimentales más prolíficos de la psicología del razonamiento. Sin embargo, no existe verdadero acuerdo sobre el tipo de tarea que representa. Algunos autores como Evans (1989; Evans y Over, 2004) consideran que, en cierto modo, ni siquiera es una tarea de razonamiento, puesto que la gente no razona para resolverla.

La referida tarea consiste en disponer 4 tarjetas sobre una mesa. En una cierta versión de la misma, se informa que cada una de ellas tiene por un lado el dibujo de un rostro y por el otro una cantidad numérica. La primera tarjeta muestra la cara del rey D. Juan Carlos, la segunda, la del expresidente D. Adolfo Suarez, y las dos restantes muestran los números 50 y 100 respectivamente. El problema a resolver es si la siguiente afirmación es cierta: “Si la tarjeta tiene por un lado la cara del rey, *entonces* marca 100 por el otro lado”. La tarea que se requiere es: “¿Qué tarjetas hay que girar como mínimo para saber si la regla se cumple?” Según la lógica de la implicación del condicional, la regla sólo sería falsa en un caso: cuando su antecedente fuese verdadero y su consecuente falso. Es decir, cuando encontrásemos una tarjeta que tenga el rostro del rey por una cara y un número diferente de 100 por la otra. La respuesta correcta a esta tarea consistiría por tanto en indicar las dos tarjetas en que este caso podría ocurrir: la que tiene la cara del rey a la vista (podría tener un número diferente de 100 por la otra cara), y la que tiene el número 50 (podría tener la cara del rey por el otro lado).

Sin embargo, después de cientos de réplicas de este experimento, el persistente resultado es que menos (a menudo, bastante menos) del 20% de las personas dan con la respuesta correcta. Las tarjetas que se suelen girar son: la de la cara del rey (correcto) y la que tiene el número 100 (incorrecto). Lo sorprendente de este resultado es que la lógica de la implicación del condicional no es por lo demás especialmente difícil para la mayoría de las personas (Johnson-Laird y Byrne, 2002). Es decir, que las personas no solemos tener demasiados problemas para comprender los condicionales. P.C. Wason propuso inicialmente (1968) que el resultado podía deberse a un sesgo de verificación: las personas tenderían a verificar sus hipótesis en lugar de falsarlas. De este modo, los sujetos seleccionan las tarjetas buscando casos favorables a la regla propuesta. Esta hipótesis se vio pronto relegada por los datos obtenidos al elaborar versiones negativas de la regla condicional (Evans y Lynch, 1973). Las personas parecían seleccionar sencillamente los casos que habían sido mencionados en la regla. Es decir, en la tarea de selección los sujetos llevarían a cabo un proceso de emparejamiento absolutamente irracional.

Johnatan Evans (1984, 1989) desarrolló la teoría del proceso dual generalizando al razonamiento humano los resultados obtenidos en la Tarea de Selección de Wason. Según su teoría, la toma de decisiones consiste en una secuencia de dos procesos: el primero heurístico, basado en el emparejamiento, seguido por otro analítico. Algunas dificultades de esta teoría fueron explicadas posteriormente recurriendo a la noción de “efectos facilitadores” debidos al contenido concreto (Manktelow & Evans, 1979). Incluso, para una gran variedad de tareas de razonamiento, incluyendo las de probar hipótesis, se ha encontrado que los sujetos usan reglas de inferencia dependientes del contexto, denominadas ‘esquemas de razonamiento pragmático’ (Cheng & Holyoak, 1985, 1989; Cheng, Holyoak, Nisbet, & Oliver, 1986). Asimismo, los resultados de Oaksford y Stenning (1992) sugieren que el patrón de probability matching ocurre sólo cuando una información insuficiente o ambigua impide la interpretación deseada de las negaciones.

Nuestra tarea probabilística de dos opciones está libre de estas incómodas claves contextuales y se ocuparía en exclusiva de este proceso heurístico de la teoría dual: el proceso de emparejamiento [matching process]. Según Evans este proceso es el que explicaría el sesgo de la respuesta (sesgo de emparejamiento) por sujetos que entienden perfectamente la lógica del problema. Pero las complicaciones de la tarea no permiten esclarecer del todo esta explicación.

Así, para profundizar en el comportamiento de los sistemas de control usaremos una tarea probabilista que cumpla los requisitos siguientes:

- (i) la tarea supera la capacidad del sujeto
- (ii) pero no es percibida como demasiado compleja
- (iii) no tiene un excesivo número de ensayos
- (iv) no se recompensan externamente los éxitos
- (v) libre de claves contextuales

De este modo esperamos reproducir la respuesta subóptima y estudiar algunas variables relevantes que la puedan explicar.

#### ***2.4 Aprendizaje de conceptos: Tareas basadas en reglas o en integrar información.***

Aprendemos categorías en una variedad de maneras. A veces nos dicen la etiqueta categorial antes de ver el objeto, otras veces vemos los objetos, categorizamos y recibimos feedback. Aunque aprendemos categorías mediante unas cuantas maneras diferentes casi toda la investigación sobre aprendizaje de categorías usa una aproximación en la que se presenta un estímulo, se requiere una respuesta del observador y se proporciona un feedback correctivo. En una aproximación diferente se presenta el estímulo junto a la etiqueta categorial y no se requiere una respuesta (Estes, 1976, 1994; Izawa, 1967; Reber y Millward, 1968). La ejecución en estas condiciones de observación difiere de la ejecución en condiciones estándar del feedback de entrenamiento. El entrenamiento de observación lleva a una ejecución superior en las primeras etapas del aprendizaje pero en las etapas posteriores la ejecución iguala o queda en ligera desventaja respecto al entrenamiento por feedback (Estes, 1994).

Para simplificar las diferencias entre ambas estructuras categoriales nos centraremos en los dos tipos siguientes de tareas de aprendizaje de categorías (Ashby y Ell, 2001):

1. **Tareas basadas en reglas:** son aquellas en las cuales las estructuras categoriales pueden aprenderse por algún proceso de razonamiento explícito. Frecuentemente la regla que maximiza la precisión (esto es, la regla óptima) es fácilmente verbalizable (Ashby, Alfonso-Reese, Turken y Waldron, 1998). En las aplicaciones más comunes sólo una dimensión del estímulo es relevante y la tarea del observador es descubrir esta dimensión relevante y después corresponder los diferentes valores dimensionales con las categorías relevantes. Las tareas basadas en reglas tienen una larga historia en la psicología cognitiva y no es sorprendente su popularidad entre los proponentes de la teoría clásica de la categorización, según la cual, el aprendizaje de categorías es “el

proceso de descubrimiento del conjunto de condiciones necesarias y suficientes que determinan a los miembros de la categoría” (Smith y Medin, 1981).

2. **Tareas basadas en integrar información:** son aquellas que maximizan la precisión sólo si la información de dos o más componentes (o dimensiones) del estímulo es integrada en una etapa pre-decisoria (Ashby y Gott, 1998). La integración perceptiva puede tomar muchas formas, desde un tratamiento estimular tipo Gestalt a una computación que sopesa una combinación lineal de los valores dimensionales. En muchos casos, la regla óptima en tareas de integración de información es difícil, si no imposible, de describir verbalmente (Ashby et al, 1998).

Una regla combinada (del tipo “responda A si el estímulo es pequeño en las dimensiones  $x$  e  $y$ ”) es una tarea basada en reglas más que en integración de información debido a que *primero* se toman decisiones separadas sobre cada dimensión (pequeño, grande) y *después* se combina el resultado de estas decisiones y, por tanto, aquí la integración no es previa a la decisión. Las tareas basadas en integración de información han sido las preferidas de los teóricos de la ejemplificación, quienes argumentan que la categorización requiere el acceso a las representaciones de memoria de todos los ejemplares vistos previamente de cada categoría relevante (Estes, 1994; Medin y Schaffer, 1978; Nosofsky, 1986), y de los teóricos de la decisión limitada, quienes argumentan que el aprendizaje de categorías es el proceso de asociar etiquetas categoriales con regiones del espacio perceptual (Ashby y Gott, 1998; (Ashby y Maddox, 1992, 1993). No obstante, los primeros han usado pocos ejemplares por categoría mientras que los segundos han usado muchos ejemplares por categoría.

Según una revisión (Maddox y Ashby, 2004), aunque hay un gran acuerdo sobre la naturaleza del sistema explícito de aprendizaje de categorías, hay menos acuerdo sobre la naturaleza del sistema implícito. Ashby y colaboradores (1998) desarrollaron la teoría dual de sistemas, según la cual el **sistema explícito** domina el aprendizaje de estructuras categoriales verbalizables basadas en reglas y está mediado por áreas cerebrales frontales como el córtex cingulado anterior, el prefrontal y la cabeza del núcleo caudado. El **sistema implícito**, que usa aprendizaje procedimental, domina el aprendizaje de estructuras categoriales no verbalizables integradoras de información y está mediado por la cola del núcleo caudado y un mecanismo señalizador de recompensa mediado por dopamina.

### ***2.5 Probability matching como modo irracional***

Los dos modos que compiten en la “resolución” de la tarea probabilista de dos opciones son el de maximización (que es óptimo) y el de probability matching (que es subóptimo).

Algunos autores del campo de la heurística y sesgos en la toma de decisiones han considerado que este modo de proceder (probability matching) es irracional (Fiorina, 1971; Gal y Baron, 1996; Shanks, Tunney y McCarthy, 2002). El hecho de que una mayoría de participantes adopte este modo de proceder hace de éste otro de los ejemplos, sobre desviaciones de la ejecución óptima en la toma de decisiones, que contribuyen a la opinión de que la irracionalidad juega un papel en la cognición humana. Más exacto sería decir que, *en promedio*, la ejecución se separa de la respuesta óptima, pues hay una considerable variabilidad de respuesta. De esta manera, aunque la cognición humana es irracional en promedio, los sujetos con mayor capacidad cognitiva se comportan de manera óptima tanto en una tarea probabilística de dos opciones (West y Stanovich, 2003) como en muchas otras tareas (Stanovich y West, 1998, 1999). Según estos autores, todo el ámbito de la literatura sobre heurística y sesgo en toma de decisiones debería revisarse desde el punto de vista de las diferencias individuales. Afirmación con la que coincidimos plenamente.

La problema probabilista, que se administró a 422 estudiantes, fue la siguiente (West y Stanovich, 2003, p. 248):

Un mazo de cartas tiene sólo 10 cartas:

7 de las cartas tienen la letra “**a**” por el lado inferior.

3 de las cartas tienen la letra “**b**” por el lado inferior.

Las 10 cartas están barajadas al azar.

Su tarea es adivinar la letra del lado inferior de cada carta antes de girarla. Simulen que ganarán 100 dólares por cada letra que predigan correctamente. Indique sus predicciones para cada una de las 10 cartas.

Los estudiantes que predijeron cualquier combinación de 7 cartas “a” y 3 “b” usaron la estrategia de probability matching (Match), y los estudiantes que predijeron “a” para todas las cartas usaron la estrategia de maximización (Max). Sólo un 5,9% de la muestra dio un patrón diferente de Match o Max. El resto de la muestra contenía 397 estudiantes. La estrategia Match fue preferida por unos dos tercios de los estudiantes. En cambio, la estrategia Max de elegir la opción más probable en cada ensayo fue preferida por un tercio de los estudiantes. Ahora bien, los participantes que eligieron la estrategia Max tendieron a tener puntuaciones en el Scholastic Aptitude Test (SAT) significativamente más elevadas que los participantes que eligieron la estrategia Match. Los autores justifican el uso del SAT test como medida de capacidad cognitiva porque carga fuertemente en la *g* psicométrica (inteligencia general) y está fuertemente asociada a la memoria de trabajo.

Muchos esfuerzos se han llevado a cabo dirigidos a explicar el perfil de elecciones en tareas probabilísticas de dos opciones mediante el acercamiento de los modelos cognitivos de simulación. Unos de los algoritmos matemáticos propuestos simulan el comportamiento inicial —probability matching—, y otros simulan el final —maximización— (Maddox y Bohil, 2004). Algunos, por su parte, intentan reconciliar lo que para muchos autores es una «impactante violación de la teoría de la elección racional». Por ejemplo, Shanks, Tunney y McCarthy (2002, p.248) concluyeron que “probability matching es otro ejemplo de *anomalía de elección* fuertemente dependiente del contexto y que puede hacerse desaparecer bajo las condiciones apropiadas de la estructura de la tarea, entrenamiento, motivación y feedback” (la cursiva es nuestra). Sin embargo, es de sumo interés para nosotros la conclusión de Erev y Roth (1998, pp. 176-7, la cursiva es nuestra): “Hemos mostrado que un modelo simple de aprendizaje puede organizar un amplio rango de datos pero hemos notado también que será necesario en muchas clases de juegos prestar más atención a los *procesos de pensamiento de los jugadores* como exhibidos por las estrategias que son capaces de considerar”. Una observación que pone el dedo en la llaga.

## **2.6 Probability matching como modo razonador**

Sin embargo, una revisión de la literatura sobre “probability matching” proporciona una interesante hipótesis que apuntaría en sentido contrario: los sujetos creerían en la existencia de algún tipo de regularidad o patrón en la secuencia de resultados. Esta creencia podría explicar por qué los sujetos desconsideran su propia experiencia y se mantienen buscando reglas y patrones. Naturalmente, si existiese un patrón sería importante dedicar un tiempo a intentar encontrarle. Una vez encontrado, el sujeto podrá obtener el 100% de los éxitos, comparado con el 80% de éxitos obtenidos con la estrategia de maximización en nuestro ejemplo inicial de la bombilla (apostar siempre por que se encenderá). Restle (1961, p. 109) sugiere que “el sujeto parece pensar que está respondiendo a patrones. Tales intentos son naturales. El sujeto no tiene manera de saber que los sucesos ocurren al azar, e incluso si se le dice que la secuencia es al azar él no entiende esta información claramente, ni hay una fuerte razón para que la crea”.

El experimento de Morse y Rundquist (1960), aunque la muestra se redujo a sólo 16 sujetos, apunta en la misma idea aunque de manera indirecta. En una primera fase del experimento, se instruyó a los participantes a adivinar si una varilla que se deja caer al suelo

“pisa raya”. Después, en una segunda fase del experimento, se presentó a los participantes un par de bombillas, una a la izquierda y otra a la derecha, teniendo que adivinar cual de ellas se iba a encender en cada ensayo. La peculiaridad aquí fue que la secuencia de Izquierdas y Derechas de la secuencia de encendido de las bombillas se había determinado por los resultados de la primera fase del experimento. Es decir, la misma secuencia que antes, sustituyendo “Izquierda” por el resultado “no-rama” de la primera fase. Los sujetos desconocían cómo se había generado la secuencia de la segunda fase y no fueron capaces de detectar la aleatoriedad. Morse y Rundquist (1960) informaron que 5 sujetos adoptaron la estrategia de maximización en la primera fase, respondiendo en promedio muy por encima de lo predicho por la hipótesis de probability matching. En cambio, en la segunda fase se observó probability matching. Esto podría apuntar a que los sujetos están presuponiendo una regularidad.

Fantino y Esfandiari (2002) han interpretado la inclinación por la estrategia de probability matching sugiriendo la hipótesis de que los sujetos buscan reglas en situaciones de incertidumbre. Los sujetos prueban reglas una de las cuales podría eventualmente ser correcta. La anticipación de una posible tasa de éxito del 100% hace que su búsqueda no sea una elección irracional. Ahora bien, como en nuestro caso no hay regla que encontrar, los sujetos sólo obtendrán una tasa de éxito del 68% en nuestro ejemplo inicial.

Otro dato indirecto en este sentido lo proporcionan los estudios con animales no humanos. Salvando las distancias entre los dispositivos experimentales a través de las distintas especies animales, que obviamente no pueden equipararse, encontramos que los sujetos se enganchan de manera creciente en la estrategia de probability matching a medida que ascendemos en la escala filogenética. Por ejemplo, mientras que mamíferos como ratas y palomas tienden a maximizar directamente (Bitterman, 1975), los chimpancés mantienen la estrategia durante algún tiempo antes de maximizar (Douglas y Pribram, 1966).

A lo largo de la maduración de los sujetos humanos también observamos la misma progresión. En estos experimentos probabilísticos,

los niños más pequeños tienden a mostrar una estrategia de maximización, presumiblemente la más racional para la situación, mientras que los niños más mayores tienden a mostrar la estrategia de probability matching (Weir, 1964). Es posible que los niños más pequeños estén operando en un nivel más primitivo, tendiendo a ignorar los resultados negativos y a realizar elecciones reflejando directamente sus impresiones de la frecuencia de los resultados positivos, y que los niños más mayores estén operando realmente en un nivel más sofisticado, atendiendo tanto a los resultados positivos como

a los negativos y codificando los sucesos en términos de su información sobre las frecuencias relativas de ambos. (Estes, 1976, p. 52).

Por otra parte, existe evidencia de que al realizar una tarea de formación de conceptos los sujetos en los que verdaderamente hay que encontrar un patrón, los sujetos pasan por una fase de probability matching, para cada uno de los niveles de dificultad, de manera inconsciente, *mientras están buscando la solución* (Mandler, Cowan y Gold, 1964).

Todos estos resultados, tomados en conjunto, parece que nos indican que la tendencia a adoptar la estrategia de probability matching podría ser un desarrollo conductual de la evolución de las especies relacionado con la resolución de problemas. En tal caso debería ser un modo más racional que irracional. Según este punto de vista, los mamíferos como ratas y palomas seguirían el *modo de refuerzo* según el paradigma del aprendizaje operante, lo que implicaría la utilización de la estrategia de la maximización. En un estudio donde se administran programas concurrentes de reforzamiento a animales no humanos, Hinson y Staddon (1983, p.321) concluyen: “En situaciones simples, los animales eligen consistentemente la mejor de dos alternativas”. Los sujetos humanos podríamos utilizar, alternativamente, el *modo razonador* para resolver problemas en situaciones donde no se disponen de las claves que disparan las conductas efectivas, y que no están en la experiencia del sujeto. La activación del modo razonador inhibiría el modo de refuerzo y activaría la búsqueda de patrones, generación de reglas y prueba de hipótesis. Así, el modo razonador funcionaría contra el modo de refuerzo buscando una regla por medio de la cual predecir los resultados y, en consecuencia, mejorar la tasa de éxitos respecto a la tasa obtenible por el modo de refuerzo. Sin embargo, el precio a corto plazo es una peor tasa de éxitos mientras este modo de búsqueda está operativo.

### **2.7 Estado de la cuestión: el efecto matching**

Para fijar ideas aclararemos la tarea probabilística de dos opciones con un ejemplo en el que basaremos la construcción de nuestra prueba:

Al sujeto se le presentan dos opciones. Una a la izquierda y otra a la derecha. Se le dice que adivine cuál de las dos es correcta. El sujeto elige y, a continuación, se le muestra en qué lado está el resultado correcto. Si acierta se anota un éxito. Si falla no ocurre nada. En cualquier caso, se le vuelve a presentar la situación inicial. Y así sucesivamente. El sujeto tiene que tratar de acertar el máximo número posible de intentos. El experimentador ha

manipulado los resultados de tal manera que no puedan predecirse los resultados de la elección, pero hace que un 80% de los resultados salgan a la derecha y el 20% a la izquierda. En estas condiciones, la estrategia óptima es la de elegir siempre la opción más probable, esto es, la de la derecha. Esta estrategia se denomina “maximización” y produce una tasa de éxito del 80%. Sin embargo, la estrategia más observada es la denominada “probability matching” o ajuste de probabilidades, según la cual los sujetos eligen cada opción con una probabilidad igual a la probabilidad de ser correcta. Es decir, se elige la opción derecha el 80% de las veces y la opción izquierda el 20%. La tasa de éxito será del  $(0.20 \times 0.20 + 0.80 \times 0.80 = 0.68)$  68%. Es, por tanto, una estrategia subóptima (comparado con la tasa máxima del 80% de éxito).

Denominaremos “**efecto matching**” a esa tendencia, especialmente humana, a mantenerse en la estrategia de igualar probabilidades (probability matching) en tareas probabilísticas, *a pesar* de existir una estrategia mejor y más simple (maximización).

Nuestro **primer objetivo** de la tesis será: ¿Hay un auténtico efecto matching? Y en ese caso, nuestro siguiente objetivo consistirá en explorar: ¿cuáles son las variables relevantes que explican este efecto?

En primer lugar, tenemos que asegurarnos que no se trata de un resultado espurio fruto del diseño experimental. Por ejemplo, el modo cómo se ha dispuesto la serie de los resultados, eliminando rachas poco probables y forzando a que de cada 10 ensayos haya exactamente 8 a la derecha y 2 a la izquierda. Esto, como se ha señalado más arriba, elimina el supuesto independencia de los sucesos, pudiendo llevar al sujeto a percibir la necesidad de este balance. Hagamos un cálculo estadístico sencillo. Si los sucesos fuesen independientes, la probabilidad de que, tomados 10 ensayos, exactamente 8 salgan a la derecha y dos a la izquierda, tiene una distribución binomial y vale  $10 \times (0.80)^8 \times (0.20)^2 = 0.302$ , es decir, hay un 30% de probabilidad de que no sea así. Si, además, se eliminan rachas muy seguidas del mismo resultado, esto significa que una estrategia de probability matching podría proporcionar una mayor tasa de éxito, con lo que se puede ver favorecida. Es necesario, pues, que los resultados sigan una seriación aleatoria.

En segundo lugar, puede haber una gran variabilidad en la ejecución de la prueba. De esta manera la ejecución promedio podría caer cercana a probability matching. En otras palabras, el porcentaje de respuestas a la derecha oscila de un sujeto a otro; Suponiendo que la oscilación varíe entre el 60% y el 100%, el promedio podría ser cercano al 80%, que es

justo la probabilidad de que el resultado sea cierto a la derecha (probability matching). Esto sería un resultado espurio. En este caso habría que controlar las variables relevantes que predigan de qué depende la ejecución de cada sujeto.

En tercer lugar, un genuino efecto matching sería debido a un mecanismo de búsqueda activa de soluciones. Esto podría implicar un efecto paradójico: la capacidad para hallar patrones, regularidades o probar hipótesis, tiene el coste de perder efectividad en tareas probabilistas. El contexto experimental de búsqueda es la misma que cuando el sujeto está buscando una regla en la tarea de Clasificación de Wisconsin (WCST), con la diferencia de que nunca encuentra una regla enteramente a satisfacción. Si esto fuera así, adoptando el punto de vista de las diferencias individuales podríamos someterlo a prueba, midiendo la capacidad ejecutiva de los sujetos. De esta manera, los sujetos más hábiles se “engancharían” más tiempo en el modo razonador y producirían un patrón de respuesta de probability matching.

¿Qué prueba podría utilizarse para tener un indicador de esta capacidad ejecutiva? Como hemos visto en la última sección del Marco Conceptual, los tests de Stroop y WCST se describen variadamente como interviniendo las funciones cognitivas de atención selectiva, inhibición conductual, memoria de trabajo, comportamiento basado en reglas o dirigido a metas (Miller y Cohen, 2001).

Por otra parte, para Stanovich (2004) las funciones de la inteligencia fluida (gF) son extremadamente importantes; ha argumentado que hay un tipo de operación mental, que da cuenta de un aspecto únicamente humano de nuestra cognición: la capacidad para sostener una crítica cognitiva mediante meta-representación. Esta extremadamente importante operación mental es el desacoplo de representaciones cognitivas. Este desacoplo “proporciona una de las más importantes tareas mentales: el pensamiento hipotético. Para razonar hipotéticamente, una persona debería ser capaz de representar una creencia como separada del mundo que está representando. Numerosos científicos cognitivos han discutido la capacidad mental de marcar una creencia como un estado hipotético del mundo más que como uno real (p.e. Carruthers, 2002; Cosmides y Tooby, 2000; Dienes y Perner, 1999; Evans y Over, 2004; Jackendoff, 1996; Leslie, 1987; Nichols y Stich, 2003). [...] Evidencia de que la operación clave que subyace a gF es la capacidad para mantener el desacoplo entre representaciones mientras llevamos a cabo simulaciones mentales procede de los trabajos sobre funciones ejecutivas (p.e. Baddeley et al, 2001; Gray et al, 2003; Salthouse et al, 2003)

y memoria de trabajo (Colom et al, 2004; Conway et al, 2003; Kane y Engle, 2003). Primero, hay un grado sorprendente de solape en diferencias individuales en tareas de memoria de trabajo y diferencias individuales de inteligencia fluida. Segundo, empieza a estar claro que las tareas de memoria de trabajo son sólo incidentalmente sobre memoria. Como señala Engle (2002, p. 20), «la capacidad de memoria de trabajo no es directamente sobre memoria, es sobre el uso de la atención para mantener o suprimir información». Engle pasa luego a revisar la evidencia que indica que las tareas de la memoria de trabajo intervienen en la preservación de las representaciones internas en presencia de distracción o, como he denominado, la capacidad para desacoplar una representación y manipularla. Lo que durante años ha sido llamado en la literatura capacidad cognitiva genérica es probablemente el coste computacional de mantener el desacoplamiento en presencia de estímulos potencialmente interfirientes” (Stanovich, 2006, p. 139-40). En una palabra, para Stanovich las operaciones críticas de la inteligencia fluida son extremadamente importantes porque “son la base de todo pensamiento hipotético”.

Carpenter, Just, y Shell (1990) informaron de una alta correlación ( $r = .77$ ) entre el test de las Matrices Progresivas de Raven y la ejecución en problemas con la Torre de Hanoi, resueltos con la estrategia “goal recursion” —una estrategia considerada para maximizar la implicación del funcionamiento ejecutivo (Goel y Grafman, 1995). En esta estrategia los participantes deben establecer una jerarquía de metas, monitorizando constantemente su lugar en la jerarquía para mantener activas las metas correctas y desplazarlas entre ellas cuando fuera correcto. La tarea de la Torre de Hanoi, así como su variante, la Torre de Londres, ha sido ampliamente usada como tarea ejecutiva relacionada con planificación y manejo de metas, tanto en estudios cognitivos como neuropsicológicos (véase, Shallice, 1988). Este requisito de activar y monitorizar metas ha sido ligado frecuentemente con el funcionamiento ejecutivo, así como con el factor *g* (Duncan, Emslie, Williams, Johnson y Freer, 1996).

Para medir la capacidad ejecutiva decidimos seleccionar tres pruebas: el test de Stroop, el test de letras y número de memoria de trabajo, y el test de matrices progresivas (originalmente de Raven). Los dos últimos pueden encontrarse como subtests del WAIS-III (Wechsler, 1997; adaptación española: WAIS-III, 1999). Registramos, pues, indicadores de atención selectiva, memoria de trabajo e inteligencia fluida.

Desde el punto de vista del aprendizaje de reglas, las puntuaciones del test de las Matrices Progresivas podrían reflejar una capacidad para encontrar reglas *funcionales*. El

mantenimiento de imágenes mentales, una propiedad necesaria para la inteligencia fluida, implica una participación de la memoria de trabajo. A su vez, una propiedad de la memoria de trabajo implica la preservación de las representaciones mentales de la interferencia y de la distracción. Estas afirmaciones están de acuerdo con la propuesta de Engle et al (1999) de que la capacidad de la memoria de trabajo y la inteligencia fluida reflejen la capacidad de mantener activa una representación, particularmente frente a la interferencia y la distracción. En una revisión se revelaba que (Conway, Kane, and Engle, 2003, p. 547), “la capacidad de la memoria de trabajo y  $g$  correlacionan muy alto, si bien no son idénticas. Además, las tareas de capacidad de memoria de trabajo implican un mecanismo de control ejecutivo reclutado para combatir la interferencia y esta habilidad está mediada por porciones del córtex prefrontal”.

El comportamiento dirigido a metas depende críticamente del mantenimiento de información relevante en la mente (memoria de trabajo) y de información irrelevante fuera de la mente (inhibición de la interferencia). Bunge, Ochsner, Desmond, Glover, and Gabrieli (2001) encontraron que algunas regiones prefrontales están más críticamente implicadas en la resolución de la interferencia y no en la memoria de trabajo mientras que otras están más implicadas en la resolución de un incremento en la cantidad de memoria de trabajo y no en la susceptibilidad a la interferencia (véase también, Fletcher et al, 2001).

Por consiguiente, la memoria de trabajo, la inhibición de la interferencia y la inteligencia fluida son capacidades muy interrelacionadas, aunque diferentes.

Esto hizo que fuera urgente la tarea de diseñar un experimento piloto (Unturbe y Corominas, manuscrito no publicado) en el que se mostrarían indicios de que se podía seguir adelante. En lo esencial, los resultados de este experimento están en el **resultado 1**.

### ***2.8 Experimento piloto: diseñando la Tarea de Predicción Simple***

El primer imperativo en el diseño del programa informático de la tarea probabilística de dos opciones fue que reprodujera los resultados de la literatura, por lo que no había que alejarse demasiado de los parámetros utilizados por los investigadores (número de ensayos, intervalo entre estímulos, probabilidad de éxito en cada opción). El programa fue diseñado en el lenguaje informático “Visual Basic”. Bajo el criterio de simplificar en lo posible, optamos por el formato de presentación siguiente: dos cuadrados, uno a cada lado. Activamos dos teclas (la “Z” a la izquierda y la “M” a la derecha) a cada lado del tablero para la respuesta

del sujeto. Dispusimos en la parte alta del monitor un termómetro donde se registraban los éxitos de manera analógica. No penalizamos los fracasos, como se hace en algunas pruebas, debido a la complejidad que añade a la hora de interpretar los resultados: como han puesto de manifiesto las investigaciones de Kahneman y Tversky, discutidas en el Marco Conceptual, existe una asimetría entre ganancias y pérdidas. El sujeto responde de manera diferente a un mismo problema cuando se plantea en función de las pérdidas que de las ganancias. Si incluyésemos penalización por las respuestas incorrectas, incluiríamos una complicación adicional: la sensibilidad al fallo será diferente para cada sujeto.

Nuestro requisito primordial fue el de la independencia de sucesos. Esto no facilita la obtención del patrón buscado, pero de ocurrir no sería por sesgos internos del diseño. Para ello, dispusimos que, en el momento que el sujeto eligiese una opción de respuesta (tecla “Z” ó “M”) automáticamente se activase el resultado, adquiriendo el cuadrado en cuestión un fondo amarillo. El resultado activado saldría a la derecha con una probabilidad del 80% o a la izquierda, con una probabilidad del 20%. No se eliminarían las fluctuaciones alrededor de estos valores medios. Esto significa que los sujetos podrían encontrarse con distintos porcentajes en las frecuencias de los resultados a cada lado. Tampoco se eliminarían las rachas “poco probables” de resultados. Queremos reproducir el patrón de matching pero sin menoscabo de la validez interna del experimento.

En tercer lugar, el intervalo entre estímulos. Una vez que el sujeto ha respondido una opción, uno de los dos cuadrados se volverá amarillo. Si la respuesta del sujeto coincide con este cuadrado, aparece un cartel en mayúsculas: “CORRECTO” y se añadirá una unidad al termómetro de éxitos. Si no coincide, aparecerá el cartel “INCORRECTO”. La pantalla permanece en cualquiera de estos dos casos durante un intervalo de tiempo: el “intervalo entre estímulos”, tras el cual, la pantalla muestra los dos cuadrados como al principio esperando una nueva respuesta. En las instrucciones dadas al sujeto se le explica que no debe responder durante el intervalo entre estímulos. Una respuesta durante este intervalo no será registrada ni como acierto ni como fallo. Sin embargo, pensamos que el programa debería registrar estas falsas respuestas en cuanto tales, por si, eventualmente, pudiera interpretarse como un rasgo de impulsividad. Las llamaremos respuestas “nulas”.

Queda pendiente la duración de este intervalo entre estímulos. Diseñamos el programa de tal manera que este parámetro queda abierto, pudiéndose ajustar en un “setup” al principio de la aplicación de la prueba. Ignorando qué duración sería la óptima para la obtención del

efecto matching, aplicamos diferentes duraciones a diferentes sujetos y a algunos presentamos la prueba más de una vez. Los resultados los presentamos en Unturbe y Corominas (2003). Finalmente elegimos para futuras aplicaciones la duración de 2 segundos. Un tiempo que no era ni demasiado corto ni demasiado largo, compatible con muchas circunstancias, y desde luego, con el efecto matching. Después de este tanteo proseguimos el experimento piloto con este intervalo entre estímulos.

En cuarto lugar, el patrón de maximización, esto es la estrategia de elegir sistemáticamente la opción derecha (la de éxito más probable), ¿significa que el sujeto está maximizando refuerzos? Quizá podría confundirse con tendencias estereotipadas de conductas perseverantes. Con objeto de controlar esta posible variable extraña en el patrón de maximización añadimos, a continuación de los ensayos mencionados, una tanda de ensayos con las probabilidades invertidas, sin previo aviso. Es decir, ahora, la probabilidad de que el resultado esté a la derecha será del 20% y a la izquierda el 80%. Con esto podemos comprobar si el sujeto es sensible a la inversión de las probabilidades o está meramente enganchado en una opción de respuesta.

Respecto al número de ensayos, tras revisar la literatura finalmente decidimos que hubiera 100 de la primera fase y 60 de la segunda. Siendo la primera fase aquella en que la probabilidad de que el resultado salga a la derecha era de 0.80 y a la izquierda de 0.20. Y la segunda fase con probabilidades invertidas.

El programa de la tarea fue diseñado para registrar, para cada ensayo, tanto los resultados producidos por el ordenador como las respuestas del sujeto. Las coincidencias entre ambas (los éxitos) también se anotaban. Por último, también se aprovechó a registrar, para cada ensayo, el tiempo de reacción.

El mismo programa realizaba aún otra tarea adicional: integrar los datos cada bloque de 20 ensayos. Porcentaje de éxitos, porcentaje de elecciones a la derecha, tiempo medio de reacción y, además, realizaba un cálculo sobre la diferencia relativa entre los fallos a ambos lados, el “sesgo”.

$$\text{SESGO} = (\text{FD} - \text{FI}) / (\text{FD} + \text{FI}),$$

Donde FD es el número de fallos a la derecha y FI el número de fallos a la izquierda.

Esta medida viene a ser una evaluación de lo que el patrón de respuesta se aparta del probability matching. Si el sujeto maximiza, entonces sólo responde a la derecha y los fallos a la izquierda son, en consecuencia, cero ( $FI = 0$ ). De este modo,  $SESGO = 1$ . Puede demostrarse (Grant et al, 1951) que los fallos a cada lado se equilibran ( $FD = FI$ ) si y sólo si el patrón es probability matching y, por tanto,  $SESGO = 0$ . Un sesgo negativo implicaría un patrón “submatching”, esto es, el sujeto elige la derecha menos de un 80% de las veces. Por supuesto, en la segunda fase los signos se invierten. Esta medida tiene la ventaja de poder comparar entre sujetos la desviación del matching: si encontramos que el patrón de ejecución de un sujeto A es del 80% a la derecha y el del sujeto B es del 84% a la derecha, en nuestro diseño esto no significa, necesariamente, que tienda más a la maximización el sujeto B. Dado que hay independencia de sucesos, el programa podría haber ofrecido al sujeto A, digamos, un 76% de correctas a la derecha y al sujeto B un 84%. Por tanto, el sujeto el patrón de A tendría una desviación hacia maximización, mientras que el de B sería matching. Sin embargo, el sesgo detecta estas diferencias:

$$SESGO(A) = (0.80 \times 0.24) - (0.20 \times 0.76) / (0.80 \times 0.24) + (0.20 \times 0.76) = + 11.6\%$$

$$SESGO(B) = (0.84 \times 0.16) - (0.16 \times 0.84) / (0.84 \times 0.16) + (0.16 \times 0.84) = 0$$

Es decir: aunque, en promedio, el ordenador produce un 80% de correctas a la derecha, individualmente pueden producirse fluctuaciones y la línea base del matching puede variar de un sujeto a otro. La medida de sesgo incluye esta consideración.

El hecho de que el patrón de probability matching y la igualación de fallos a ambos lados se impliquen mutuamente, lleva a la siguiente observación (Grant et al, 1951, p. 4): “Entonces, es interesante notar que si el sujeto de alguna manera sitúa un “valor” igual a estos fallos, podría esperarse que ajustase su tasa de manera que  $Pr$  [proporción de respuestas positivas] iguale  $Pt$  [proporción de resultados positivos]”<sup>5</sup>.

Con este programa, quedó lista la tarea, que denominamos *Tarea de Predicción Simple*, para aplicarla a una pequeña muestra de ensayo. Los resultados del informe de este experimento piloto (en inglés) son mostrados en el **resultado 1**. Como puede verse en dicho

---

<sup>5</sup> Por “positivos” se entiende, en nuestro caso, a la derecha. Así, “resultados positivos” son los que el ordenador pone a la derecha, no los éxitos del sujeto (que son las coincidencias entre respuestas y resultados).

informe, cubrimos los objetivos de reproducir el efecto matching con indicios de que la capacidad ejecutiva podría entorpecer la ejecución de la prueba. Si los sujetos que puntúan más en tareas ejecutivas realizan peor la Tarea de Predicción Simple, estaríamos en el buen camino de reproducir el efecto matching y, en ese caso, quedaría justificado el diseño de un experimento de mayor envergadura. Nuestra **primera hipótesis** de trabajo será la de que el éxito en la ejecución de la TPS está en relación inversa con la capacidad ejecutiva.

## ***2.9 Comportamiento gobernado por contingencias o por reglas***

Aunque los analistas de conducta están en una excelente posición para contribuir a un amplio espectro de problemas y cuestiones en el gran dominio del juicio y la toma de decisiones (Fantino, 1998a, b; Stolarz-Fantino y Fantino, 1990, 1995), son los investigadores de otras especialidades, especialmente en el ámbito humano, los que dominan el campo. Estos incluyen psicólogos cognitivos, psicólogos sociales, científicos cognitivistas, ecologistas conductuales y economistas. Para Fantino (2004), los analistas de conducta están en una fuerte posición para hacer contribuciones fundamentales al campo del juicio y la toma de decisiones.

Esta cuestión interesó a BF Skinner que definió “regla” como “un estímulo que especifica una contingencia” (Skinner, 1969, 1974). Él argumentó que, en general, la conducta bajo el control de las reglas difería de la conducta controlada directamente por las contingencias conductuales (que son las especificadas por las reglas). Los resultados de laboratorio del análisis de conducta han sugerido que el comportamiento gobernado por reglas (esto es, instruido) es, a menudo, menos sensible a cambios en las contingencias ambientales (Catania, Shimoff y Matthews, 1989; Galizio, 1979; Kaufman, Baron y Kopp, 1966; Hackenberg y Joker, 1994). El comportamiento bajo control de instrucciones aparece ser insensible a las contingencias predominantes. Como Galizio (1979) y Hackenberg y Joker (1994) han demostrado, esta insensibilidad puede entenderse por sí misma en términos de la experiencia anterior de los sujetos con las reglas e instrucciones.

La posible aportación de la tecnología y metodología del laboratorio de análisis de conducta es digna de tener en cuenta. Según estos resultados (Fantino, 2004), la toma de decisiones pobre es, a menudo, el resultado de la mala aplicación de reglas y principios que llevaron a decisiones exitosas en el pasado. Así, los principios que hemos adquirido de la experiencia a lo largo de la vida nos capacitan para tomar decisiones rápidas y eficientes.

Pero cuando los principios no son aplicables, nos llevan por mal camino. Esta investigación desde el punto de vista del análisis de conducta sugiere que probablemente es fútil caracterizar la toma de decisiones como “racional” o “irracional”, “normativa” o “no-normativa”. Las decisiones están determinadas por nuestra experiencia pasada en situaciones similares y por la efectividad de los estímulos discriminativos y otras claves contextuales presentes en el entorno de la decisión.

Nisbett (1993) defiende la existencia del uso de reglas en la resolución de problemas. Estas reglas se insertarían al modo piagetiano de las operaciones formales; son, pues, *abstractas*. Pero *las reglas se aprenden*. Hay, por tanto una enorme variabilidad. “Irónicamente, de alguna forma, los sistemas vuelven a los viejos dispositivos característicos de los modelos conductistas intentando dar cuenta de la modificación de reglas. [...] Existen reglas muy generales que, incluso, pueden insertarse de una manera muy abstracta y top-down.” (Nisbett, 1993. p. 12)

Partiendo de esta dicotomía de la conducta gobernada por contingencias o por reglas, y enriquecida por conductas especializadas en controlar otras conductas (Holland y Skinner, 1976), disponemos de un contexto apropiado para este trabajo (para un modelo que integra aprendizaje y procesos de toma de decisiones, véanse por ejemplo, Bussemeyer y Myung, 1992; Erev y Roth, 1998). Así, podemos poner nuestra división dicotómica de los modos de toma de decisiones (que anteriormente hemos denominado como el “modo de refuerzo” y el “modo razonador”) en un contexto teórico más amplio. Sería esta división un caso particular de la división del comportamiento humano: el gobernado por contingencias y el gobernado por reglas. Según este modelo, en una tarea con un cierto grado de incertidumbre, los seres humanos comienzan con el modo razonador durante un tiempo. Durante esta fase, el patrón típico de elecciones sería el de probability matching, lo cual tiene implicaciones teóricas, al menos, para los procesos cognitivos de prueba de hipótesis. ¿Podría ser el patrón de probability matching parte de una capacidad para buscar reglas? De hecho, en el contexto de la inteligencia artificial, la estrategia de probability matching ha resultado ser útil en programas informáticos buscadores de reglas. De hecho, en el contexto de la inteligencia artificial, la estrategia de probability matching ha resultado ser útil en programas informáticos buscadores de reglas. Así, un algoritmo de probability matching añadido a programas de aprendizaje de reglas mejora “la eficiencia para inducir reglas, ejecutando más rápido y

siendo menos susceptible a los mínimos locales que los algoritmos existentes previamente” (Sabes and Jordan, 1996, p. 1080).

### ***2.10 Rediseñando la Tarea de Predicción Simple***

Desde este punto de vista, Fantino y esfandiari (2002) han estudiado el efecto matching. Estos autores llegan a la conclusión de que el sujeto realiza un patrón de probability matching debido a que está probando reglas. Esta hipótesis, que ha sido asumida por muchos autores (Walsh, 2000), nunca se ha estudiado directamente. Por ello, asumiendo el reto, establecemos como **segunda hipótesis** de trabajo que los sujetos que el éxito en la ejecución de la TPS está en relación inversa con la generación de reglas *en la misma tarea*.

Mediante una innovación en la tarea hicimos posible el acceso a este reto. Esta modificación consistió en añadir un conjunto de 60 ensayos al final y, sin advertencia previa, con la peculiaridad de que el programa manipulaba las respuestas del sujeto de tal manera que el sujeto recibiría siempre aciertos cualquiera que fueran sus respuestas (Yellott, 1969). La inclusión de esta tercera fase no interfería en realización de la tarea propiamente dicha, por realizarse a continuación de ésta. Por lo que la información obtenida de aquí sería adicional. La argumentación que sustenta la inclusión de esta fase parte de observaciones incidentales sobre la detección de patrones espurios y de reglas supersticiosas en tareas probabilísticas similares a lo largo de la literatura. Se ha informado a menudo que los sujetos en tareas de dos opciones afirman estar buscando patrones en la secuencia de sucesos, generando incluso teorías basadas en estos patrones espurios (Jarvik, 1951, Nies, 1962; Wright, 1962; Yellott, 1969; Elliott, Frith y Dolan, 1997).

En lo concerniente a nuestra innovación son extremadamente interesantes las observaciones del autor que analiza por primera vez este fenómeno (Yellott, 1969, p. 569): “En la entrevista al final de la fase VI, varios sujetos informaron espontáneamente que habían resuelto el problema de predicción «casi al final del experimento» mediante el descubrimiento de un “patrón” en la secuencia de sucesos. [...] Naturalmente, los patrones descubiertos por estos sujetos fueron enteramente de su propia creación, ya que la secuencia de sucesos en la fase VI fue simplemente un reflejo de sus respuestas. Precisamente por esta razón ellas son de particular interés; esperábamos que el sujeto creara un patrón de algún tipo si su conducta en la situación de predicción estuviera determinada por un esfuerzo para

encontrar dicho patrón, esto es, si hubiera ensayado patrones plausibles en un intento por hallar uno que encaje en la secuencia de sucesos.”

De los 55 sujetos que participaron en el experimento, sólo 5 se dieron cuenta del mecanismo subyacente a esa última fase de la prueba y fueron descartados del análisis posterior; 10 respondieron todas las respuestas al mismo lado; y un total de 26 sujetos afirmaron haber descubierto algún patrón en la secuencia de sucesos «cerca del final del experimento». Se examinaron los protocolos de estos 26 sujetos para determinar si respondían realmente a los patrones que afirmaron haber descubierto. Conforme a un determinado (y muy razonable) criterio establecido por el investigador, 18 de los 26 patrones informados fueron confirmados. Los patrones mismos cubrían un amplio rango de complejidad y sofisticación: desde simples alternancias a series de números primos. J.I. Yellott denominó a los patrones de respuesta que emergieron de esta última fase como “soluciones supersticiosas”. “La analogía con el comportamiento supersticioso —continúa Yellott (1969, p. 571)— en el condicionamiento operante no parece demasiado inverosímil: en ambos casos el refuerzo no es contingente con ninguna configuración particular de respuestas y, no obstante, los sujetos fijan patrones de respuesta idiosincrásicos, más o menos complejos (Skinner, 1948)”. Yellott pone en duda la utilidad de modelos de simulación sofisticados que puedan explicar las secuencias de respuesta altamente estructuradas de un cierto número de sujetos, “excepto quizá en el contexto de experimentos psicofísicos”. Por su parte, Feldman (1963) intentó dar cuenta del comportamiento de predicción binaria con un modelo basado solamente en mecanismos de prueba de hipótesis. La situación experimental de Feldman era de alguna manera diferente a la tarea de predicción estándar pues los sujetos tenían que proporcionar una justificación para cada respuesta. “Los resultados de la fase VI hacen improbable que únicamente el probar hipótesis pueda dar cuenta del aprendizaje corriente de probabilidad ya que no todos los sujetos fijaron soluciones supersticiosas, e incluso aquellos que eventualmente las fijaron no siempre lo hicieron así cuando se introdujeron las contingencias [de la fase VI]. Podría ser que pruebas esporádicas de hipótesis puedan dar cuenta de esta variabilidad, pero en este caso se requeriría algún mecanismo suplementario para explicar las respuestas que ocurren entre las hipótesis” (Yellott, 1969, p. 573)

En cambio, los resultados de la última fase sugieren que los mecanismos que capacitan a los sujetos a aprender secuencias deterministas permanecen activos a través de un

experimento de predicción, incluso cuando el programa de refuerzo no les permita ser de ninguna utilidad al sujeto. Naturalmente, no está claro si esto es cierto para todos los sujetos, ya que *no todos los sujetos fijaron una solución supersticiosa* durante los 50 ensayos de la fase VI. *Se requerirá investigación adicional para determinar si esto es debido a diferencias individuales* o simplemente a una selección al azar causada por el número relativamente pequeño de ensayos. (Yellott, 1969, p. 572, la cursiva es nuestra)

Hemos enfatizado en cursiva la referencia a las diferencias individuales como posible causa explicativa de las soluciones supersticiosas porque vamos a retomar la investigación mediante la incorporación de la “fase VI” de su experimento como la tercera fase de nuestra prueba TPS.

Una última observación de Yellott (1969) tiene también interés para nuestra tesis. Restle (1966) encontró unos sorprendentes resultados pues sus sujetos, que tenían que realizar una tarea que incluía sucesos con aspectos mixtos, deterministas y aleatorios, no fueron capaces de detectar la parte previsible, incluso después de 600 ensayos. La posibilidad de que los sujetos no fueran capaces de discriminar perfectamente entre rachas del orden de las del experimento quedaría descartada porque sí lo hicieron en el de Yellott (1969). Según él, “esta discrepancia podría deberse simplemente a diferencias individuales en la amplitud [span] de memoria” (p. 574). Esta es, por tanto, una razón adicional para usar una prueba de memoria de trabajo.

¿Qué hemos aprendido de este trabajo? Primero, añadir como una tercera fase de la TPS la “fase VI” de Yellott (1969), en la que los sujetos aciertan siempre independientemente de su respuesta. Segundo, que terminadas las tres fases de la TPS deberíamos entrevistar a los sujetos preguntando por la regla hallada por ellos, con objeto de evaluar su nivel de complejidad.

No deberíamos perder de vista ciertas características de esta tercera fase. Por ejemplo, para todos aquellos sujetos que sigan el “sesgo confirmatorio” típicamente encontrado en la tarea de Wason (1966)<sup>6</sup>, la tercera fase (acertar siempre) significará confirmar sus soluciones hipotéticas. En estos sujetos, funcionará como un refuerzo para el mantenimiento de la regla encontrada. Esto hará más probable que el sujeto la fije y la exprese en la entrevista posterior. En estos casos, el sujeto percibe una reducción de la incertidumbre. Sólo los sujetos que intenten falsar sus hipótesis percibirán un nuevo tipo de incertidumbre (recibir un éxito cuando esperan un fracaso), pero es improbable que, hacia el final de una tarea en la que se

---

<sup>6</sup> Puede hallarse una descripción de la tarea en la sección 2.3.

requiere el máximo número de aciertos, el sujeto se arriesgue a perder puntos. La tarea pide acertar, no justificar cómo has acertado.

### **2.11 Tiempo de Reacción (TR)**

Hemos comentado que el programa de la Tarea de Predicción Simple (TPS) aprovechaba para medir el tiempo de reacción desde que se presenta de nuevo la situación inicial. Esto sucede después del Intervalo Entre Estímulos (IEE), un lapso de tiempo en el que se muestra al sujeto el resultado de su elección. Durante este intervalo sus respuestas no serán efectivas, aunque sí registradas como falsas respuestas o “Nulas”. Un adecuado lapso del IEE permitiría en futuros diseños experimentales la inclusión de medidas psicofisiológicas, tal como hicieron Bechara, Damasio, Damasio y Lee (1999) en una administración de la Tarea de Juego de Iowa<sup>7</sup> a pacientes con lesiones frontales. Una medida de este tipo podría correlacionarse con las respuestas dadas inmediatamente antes de cada lado, y también, con las respuestas dadas inmediatamente después. En el primer caso se puede estudiar el efecto producido por el éxito y el fracaso. En el segundo caso, la respuesta psicofisiológica de anticipación al “lado bueno” y al “lado malo”. No obstante, en la fase de desarrollo de la investigación de la que se ocupa nuestra tesis nos limitaremos el diseño experimental a los tiempos de reacción, como medida indirecta.

Es esperable que tras un fallo aumente el tiempo de reacción (Rabbitt, 1981). En la tarea de tiempo de reacción de dos opciones se encontró que la lentitud a responder tras un error correlacionó con el aumento de la respuesta dermogalvánica, así como de la componente positiva del potencial evocado (Hajcak, McDonald y Simons, 2003). Este potencial evocado ha sido localizado en el córtex cingulado anterior. La componente negativa de este potencial evocado ha sido observada amplificada de manera consistente en sujetos ansiosos (Hajcak, McDonald y Simons, 2004). Hay evidencia reciente que sugiere que esta componente negativa refleja una primera evaluación del feedback basado en una clasificación binaria de buenos frente a malos resultados (Hajcak, Moser, Holroyd y Simons, 2006). Aunque las medidas psicofisiológicas escapan, por el momento, a nuestra etapa de la investigación, los resultados en esta área ayudan a situar e interpretar los tiempos de reacción.

---

<sup>7</sup> En la cuarta parte de la Introducción comentaremos la Tarea de Juego de Iowa con profundidad, así como otras tareas de interés neuropsicológico en la toma de decisiones.

Los tiempos de reacción pueden, asimismo, relacionarse con la posterior respuesta del sujeto, así como los llamados potenciales de preparación (respuestas electrofisiológicas cerebrales que anteceden una respuesta motora). En este sentido, es interesante observar que los sujetos con lesión prefrontal ventromedial eran incapaces de desarrollar una respuesta dermogalvánica anticipatoria cuando respondían a las opciones de riesgo en una tarea de juego de Iowa, lo que les llevó a tomar decisiones erróneas (Bechara, Damasio, Damasio y Lee, 1999).

En la filosofía del diseño de una tarea hemos de pensar más que en un resultado concreto, en abrir la puerta al máximo número de posibilidades de tipos de investigación que pueda permitir. En este sentido no abundaremos más en lo que no dejan de ser más que “buenas intenciones”. Nos hemos contentado en este punto en justificar que un diseño como la Tarea de Predicción Simple es “prometedor”. Ahora es el momento de aplicarla y de demostrar algo de lo que se puede hacer con ella.

### ***2.12 Importancia de los factores emocionales***

No podemos negar la participación de los factores emocionales en la toma de decisiones. Es bien conocido que factores motivacionales están profundamente implicados en los procesos de decisión. Aunque no estemos interesados expresamente en su estudio, estos factores tienen que estar controlados. Por tanto, tiene interés considerar la posible interrelación entre los factores emocionales y cognitivos. Por ejemplo, la ansiedad-estado, pero no la ansiedad-rasgo induce un déficit en la ejecución de la memoria de trabajo (Peretti, 1998). Sobre la base del marco de la memoria de trabajo de Baddeley, Eysenck (1995) propuso que la ansiedad utiliza parte de la capacidad atencional limitada, situando al sujeto en un paradigma de tarea dual.

William James ligó a la emoción el proceso de toma de decisiones, en su capítulo sobre la voluntad en *Principios de Psicología* (1890). Las emociones tienen efectos significativos en los procesos de toma de decisiones especialmente en sus fases inicial y final. Algunos investigadores han sugerido que dos sistemas diferentes subyacen la toma de decisiones (Epstein, 1994), los cuales trabajan en paralelo pero podrían llegar a decisiones conflictivas. Un sistema, que se concibe más antiguo en la evolución, más rápido y en gran medida automático, y por ello no muy accesible a la conciencia y al control, usa principalmente un

procesamiento asociativo. El otro sistema se basa en algoritmos y reglas, es más lento y requiere un esfuerzo y un control consciente.

El papel de las emociones ha sido destacado por Shiv, Lowenstein y Bechara (2005) mediante un simple test de inversión financiera. Encontró que los abusadores de sustancias estaban más inclinados a invertir, incluso ante la posibilidad de una pérdida, mostraron altos niveles de respuestas arriesgadas. Estos investigadores destacan la naturaleza factorial de estas características: pobre procesamiento de las pérdidas; pobre capacidad para anticipar consecuencias negativas futuras; incapacidad para inhibir el atractivo de la recompensa inmediata.

Por todo ello, sería necesario controlar el nivel general de estrés, ansiedad o depresión en los participantes en un estudio de toma de decisiones.

## REFERENCIAS

- Arima, JK (1965). Human probability learning with forced training trials and certain and uncertain outcome choice trials. *Journal of Experimental Psychology*, 70, 43-51.
- 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., y Ell, S. W. (2001). The neurobiological basis of category learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 204-210.
- Ashby, F. G., y Gott, R. E. (1988). Decision rules in the perception and categorization of multidimensional stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 14, 33-53.
- Ashby, F. G., y Maddox, W. T. (1992). Complex decision rules in categorization: Contrasting novice and experienced performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 18, 50-71.
- 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.
- Bechara, A, Damasio, H, Damasio, AR y Lee, GP (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 19, 5473-5481.

- Bereby-Meyer, Y y Erev, I (1998). On learning to become a successful loser: A comparison of alternative abstractions of learning processes in the loss domain. *Journal of Mathematical Psychology*, 42, 266-286.
- Berny, A (2001). Statistical machine learning and combinatorial optimization. In L. Kallel, B. Naudts, and A. Rogers (Eds.) *Theoretical Aspects of Evolutionary Computing* (pp. 287-306). Berlin: Springer-verlag.
- Birnbaum, MH y Wakcher, SV (2002). Web-based experiments controlled by JavaScript: An example from probability learning. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34, 189-199.
- Brackbill, N y Bravos, A (1962). Supplementary report: the utility of correcting predicting infrequent events. *Journal of Experimental Psychology*, 64, 648-649.
- Bunge, SA, Ochsner, KN, Desmond, JE, Glover, GH y Gabrieli, DE (2001). Prefrontal regions involved in keeping information in and out of mind. *Brain*, 124, 2074-2086.
- Busemeyer, JR y Myung, I J (1992) An adaptive approach to human decision making: learning theory, decision theory, and human performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 177-194.
- Carpenter, PA, Just, MA y Shell, P (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of processing in the Raven Progressive Matrices test. *Psychological Review*, 97, 404-431.
- Catania, AC, Shimoff, E y Matthews, BA (1989). An experimental analysis of rule-governed behavior. In S. C. Hayes (Ed.), *Rule-governed behavior: Cognitions, contingencies, and instructional control* (pp. 119-150). New York: Plenum.
- Cheng, PW y Holyoak, KJ (1985). Pragmatic reasoning schemas. *Cognitive Psychology*, 17, 391-416.
- Cheng, PW, Holyoak, KJ, Nisbet, RE y Oliver, RM (1986). Pragmatic versus syntactic approaches to training deductive reasoning. *Cognitive Psychology*, 18, 293-328.
- Cheng, PW y Holyoak, KJ (1989). On the natural selection of reasoning theories. *Cognition*, 33, 285-313.
- Conway, AR, Kane, M J y Engle, RW (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Science*, 7, 547-552.
- Dayan, P y Hinton, G (1997). Using expectation-maximization for reinforcement learning. *Neural Computation*, 9, 271-278.
- Douglas, RJ y Pribram, KH (1966). Learning and limbic lesions. *Neuropsychologia*, 4, 197-220.
- Duncan, J, Emslie, H, Williams, P, Johnson, R y Freer, C (1996). Intelligence and the frontal lobe: The organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, 30, 257-303.

- Edwards, W (1956). Reward probability, amount, and information as determiners of sequential two-alternative decision. *Journal of Experimental Psychology*, 52, 177-88.
- Edwards, W (1961). Probability learning in 1000 trials. *Journal of Experimental Psychology*, 64, 385-394.
- Elliott, R, Frith, CD y Dolan, RJ (1997). Differential neural response to positive and negative feedback in planning and guessing tasks. *Neuropsychologia*, 35, 1395-1404.
- Engle, R. W. (2002) Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 19–23.
- Engle, RW, Tuholski, SW, Laughlin, JE y Conway, ARA (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-331.
- Epstein, S (1994). Integration of the cognitive and the psychodynamic unconscious. *American Psychology*, 49, 709-724.
- Erev I y Roth, A (1998). Predicting how people play games: reinforcement learning in games with unique, mixed strategy equilibria. *American Economic Review*, 4, 848-81.
- Estes, WK (1976). The cognitive side of probability learning. *Psychological Review*, 83, 37-64.
- Estes, W. K. (1994). *Classification and cognition*. Oxford: Oxford University Press
- Evans, JStBT (1984). Heuristic and analytic processes in reasoning. *British Journal of Psychology*, 75, 457-468.
- Evans, JStBT (1989). *Bias in reasoning: causes and consequences*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, JStBT y Lynch, JS (1973). Matching bias in the selection task. *British Journal of Psychology*, 64, 391-397.
- Evans, JStBT y Over, DE (2004). *If*. Oxford: Oxford University Press.
- Eysenck, H J (1995). *Genius: the natural history of creativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fantino, E (1998a). Behavior analysis and decision making. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 69, 355-364.
- Fantino, E (1998b). Judgment and decision making: Behavioral approaches. *The Behavior Analyst*, 21, 203-218.
- Fantino, E (2004). Behavior-analytic approaches to decision making. *Behavioural Processes*, 66, 279-288.
- Fantino, E y Esfandiari, A (2002). Probability matching: encouraging optimal responding in humans. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56, 58-63.

- Feldman, J (1963). Simulation of behavior in the binary choice experiment. En E.A. Feigenbaum and J. Feldman (Eds.), *Computers and thought*. New York: MacGraw-Hill.
- Fiorina, PM (1971). Critique and comments: a note on probability matching and rational choice. *Behavioral Science*, 16, 158-166.
- Fletcher, PC, Anderson, JM Shanks, DR, Honey, R, Carpenter, TA, Donovan, T, Papadakis, N y Bullmore, ET (2001). Responses of human frontal cortex to surprising events are predicted by formal associative learning theory. *Nature Neuroscience*, 4, 1043-1048.
- Galizio, M (1979). Contingency-shaped and rule-governed behavior: instructional control of human loss avoidance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 31, 53-70.
- Grafman, J (1994). Neuropsychology of the prefrontal cortex. En D.W. Zaidel (Ed.), *Neuropsychology* (pp. 159-181) New York: Academic Press.
- Grafman, J (1999). Experimental assesment of adult frontal lobe function. En B.L. Miller y J.L. Cummings (Eds.) *The frontal lobes* (pp. 321-344) New York: The Guilford Press.
- Grant, DA, Hake, HW y Hornseth, J.P. (1951). Acquisition and extinction of a verbal conditioned response with differing percentages of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology*, 42, 1-5.
- Goel, V y Grafman, J (1995). Are the frontal lobes implicated in “planning” functions? Interpreting data from the Tower of Hanoi. *Neuropsychologia*, 33, 623-642.
- Hackenberg, TD y Joker, VR (1994). Instructional versus schedule control of humans' choices in situations of diminishing returns. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 62, 367-383.
- Hajcak, G, McDonald, N y Simons, RF (2003). To err is autonomic: error-related brain potentials, ANS activity, and post-error compensatory behavior. *Psychophysiology*, 40, 895-903.
- Hajcak, G, McDonald, N y Simons, RF (2004). Error-related psychophysiology and negative affect. *Brain Cognition*, 56, 189-97.
- Hajcak, G, Moser, JS, Holroyd, CB y Simons, RF (2006). The feedback-related negativity reflects the binary evaluation of good versus bad outcomes. *Biological Psychology*, 71, 148-54.
- Hinson, JM y Staddon, ER (1983). Matching, maximizing, and hill-climbing. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 40, 321-31.
- Holland, JG y Skinner BF (1961). *The analysis of behavior: a program for self-instruction*. New York: McGraw-Hill. Edición en castellano: *Análisis de la conducta*. México: Trillas, 1976.
- Izawa, C. (1967). Function of test trials in paired-associate learning. *Journal of Experimental Psychology*, 75, 194-209.

- James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. Edición en castellano: *Principios de psicología*. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1989.
- Jarvik, ME (1951). Probability learning and a negative recency effect in the serial anticipation of alternating symbols. *Journal of Experimental Psychology*, *41*, 291-297.
- Johnson-Laird, PN y Byrne, RMJ (2002). Conditionals: a theory of meaning, pragmatics and inference. *Psychological Review*. *109*, 646-678.
- Kaufman, A, Baron, A y Kopp, RE (1966). Some effects of instructions on human operant behavior. *Psychonomic Monograph Supplements*, *1*, 243-250.
- Maddox, W. T., y Ashby, F. G. (1993). Comparing decision bound and exemplar models of categorization. *Perception & Psychophysics*, *53*, 49-70.
- Maddox, WT y Bohil, CJ (2004). Probability matching, accuracy maximization, and a test of the optimal classifier's independence assumption in perceptual categorization. *Perception & Psychophysics*, *66*, 104-18.
- Manktelow, K y Evans, JStBT (1979). Facilitation of reasoning by realism: effect or non-effect? *British Journal of Psychology*, *70*, 477-488.
- McCormack, P (1959). Spatial generalization and probability learning in five-choice situation. *American Journal of Psychology*, *72*, 135-138.
- Medin, D. L., y Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, *85*, 207-238.
- Morse, EB y Rundquist, WN (1960). Probability matching with an scheduled random séquence. *American Journal of Psychology*, *73*, 603-7.
- Myers, JL, Fort, JG, Katz, L y Suydam, M (1963). Differential memory gains and losses and event probability in a two-choice situation. *Journal of Experimental Psychology*, *66*, 521-522.
- Nies, RC (1962). Prediction of sequential two-choice decisions from run events. *Journal of Experimental Psychology*, *64*, 430-433.
- Nisbett, E (1993). *Rules for reasoning*. Lawrence Erlbaum Associates: New Jersey.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identificationcategorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, *115*, 39-57.
- Oaksford, M y Stenning, K (1992). Reasoning with conditionals negated constituents. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *18*, 835-54.
- Peretti, CS (1998). Anxiety and cognition disorders. *Encephale*, *24*, 256-259.
- Peters, J (2005). *Machine learning of motor skills for robotics*. Ph. D. thesis, University of Southern California.

- Pribram, KH (1997): “The work in working memory”, en *Development of the prefrontal cortex*, N.A. Krasnegor, G.R.Lyon y P.S. Goldman-Rakic (comps.) Paul H. Books. Pub. Co. (Cap. 16, págs. 359-378).
- Ptak, R, Gutbrod, K, Perrig, W y Schnider, A (2001). Probabilistic contingency learning with limbic or prefrontal damage. *Behavioral Neuroscience*, 115, 993-1001.
- Rabbitt, PMA (1981). Sequential reactions. En D. Holding (Ed.), *Human skills* (pp. 153–175). New York: Wiley.
- Reber, A. S., y Millward, R. B. (1968). Event observation in probability learning. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 317-327.
- Restle, F (1961). *Psychology of judgement and choice: a theoretical essay*. N. York: Wiley.
- Sabes, PN y Jordan, MI (1996). Reinforcement learning by probability matching. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 8, 1080-1086.
- Sallans, B (2002). *Reinforcement learning for factored Markov decision processes*. Ph. D. thesis, Dept. of Computer Science, University of Toronto.
- Shallice, T (1988). *From neuropsychology to mental structure*. New York: Cambridge University Press.
- Shanks, DR, Tunney, RJ y McCarthy, JD (2002). A Re-examination of Probability Matching and Rational Choice. *Journal of Behavioral Decision Making*, 15, 233-50.
- Shiv, B, Lowenstein, GF y Bechara, A (2005). The dark side of emotions in decision-making: when individuals decreased emotional reactions make more advantageous decisions. *Cognitive Brain Research*, 23, 34-50.
- Siegel, S y Goldstein, DA(1959). Decision making behavior in a two-choice uncertain outcome situation. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 37-42.
- Siegel, S (1960). Decision making and learning under varying conditions of reinforcement. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 89, 766-83.
- Skinner, BF (1948). “Superstition” in the pidgeon. *Journal of Experimental Psychology*, 3, 168-172.
- Skinner, BF (1969). *Contingencies of reinforcement: A theoretical analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, BF (1974). *About Behaviorism*. New York: Alfred A. Knopf. Edición en castellano: *Sobre el conductismo*. Barcelona: Fontanella, 1977.
- Smith, E. E., y Medin, D. L. (1981). *Categories and concepts*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Stanovich, KE (2004). *The robot’s rebellion: Finding meaning in the age of Darwin*. University of Chicago Press.

- Stanovich, KE (2006). Fluid intelligence as cognitive decoupling. *Behavioral and Brain Sciences*, 29, 139.
- Stanovich, KE y West, RF (1998). Individual differences in rational thought. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 161-188.
- Stanovich, KE y West, RF (1999). Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding/acceptance principle. *Cognitive Psychology*, 38, 349-385.
- Stolarz-Fantino, S y Fantino, E (1990). Cognition and behavior analysis: A review of Rachlin's *Judgment, decision and choice*. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 54, 317-322.
- Vulkan, N (2000). An economist's perspective on probability matching. *Journal of Economic Surveys*, 14, 101-118.
- Walsh, V (2000). Hemispheric asymmetries: a brain in two minds. *Current Biology*, 10, R460-R462.
- WAIS-III (1999). *Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-III*. Madrid: TEA Eds.
- Wason, PC (1966). Reasoning. In: B. Foss, (Ed.), *New Horizons in Psychology* (pp. 135-151). Harmondsworth: Penguin.
- Wason, PC (1968). Reasoning about a rule. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 273-281.
- Wason, P.C., & Evans, J.St.B.T. (1975). Dual processes in reasoning? *Cognition*, 3, 141-154.
- Wechsler, D (1997). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale-III*. New York: Psychological Corporation.
- Weir, MW (1964). Developmental changes in problem solving strategies. *Psychological Review*, 71, 473-90.
- West, RF y Stanovich, KE (2003). Is probability matching smart? Associations between probabilistic choices and cognitive ability. *Memory & Cognition*, 31, 243-251.
- Wright, JC (1962). Consistency and complexity of response sequences as a function of schedules of noncontingent reward. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 601-09.
- Yellott, J I (1969). Probability learning with noncontingent success. *Journal of Mathematical Psychology*, 6, 541-575.



### 3. ESQUIZOFRÉNIA:

#### Conceptos, síntomas y neuropsicología

Aunque, al parecer, esta enfermedad ha existido siempre, sólo desde el siglo XIX se ha empezado a estudiarla. La definición del propio objeto de estudio ha ido variando con el paso de los años, llegándose a la actualidad al criterio diagnóstico dado por los sistemas de clasificación DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) y CIE-10 (Organización Mundial de la Salud). No obstante, el diagnóstico no refleja necesariamente qué es y qué no es esquizofrenia. Si hay muchas “esquizofrenias” o si hay un trastorno común nuclear subyacente.

E. Kraepelin, E. Bleuler y K. Schneider, supusieron fueron tres hitos fundamentales en la conceptualización de lo que consideramos hoy como esquizofrenia. **Kraepelin** en 1893 diferenció la “demencia precoz” de la actual psicosis maniaco-depresiva, por el curso de la enfermedad. La demencia precoz evolucionaría a un deterioro global cognitivo. Se caracterizaba por un estado de déficit, bloqueo, negativismo, debilidad de juicio, disminución de la productividad psíquica, empobrecimiento motor, pérdida de energía y aplanamiento afectivo. Se daba en los jóvenes, sería de naturaleza orgánica con una sintomatología difusa y polimórfica que implicaba un proceso de destrucción de la personalidad. Las funciones que consideró relativamente conservadas: la orientación, memoria y percepción; las disminuidas: la eficiencia mental y la atención. La alteración neuropsicológica común entre los pacientes era el déficit atencional, junto con anormalidades motoras. A pesar de ello, consideró más relevante lo que hoy denominamos sintomatología negativa.

Los síntomas descritos por Kraepelin (1919):

- alteraciones del pensamiento: incoherencia, pérdida asociativa, creencias delirantes
- alteraciones de la atención: distractibilidad en estímulos irrelevantes
- alteraciones emocionales: deterioro de la expresión y aplanamiento afectivo
- negativismo: reducción de la actividad voluntaria, dejadez de la responsabilidad
- conductas estereotipadas
- alucinaciones

En 1911, **E. Bleuler** introdujo el término “esquizofrenia” (mente dividida) y relegó a un segundo plano las alteraciones cognitivas, pues consideró que eran consecuencia de la sintomatología. Reconoció el deterioro cognitivo sólo en un tercio de la población esquizofrénica. Para él, las características primarias de la enfermedad eran:

- autismo: indiferencia afectiva, distanciamiento progresivo, falta de interés por el mundo exterior
- ambivalencia: coexistencia temporal de dos sentimientos opuestos referidos los mismos estímulos, actos, situaciones o personas.
- Alteración de las asociaciones: disociación del pensamiento

Para Bleuler el núcleo de la esquizofrenia era la fragmentación o disociación de la mente, lo cual afecta al pensamiento y la emoción. Esta fragmentación daría lugar a conexiones absurdas y accidentales entre hechos de la experiencia, típicas del pensamiento esquizofrénico, mostrando incoherencias, extravagancia y un lenguaje ininteligible. En cambio consideró a los síntomas positivos (alucinaciones y delirios) y a los cambios cognitivos (alteraciones de memoria y lenguaje) como secundarios a los síntomas negativos. No obstante, Bleuler dio una posición relevante a las alteraciones de la atención, englobándolas dentro de los síntomas fundamentales.

**K. Schneider** (1950) dio más relevancia a los actuales síntomas positivos (alucinaciones y delirios); diferenció entre:

- síntomas de primer rango: trastornos sensoperceptivos y de pensamiento
- síntomas de segundo rango: alteraciones emocionales, perplejidad, etc.

Schneider consideró los síntomas siempre desde una perspectiva fenomenológica.

En los años 50 se inicia la revolución de los **neurolépticos**. En 1950 el químico francés Charpentier sintetiza la clorpromacina, de la misma familia de la prometazina ya previamente utilizada por Guiraud como hipnótico. En 1952 Henri Laborit (cirujano francés) y Huguenard (médico anestesista) incluyen la clorpromacina en el cocktail lítico que utilizaban para llevar a cabo sus operaciones en el frente de batalla de Túnez. Su idea era preparar previamente a los enfermos con asociaciones de medicamentos preanestésicas, para evitar operar con mucha anestesia general y lograr así reducir la mortalidad postoperatoria. El primer psiquiatra que reconoce y utiliza por primera vez la clorpromacina en la psicosis es Pierre Deniker. La gran revolución psicofarmacológica de 1952, iniciada en Francia por Jean Delay y su discípulo Deniker, es la administración de la clorpromacina a dosis elevadas, en pacientes psicóticos

agudos, y el éxito obtenido. En 1955 J. Delay denomina a estos fármacos neurolépticos. Son capaces de oponerse a la locura mescalínica y del LSD, pero en la esquizofrenia se mostraron altamente eficaces como antimaníacos, antidelirantes, alucinolíticos y anticonfusionales. Se puede afirmar entonces que con el advenimiento de los neurolépticos cambiaron la locura, el enfermo, los manicomios y los psiquiatras. Al conocerse productos químicos precisos capaces de producir locura en el hombre por un lado, como son el ácido lisérgico y la mescalina, y por el otro obtenerse drogas que se oponen clínicamente a éstas, como es el caso de los neurolépticos, se inicia el desarrollo de una nueva ciencia neurobiológica: la neurotransmisión cerebral.

Pese al éxito de los neurolépticos en la remisión de la sintomatología schneideriana, muchos pacientes permanecían seriamente discapacitados y sus vidas fragmentadas por sintomatología bleuleriana. Se requería un nuevo concepto de la enfermedad.

Sobre la base del trabajo de su equipo en el Hospital de Nortwick Parc en los años 70, **Crow** (1980) avanzó su modelo de dos síndromes. Propuso dos grandes dimensiones de psicopatología en la esquizofrenia:

- Tipo I: delirios, alucinaciones y trastorno formal del pensamiento, con tendencia a ser transitorio.
- Tipo II: pobreza del habla, aplanamiento afectivo, con tendencia a persistir.

Propuso que estos dos síndromes reflejasen dos dimensiones de patofisiología: una perturbación neurohormonal generando el síndrome tipo I, y una anomalía cerebral estructural generando el síndrome tipo II. (Véase Crow, 1985)

**Andreasen** (1981, 1982; Andreasen y Olsen, 1982) proporcionó un concepto más amplio del síndrome negativo y también una escala de evaluación (SANS<sup>8</sup>), que comprende cinco subescalas: aplanamiento afectivo, abulia-apatía, alogia, anhedonia, déficit atencional. Andreasen (1984) proporcionó a continuación otra escala para evaluar los síntomas positivos (SAPS<sup>9</sup>). Esta distinción tiene como antecedente el modelo jerárquico del sistema nervioso propuesto por Jackson en 1884, quien atribuyó diferentes tipos de síntomas a un nivel u otro de funcionamiento neural, y que se basaba en 4 supuestos:

- Los síntomas negativos derivan de la parálisis de los niveles superiores del sistema nervioso.

---

<sup>8</sup> Scale for the Assessment of Negative Symptoms.

<sup>9</sup> Scale for the Assessment of Positive Symptoms.

- Estos centros superiores, al paralizarse, provocan el funcionamiento descontrolado de los centros situados en un nivel inferior.
- Estos centros inferiores son los causantes de la sintomatología positiva.
- Los síntomas positivos pueden aparecer sin la presencia de los negativos.

Hacia los años 90, muchos investigadores habían empezado a usar técnicas de análisis factorial de síntomas esquizofrénicos para identificar grupos de síntomas que suelen coexistir en un paciente. Virtualmente todos los estudios han identificado más de dos factores, emergiendo al menos un factor de síndrome positivo y otro factor de síndrome negativo. Una revisión de estos estudios reveló al menos tres grupos de síntomas: síntomas negativos nucleares; delirios y alucinaciones; y un tercer grupo cuyo ítem cardinal fue el trastorno del pensamiento. Este tercer grupo fue denominado síndrome de desorganización por **Liddle** (1984). Considerando la escala SANS de Andreasen (1982), cuando se realiza el análisis factorial a partir de los ítems, en lugar de las puntuaciones en la subescalas que los agrupan, Liddle (1987a; 1987b) encuentra los tres síndromes que aparecen en la Tabla 3.1.

La evidencia clínica acumulada junto con la procedente de los estudios estadísticos ha confirmado este patrón (Liddle, 1994; Liddle et al, 1989; Brown y White, 1992; de Leon et al, 1992; Kibel et al, 1993; Peralta y Cuesta, 1994):

Distorsión de la realidad	Desorganización	Pobreza psicomotora
alucinaciones	afecto inapropiado	pobreza en el habla
delirios	pobreza del contenido del lenguaje	aplanamiento afectivo
	trastorno formal del pensamiento	abulia
lóbulo temporal-límbico	prefrontal ventromedial	prefrontal dorsolateral
síndrome pseudo-psicótico	Síndrome pseudo-psicopático	synd. pseudo-depresivo
Alteración visuo-espacial	Alteración atencional	Alteración de memoria

*Tabla 3.1*

Una puntualización adicional ha de hacerse respecto a un posible síndrome deficitario (pseudo-depresivo). Como la sintomatología negativa puede ser secundaria (a síntomas psicóticos, a efectos de la medicación, depresión, institucionalización), esto podría ser un posible factor de confusión. Ante dichos problemas, Carpenter et al (1988) han propuesto que los pacientes con síntomas negativos persistentes y que pueden ser considerado primarios,

presentan un síndrome deficitario. Estos autores demuestran que de esta manera es más efectivo en la división de grupos homogéneos. Los resultados de los distintos trabajos confirman la visión de las tres dimensiones, las cuales podrían perfectamente subyacer patologías diferentes (Arndt et al, 1995; Johnstone y Frith, 1996). Si incluimos items afectivos y aspectos de sobreactivación, pueden identificarse aún otros dos síndromes: depresión y excitación psicomotora (Liddle, 1994; Peralta y Cuesta, 1994).

### ***3.1 Esquizofrenia y disfunción ejecutiva***

En numerosos estudios se han estudiado los déficits en funciones ejecutivas, sensibles a la lesión frontal, en pacientes con esquizofrenia (véase, por ejemplo, Kolb y Wishaw, 1983; Shallice, Burgess y Frith, 1991; Pantelis et al, 1997). Se han administrado tests tales como el Test de Clasificación de Wisconsin, de fluidez verbal, el Trail Making Test, tests de apraxias, la Torre de Londres, la Torre de Hanoi (Goldberg, Saint-Cyr y Weinberger, 1990), el test de Stroop y tests de memoria de trabajo (Barch y Carter, 1998; Gold, Carpenter, Randolph, Goldberg y Weinberger, 1997). Aunque hay mucho trabajo por hacer para aislar un deterioro “frontal” específico del déficit cognitivo general visto en tantos pacientes, los déficits ejecutivos parecen depender de que las anomalías conductuales sean positivas o negativas (Frith, Leary, Cahill y Johnston, 1991; Liddle y Morris, 1991; Ihara, Berrios y MacKenna, 2003). En la misma línea de la heterogeneidad de la esquizofrenia se encuentra también un diferente perfil de déficits ejecutivos para los sujetos con un primer episodio y para los que tienen una esquizofrenia bien establecida (Chan, Chen y Law, 2006).

Aunque es generalmente admitido en la literatura neuropsicológica que la esquizofrenia está particularmente asociada a una disfunción ejecutiva, recientes estudios de meta-análisis sugieren que éste déficit podría formar parte de un déficit cognitivo más generalizado (Laws, 1999; Henry y Crawford, 2005; van Beilen et al, 2004).

Según Fritz (1992) y Shallice (1988), algunos aspectos nucleares de la esquizofrenia podrían explicarse como una disfunción ejecutiva, dejando otros procesos relativamente intactos. De hecho, resultados recientes sugieren que el trastorno del pensamiento en la esquizofrenia parece estar más estrechamente relacionado a déficits en el funcionamiento ejecutivo (Barrera, McKenna, & Berrios, 2005) que a un deterioro cognitivo general (Stirling, Hellewell, Blakey, & Deakin, 2006).

Para CD Frith (1987; 1992), las anomalías conductuales asociadas a la esquizofrenia se entienden mejor como un *defecto fundamental en la generación de la acción voluntaria*. Este defecto puede traducirse en tres tipos de anomalía:

1. Pobreza de acción (con inclusión del habla y pensamiento).
2. Acción perseverante y estereotipada.
3. Acción inapropiada, elicitada por un estímulo.

La manera en que estas anomalías derivan del defecto fundamental sería, en el primer caso, que el paciente no es capaz de concebir intenciones voluntarias en función de metas actuales, de modo que *no inicia acciones voluntarias*. En el segundo caso, es necesaria la conexión entre metas y acciones, no sólo para la iniciación de los actos, sino también *para la terminación de las acciones*, ya que éstas se suelen acabar cuando se consigue la meta. La falta de esta terminación normal tiene como consecuencia un *comportamiento perseverante y estereotipado*. En el tercer caso, el mismo mecanismo que inicia y termina las acciones inhibe también las acciones inadecuadas elicitadas por un estímulo. La carencia de esta inhibición lleva al *comportamiento incoherente*.

Respecto a las anomalías de la autoconciencia, CD Frith (1992) las clasifica en tres áreas: el conocimiento de nuestras propias metas, el conocimiento de nuestras propias intenciones y el conocimiento de las intenciones de los otros. Estas áreas se corresponden con los tres tipos de deterioro cognitivo que subyacen a los signos y los síntomas de la esquizofrenia: En primer lugar, sin consciencia de las metas hay pobreza de acción. Esto lleva a anomalías conductuales positivas y negativas. Segundo, sin consciencia de las intenciones hay ausencia de auto-monitorización superior. Tercero, con una consciencia defectuosa de las intenciones de los demás hay delirios de persecución y delirios de referencia.

Como hemos visto en la primera parte de la introducción (marco conceptual), este procesamiento sería el propio del ejecutivo central o el sistema atencional supervisor. Este ejecutivo central puede impedir la conducta perseverante, puede suprimir las respuestas a los estímulos y puede generar acciones nuevas en situaciones en las que no se desencadena ninguna acción rutinaria. La pobre consciencia de las metas, de las propias intenciones o de las ajenas, se resume en una pobre auto-monitorización de los elementos cognitivos organizadores de la conducta.

En una palabra, las variadas anomalías de la esquizofrenia están reflejadas en las *anomalías del sistema cognitivo controlador*. Sería demasiado simplista afirmar que la esquizofrenia es causada por esta anomalía; no obstante, sea cual sea el origen de la esquizofrenia, puede afirmarse que el sistema controlador está afectado y, al menos una amplia variedad de síntomas, podrían ser debidos a esta afección. Podemos llegar un poco más lejos (pero no más) al afirmar, incluso, que sin una alteración grave del sistema cognitivo controlador no podría diagnosticarse una esquizofrenia.

### **3.2 Atención y memoria de trabajo en la esquizofrenia**

La disfunción atencional es una de las características de las descripciones clínicas de la esquizofrenia. Se encuentran dos tipos de déficits, la distraibilidad, derivada de la acción de estímulos irrelevantes, y la lentitud en la toma de decisiones. Green (1996) ha propuesto éste déficit como central en la esquizofrenia. El patrón de deterioro atencional difiere en los distintos subgrupo de pacientes: los crónicos (síntomatología de predominio negativo) realizan más errores de omisión, mientras que los agudos (síntomatología predominantemente positiva) realizan más errores de comisión. Es decir, los crónicos *no* responden cuando tienen que hacerlo y los agudos responden cuando *no* tienen que hacerlo.

Como medidas atencionales han sido utilizadas el Trail Making Test, el Continuous Performance Test (CPT), el WCST, el Digit Span (el más utilizado con diferencia) y el test de Stroop. No obstante, cada una de estas pruebas requiere un tipo diferente de proceso atencional y diferentes componentes cognitivos, por lo que no son comparables. Se pueden distinguir cuatro componentes atencionales (Mirsky et al, 1995) vinculados a diferentes circuitos cerebrales: la atención sostenida (formación reticular) parece ser el componente más sensible en la esquizofrenia; atención selectiva (parietal y temporal superior); cambio atencional (córtex prefrontal dorsolateral). En el meta-análisis de Heinrichs y Zakzanis (1998) fue el CPT la prueba que mejor diferenció entre pacientes y controles (en el CPT, el 60-70% de los esquizofrénico puntúa por debajo de los controles).

En el meta-análisis de Aleman et al (1999) sobre los resultados de aplicar el Digit Span reveló un deterioro marcado de la memoria a corto plazo, aunque menos afectada que la memoria a largo plazo. Goldberg et al (2003) señalan la importancia de la memoria de trabajo y lo proponen como candidato fenotípico en la esquizofrenia. Según ellos, los pacientes han mostrado un deterioro de la memoria de trabajo en múltiples tareas cognitivas. El deterioro

fue estable en el tiempo y poco afectada por los neurolépticos, lo cual lo desvincula de los síntomas positivos. Los pacientes esquizofrénicos parecen tener un deterioro restringido del sistema de memoria de trabajo que se hace evidente en tareas en que el esclavo “agenda visuoespacial” requiere control ejecutivo central (Oram et al, 2005). La memoria de trabajo verbal ha mostrado correlaciones significativas con funciones ejecutivas y control visuo-motor (Keefe, 2000), lo cual es consistente con una localización prefrontal. La memoria de trabajo verbal no correlaciona con el CPT, lo que indicaría que la capacidad es un factor más limitante que la atención, en concordancia con los hallazgos de que las anomalías en el Digit Span (Goldberg et al, 1998b; Silver et al, 2003).

La memoria de trabajo espacial no correlaciona con las funciones ejecutivas, indicando que no es un factor limitante de las tareas ejecutivas incluso cuando el input es visual (Silver et al, 2003). La relación entre la memoria de trabajo y los errores en la ejecución en la Torre de Londres por pacientes esquizofrénicos fue debida a diferencias en las estrategias usadas y no en la capacidad de memoria espacial (Pantelis et al, 1997).

Los deterioros de la atención selectiva han sido intensamente estudiados en esquizofrenia con una variedad de paradigmas experimentales. La atención selectiva se refiere a la capacidad de ignorar información irrelevante para la tarea cognitiva en curso y se ha visto implicado en un gran número de explicaciones teóricas de la generación de los síntomas positivos. Uno de los paradigmas más ampliamente usados es el test de Stroop (Stroop, 1935). Según la revisión de Chen et al (2001), la aplicación del test de Stroop en pacientes esquizofrénicos crónicos ha registrado una amplificación del efecto de interferencia (p.e., Everett, 1989). En alguna medida, este hallazgo ha sido replicado en estudios más recientes usando la versión computerizada. Posteriores estudios han sugerido que el incremento en la interferencia del test de Stroop podría estar relacionado con el síndrome de desorganización, o bien con síntomas positivos. Además, algunos autores no han encontrado este incremento del efecto en esquizofrénicos. Aunque no es menos cierto que en la tarea computerizada el sujeto puede ir más deprisa cuando comete fallos, por lo que no se detiene y puntúa como los normales en tiempo de ejecución (Barch, Carter y Cohen, 2004). Por otra parte, en estudios con neuroimagen se ha encontrado que los pacientes esquizofrénicos fallan en activar el giro cingulado anterior durante la ejecución de la tarea de atención selectiva, zona generalmente activada durante la tarea en los sujetos normales.

El síntoma de trastorno del pensamiento parece ser el que más correlacionado con los resultados del test de Stroop y se ha descrito una particular sensibilidad al subtipo paranoide. Los neurolepticos no parecen actuar sobre el efecto Stroop; las relaciones con la enfermedad están por explicar (Grapperon y Delage, 1999).

Aparentemente, la memoria de trabajo es una disfunción nuclear en la esquizofrenia. Está dissociada en la parte verbal y la visuo-espacial. La capacidad limitada de los esquizofrénicos crónicos del almacén “on-line” verbal y espacial limita la ejecución de otras funciones cognitivas. Las funciones ejecutivas dependen críticamente del bucle fonológico, mientras que algunas funciones complejas, como la orientación espacial, dependen de ambas memorias verbal y visual.

### ***3.3 Neuropsicología de la esquizofrenia***

Con el desarrollo de la neuropsicología como ciencia, se comenzó a aplicar al estudio de la inteligencia en la esquizofrenia en el año 1944 con las escalas Wechsler, encontrándose desde entonces in CI inferior al de otros pacientes psiquiátricos. Hacia los años 70 se compararon pacientes esquizofrénicos y pacientes con daño cerebral, no encontrándose grandes diferencias entre ellos (Heaton, Baade, y Jonson, 1978).

Durante los años 80 se amplió el uso de diferentes pruebas para la evaluación de funciones cognitivas, demostrándose que el deterioro cognitivo no era un epifenómeno conductual como falta de atención, pobre cooperación o baja motivación, sino un déficit de los aspectos más fundamentales de la capacidad intelectual (Goldberg, Weinberger, Berman, Pliskin y Podd, 1987). Se profundizó en el estudio neuropsicológico de la atención, memoria, funciones ejecutivas, aprendizaje y habilidades motoras en pacientes con esquizofrenia (Levin, Yurgelun-Todd y Craft, 1989).

A finales de los años 80, con el advenimiento de la tecnología de la neuroimagen, se describieron cambios estructurales en el cerebro de estos pacientes, como el alargamiento ventricular y atrofia cortical, confirmandose la existencia de alteraciones en el metabolismo cerebral como el patrón de hipofrontalidad, especialmente por parte de dos grandes equipos: el grupo de Weinberger (en Bethesda) y el de Andreasen (en Iowa). Asimismo, se documentó una ejecución pobre en los tests de implicación frontal (Goldberg, Kelsoe, Weinberger, Pliskin, Kirwin y Berman, 1988). A partir de aquellos trabajos, Frith y Done (1989)

propusieron que las anomalías cerebrales estructurales estaban relacionadas con la sintomatología negativa y los déficits cognitivos.

En los años 90 se inicia una etapa de gran producción investigadora sobre las alteraciones cognitivas en pacientes con esquizofrenia, en la que la integración de los avances en neurofisiología, neuropsicología y neuroimagen se convirtió en una necesidad. Desde entonces, las líneas de investigación sobre déficits cognitivos son las siguientes:

- la esquizofrenia como anomalía de los procesos cognitivos (Braff, 1993; Frith, 1992; Andreasen, Paradiso y O'Leary, 1998; Goldberg et al, 1998a)
- como alteración del neurodesarrollo (Goldberg, et al, 1993)
- marcadores cognitivos de vulnerabilidad (Cornblatt et el, 1992)
- naturaleza de los déficits cognitivos (Saykin et al, 1991)
- modificación de las alteraciones cognitivas (Green y Nuechterlein, 1999)
- correlatos neuropsicológicos durante la neuroimagen (Andreasen et al, 1992)
- factores explicativos de la heterogeneidad de las disfunciones cognitivas

Ciñéndonos a las funciones ejecutivas, los tests que más diferencian entre esquizofrénicos y controles son la Fluidez Verbal, el Trail Making Test y, a cierta distancia, el Wisconsin Card Sorting Test (WCST), según el meta-análisis de Heinrichs y Zakzanis (1998). Según el meta-análisis de Johnson-Selfridge y Zalewski (2001), lo fueron el WCST y el Trail Making Test/parte B, seguidos por el Category Test, la Fluidez Verbal y el Stroop. Aunque el pobre nivel de ejecución no se relacionó con ningún dato sociodemográfico ni con la duración de la enfermedad, sí lo hizo con los síntomas clínicos, y con la ausencia de medicación (aunque no correlacionó con la dosis).

Parece haber una relación entre **síntomas negativos** y un pobre funcionamiento ejecutivo (Andreasen et al, 1990; Liddel, 1987b). Al ser esta ejecución propia de las pacientes con daño en el lóbulo frontal, este hecho indicaría que el proceso patológico subyacente a la sintomatología negativa podría ser una disfunción del lóbulo frontal; hipótesis descrita por Levin (1984). Ya en 1969, Mirsky (1969) había propuesto la implicación del lóbulo frontal y, especialmente, de estructuras subcorticales como el núcleo caudado.

La similitud entre la conducta de los sujetos con lesión o deterioro frontal y la de los pacientes con esquizofrenia con predominio de sintomatología negativa consiste en la

incapacidad de ambos grupos para generar acciones de forma voluntaria, predominando conductas de imitación y de utilización, así como la pérdida del control cognitivo debida a la liberación de la actividad del lóbulo parietal por un deterioro de la inhibición del frontal sobre éste (Shallice, Burgess y Frith, 1991).

A parte de la analogía con el trastorno por daño frontal, se han observado déficits neuropsicológicos similares a los de sujetos con demencia (Pantelis et al, 1992) en que muestran lentitud en la toma de decisiones, deficiencias de aprendizaje y déficits de memoria. Por tanto, hay evidencia de una similitud entre el síndrome negativo esquizofrénico y la demencia del tipo subcortical (Dunkley y Rogers, 1994; Monserrat et al, 1999). Teniendo en cuenta que, además de esta similitud, los esquizofrénicos muestran un bajo rendimiento en las pruebas que suponen la participación del lóbulo frontal, y la disfunción de los movimientos oculares regulados por zonas prefrontales, Levin (1984) define la esquizofrenia como «desorden funcional sutil del lóbulo frontal y de sus conexiones con el sistema límbico, el córtex sensorial y las áreas de asociación».

En lo que respecta a la **sintomatología positiva**, Gray et al (1991) propone un daño estructural en el sistema septo-hipocampal, que daría lugar a una hiperactividad dopaminérgica en los ganglios basales (núcleo accumbens). En situaciones de alto estrés, este daño estructural podría dar lugar a una alteración funcional episódica, dando lugar a los síntomas positivos y disfunciones cognitivas transitorias. Según esta propuesta, las manifestaciones básicas de los trastornos esquizofrénicos implicaría tres déficits cognitivos:

- Intrusiones de materiales irrelevantes, por la debilidad de los procesos inhibidores necesarios para la atención consciente
- Fallos en la integración de las huellas mnémicas de estímulos perceptivos pasados con el estímulo actual en el control de los programas motores, derivados de la debilidad de la influencia en la percepción actual de las regularidades almacenadas
- Monitorización deficitaria en las acciones propias voluntarias, derivadas de intenciones y deseos.

Según Gray et al (1991) el sistema septo-hipocampal se dedica a detectar sucesos esperados e inesperados, sistema que está alterado en los pacientes esquizofrénicos. En ellos, las regularidades almacenadas no proporcionan información suficiente para crear unas expectativas adecuadas sobre la ocurrencia de los sucesos. Esto daría lugar a intrusiones de

estímulos irrelevantes en la memoria de trabajo, acceso normalmente limitado por el contexto.

En síntesis, como lo expresan Junqué y Barroso (1995, p. 391):

En la esquizofrenia debe distinguirse la alteración cerebral, que estaría relacionada con la propia sintomatología psiquiátrica, de la relacionada con los trastornos cognitivos que acompañan la enfermedad. Se han hallado tres regiones cerebrales disfuncionales: los lóbulos temporales, el lóbulo frontal y los ganglios basales. Las disfunciones temporales mediales probablemente son responsables de parte de la propia sintomatología [positiva] referente a los trastornos del afecto, las alucinaciones y el trastorno de la memoria declarativa. Las disfunciones frontales explican parte de los síntomas llamados negativos de la enfermedad y los déficits en las funciones ejecutivas (capacidad de planificar, iniciativa, uso adecuado de las estrategias, etc.). Las disfunciones estriatales probablemente también están relacionadas con los trastornos oculomotores y premotores (dificultades de seriación o secuenciación de movimientos).

### ***3.4 Trastorno del pensamiento y funciones ejecutivas***

El trastorno formal del pensamiento es un aspecto característico de la psicosis y un aspecto central en la esquizofrenia, pero poco se sabe de su patofisiología. Este trastorno ha sido relacionado, por una parte, con funciones ejecutivas disfuncionales (McGrath, 1991; Nestor, Shenton, Wible, Hokama, O'Donnell, Law, y McCarley, 2000) y, por otra, a una disminución de la actividad en el córtex frontal inferior y el cíngulo, es decir, la severidad del trastorno (positivo) del pensamiento [habla desorganizada] estaba inversamente correlacionada con la actividad en las áreas implicadas en la regulación y monitorización de la producción del habla (McGuire, Queded, Spence, Murray, Frith y Liddle, 1998a). Como sugieren los análisis factoriales de las evaluaciones clínicas, el trastorno del pensamiento es heterogéneo con componentes 'positivos' y 'negativos'. Los primeros se caracterizan por un habla que aparece desorganizada (incoherencia, neologismos) mientras que los segundos se corresponden a un habla empobrecida cualitativa y cuantitativamente (pobreza del pensamiento). Aunque los dos componentes, positivos y negativos, del trastorno del pensamiento correlacionan ambos con una disminución de la actividad del córtex prefrontal, los componentes positivos implican la desactivación de las áreas inferiores frente a los componentes negativos que implican la desactivación de las áreas dorsales prefrontales (McGuire et al, 1998b). Aunque, en estudios posteriores la pobreza del habla no implicó una desactivación frontal evidente sino en una activación de áreas asociadas con la memoria episódica autobiográfica (Kircher, Liddle, Brammer, Murray y McGuire, 2003).

Algunos estudios proporcionan una evidencia indirecta del carácter nuclear del trastorno del pensamiento en la esquizofrenia. Se han hallado que los componentes positivo (P300) y negativo (P400) del potencial evocado en sujetos con esquizofrenia disminuyeron en amplitud en relación directa con la severidad en el trastorno del pensamiento (Iwanami et al, 2000; Kirihara et al, 2005). Específicamente, después de analizar las correlaciones entre el efecto de N400 y varios síntomas de esquizofrenia (trastorno formal del pensamiento, síntomas positivos, síntomas negativos, síntomas globales, dosis media de neurolépticos) o datos socioeducacionales (edad, nivel de vocabulario, años de escolaridad) sólo la correlación con el trastorno formal del pensamiento fue significativa: cuanto más severo el trastorno del pensamiento, menos efecto N400 fue observado (Kostova et al, 2005).

Para J. McGrath (1991), ciertos aspectos del trastorno del pensamiento pueden reinterpretarse como consistentes con una disfunción del lóbulo frontal. Según él, este trastorno podría reflejar una disfunción en los bucles cortico-subcorticales que se proyectan en el córtex prefrontal. Esto predeciría que los pacientes con trastorno del pensamiento estarían deteriorados en la ejecución de los tests de la función del lóbulo frontal, sin tener relación alguna con el diagnóstico. Según Nestor et al (2000), el trastorno del pensamiento podría estar fuertemente relacionado con deterioro de la memoria verbal, abstracción y *funciones ejecutivas*. Asimismo, estaría modestamente relacionado con problemas con la memoria de trabajo.

### ***3.5 Disfunción en la lateralidad***

Se han descrito fallos en el rendimiento de los sujetos esquizofrénicos que parecen derivarse de una disfunción en las funciones del hemisferio derecho (Bellini et al, 1988). Una disfunción de los circuitos corticales del hemisferio derecho encargados de integrar las áreas prefrontales, temporales y sensoriales primarias, podría explicar estos resultados (Nuechterlein et al, 1994). Los déficits más frecuentes relacionados a una **disfunción del hemisferio cerebral derecho** son básicamente cuatro:

- 1) Alteraciones en el sistema atencional, especialmente en el sistema visual (Mesulam, 1986; Nuechterlin et al, 1994). Se observa un peor rendimiento en la detección de dichos estímulos cuando aparecen en el hemicampo visual izquierdo, lo que parece indicar una disfunción en el hemisferio derecho (Elkins et al, 1992).

- 2) Disfunciones en la prosodia y significado figurativo, que parecen implicar al hemisferio derecho (Ostrosky-Solís, 1986; Cutting, 1992).
- 3) Mayor incidencia de extinción táctil en el lado izquierdo del cuerpo, que parece remitir a una disfunción del lóbulo parietal derecho (Scarone et al, 1982; 1987; Gambini et al, 1986).
- 4) Inadecuación en la interpretación de figuras complejas y en la interpretación de expresiones faciales. Aparentemente hay una fragmentación de la forma global con acentuación de detalles aislados, quedando incapacitados para la visualización global del conjunto (Benton, 1980; Magaro y Chamrad, 1983; David y Cutting, 1990, Cutting, 1992).
- 5) Los pacientes con esquizofrenia paranoide se mostraron un rendimiento deficitario en las Figuras Incompletas y en la prueba de Figuras Enmascaradas, obteniendo un rendimiento aceptable en las Figuras Ocluidas. Resultados que apuntan “a la implicación de disfunciones del hemisferio derecho” (González Rivero, 1997, p. 232).

No obstante, la hipótesis del déficit del hemisferio derecho resulta controvertida con respecto al conjunto de datos existentes sobre asimetría hemisférica, que sitúan la disfunción en el hemisferio dominante (Sanz de la Torre, Junqué y Pérez Rios, 1993). En este sentido, la evidencia proveniente de estudios neuroanatómicos, como la baja densidad de estructuras del hemisferio izquierdo, o el aumento de actividad dopaminérgica en la amígdala izquierda, y de estudios neuropsicológicos, como el bajo rendimiento en tareas que implican áreas frontales, parietales y temporales izquierdas, parece apoyar la hipótesis de una **disfunción del hemisferio izquierdo**. Los déficits más frecuentes relacionados son básicamente:

- 1) Hay bastante evidencia que apunta a una decantación preferentemente izquierda en las estructuras que presentan alteraciones, especialmente lóbulo temporal medial (Brown et al, 1986; Lohr y Caliguri, 1997). Se ha hallado hipodensidad relativa en el hemisferio izquierdo en 11 gemelos monocigóticos discordantes para la esquizofrenia comparados con sus respectivos hermanos (Reveley et al, 1987).
- 2) Deterioro en tests que suponen participación del lenguaje (Taylor y Abrams, 1984; Barr et al, 1989; Hoff et al, 1992).

- 3) Déficits en memoria verbal (Taylor y Abrams, 1984; Saykin et al, 1991; Gur et al, 1994), así como en aprendizaje contextual, que según Gray et al (1991) pueden suponer una patología en el hipocampo izquierdo.
- 4) Disfunciones en la percepción visual de estímulos presentados en el hemicampo visual derecho (Gur, 1978; Friedman et al, 1982; Posner et al,1988; Carter et al, 1992; Min y Oh, 1992). Deterioro en el rendimiento atencional al hemi-campo derecho (Carter et al, 1992; Harvey et al, 1993). Según Bracha (1993) esto remite a un déficit en el área parietal inferior. Este déficit atencional parece estar relacionado con el componente P300 del potencial evocado en el hemisferio izquierdo (Javitt et al, 1993).

El rendimiento de los sujetos esquizofrénicos en este tipo de tareas características del hemisferio izquierdo es similar al de aquellos pacientes con lesión en dicho hemisferio (Benton,1980; Posner, 1988). Por otra parte, existe cierta similitud entre la sintomatología positiva y la manifestada en la epilepsia del lóbulo temporal (Trimble, 1990; Bruton et al, 1994; Sachdev, 1998; Barr, 1997).

En una palabra: falla todo. ¿Cómo podemos integrar estos datos? Y más aún: ¿Cómo podemos integrar los datos que siguen llegando? ¿Seguiremos conformándonos recurriendo *ad infinitum* a las diferencias metodológicas entre las investigaciones? Los datos nos desbordan. Hay evidencia, mucha, demasiada, incongruente, contradictoria. Sabemos poco, ¡sabemos tan poco!¿o quizá sabemos demasiado?

En este punto necesitamos la ayuda de la teoría que vertebre todo esto. Necesitamos teoría. Para enfrentarnos al caos de la evidencia hay dos puntos de vista teóricos, dos aproximaciones opuestas y complementarias. La primera aproximación consiste en proponer un paradigma explicativo sencillo, que a todas luces pecará de ingenuo (se ve de lejos que no puede dar cuenta de la evidencia) y, sin embargo, plantea una primera incursión en la selva, una primera ruta. Es el caso de la hipótesis propuesta por T. Crow (1987, 2000) de una conexión disfuncional interhemisférica de origen filogenético. Huxley et al (1964) habían encontrado una paradoja al tratar de conciliar unos datos bien fundados que, por otra parte, están a la vista de todos: «La esquizofrenia es una condición genética en origen pero sobrevive en la población a pesar de una sustancial desventaja en la fecundidad». La magnitud de la desventaja es tal que cualquier predisposición genética debería haberse

eliminado de la población en unas pocas generaciones. Y sin embargo no ha sido así. He aquí la paradoja. Haciendo “caja negra” (desconsiderando el que sea precisamente esquizofrenia) estos autores encontraron la salida que habría de darse en un caso así: tendría que haber una ventaja genética que contrapesase la desventaja asociada a la esquizofrenia. Sin embargo, ellos propusieron una ventaja que se ha demostrado insostenible —una resistencia genética a las lesiones y al estrés. Retomando este planteamiento, la originalidad de Crow consiste en buscar la ventaja compensatoria en el propio ámbito de la desventaja: en el ámbito psicológico y conductual. Además, como la incidencia de la esquizofrenia se muestra independiente del entorno y parece ser una característica de las poblaciones humanas, quizá la esquizofrenia *sea* la condición humana. En síntesis, según Crow la esquizofrenia sería el coste por ser humanos. De los posibles candidatos ofrecidos por Kuttner et al (1967) —la capacidad social, la inteligencia y el lenguaje—, Crow sugiere que el lenguaje es la capacidad humana más característica del ser humano. El lenguaje es la variación que supuso el salto al ser humano implicando un desarrollo asimétrico de los hemisferios cerebrales. Cuando el proceso de diferenciación de esta asimetría es incompleto, la disfunción a que da lugar es la pérdida de la distinción entre pensamiento y habla; la distinción entre lo que *podría* decirse (pensamientos) y lo que *realmente* se dice (habla); de la distinción entre lo que se escucha y cómo se interpreta; y de la distinción adicional entre significados (pasivos) y pensamientos (activos). Por tanto, en última instancia, los síntomas nucleares de la esquizofrenia pueden entenderse como un fallo en el establecimiento de la dominancia en un componente clave del lenguaje en el hemisferio dominante, con la disrupción consiguiente del mecanismo que permite al hablante distinguir el habla del pensamiento ya sea el generado por él mismo o por los otros<sup>10</sup>.

Los puntos de vista teóricos de este tipo siguen un esquema de “ensayo y error”. El punto de vista opuesto consiste en avanzar desde terreno seguro. Por ejemplo, “la hipótesis de la desconexión”, donde se propone un fallo de la propia integración funcional en el cerebro (Friston, 1998; Tononi y Edelman, 2000), la cual parte de los estudios sobre los sustratos neurales de la consciencia basados en la “hipótesis del núcleo dinámico” (Tononi y Edelman, 1998). El estudio de las dos propiedades generales de la experiencia consciente, la integración y la diferenciación, ha llevado a proponer cuáles deberían ser las propiedades

---

<sup>10</sup> Aquí no hemos incluido las teorías especulativas en que se concreta su marco, como su hipótesis del flujo de información interhemisférico, los pormenores del sistema de lenguaje, ni sus hipótesis sobre genes o retrovirus.

generales de los procesos subyacentes a la experiencia consciente. Sin entrar en detalles, ésta se produce cuando se establece en el funcionamiento cerebral en un patrón, llamémosle, de integración diferenciada. La disfunción del sustrato de dicho funcionamiento implicará una alteración de la consciencia. Se llega a la conclusión que el sustrato no puede ser otro que una anomalía en la *plasticidad* neuronal y los sistemas neurales candidatos propuestos son los neuromoduladores (Friston et al, 1994), cuya función consiste en influir directamente en la plasticidad para el aprendizaje. Las estructuras más implicadas en la disfunción serían las mayor potencial plástico: el córtex prefrontal y el lóbulo temporal medial (amígdala, hipocampo, giro parahipocampal y córtex relacionado). Friston (1998, p. 123) enfatiza que el “síndrome de desconexión funcional no implica necesariamente un reducido número de conexiones anatómicas sino simplemente una influencia anormal de una población neuronal sobre otra”. Dicho esto, desconexiones anatómicas por lesión proporcionan buenos modelos. Por ejemplo, por la época en que Bleuler introdujo el término esquizofrenia, Wernicke propuso que la psicosis podría ser debida por la ruptura en los ‘órganos de conexión’, esto es, las fibras nerviosas que forman la materia blanca. Aunque en la esquizofrenia no se encuentra esta patología, trastornos de la materia blanca, como la leucodistrofia metacromática, proporcionan buenos modelos, particularmente cuando está implicado el córtex prefrontal (Hyde et al, 1992; Bruton et al, 1994). También hay estudios sobre conexiones aberrantes en trastornos del neurodesarrollo (Jacob y Beckman, 1986).

Un deterioro de la transferencia de información entre hemisferios cerebrales produciría una desregulación de ambos hemisferios (Barcia et al, 1990). Los resultados de los distintos estudios que sobre esta transferencia se han llevado a cabo apoyan la existencia de disfunción bilateral que afectará básicamente los lóbulos frontales y temporales (Cutting, 1979; Kolb y Whishaw, 1983; Berman y Weinberger, 1990; Calev et al, 1991; Weinberger et al, 1991), diferenciando distintos subgrupos de pacientes en función de la preferencia hemisférica: el llamado “síndrome de desequilibrio hemisférico” (Gruzelier, 1986; Gruzelier et al, 1988; Gruzelier y Raine, 1994). Una sobreactivación del hemisferio izquierdo explicaría el predominio de sintomatología positiva y estaría vinculada a un hipofuncionamiento del hemisferio derecho, mientras que una sobreactivación del hemisferio derecho implicaría un predominio de sintomatología negativa, junto a la existencia de un bajo nivel en tareas que implican al hemisferio izquierdo (Magaro y Chamrad, 1983; Flor-Henry, 1991; Wexler et al, 1991). Así como en la neurología clínica se entiende como síntomas positivos a aquellos

fenómenos de liberación (como la hiper-reflexia) debido a la pérdida de un sistema que inhibe un comportamiento particular, en esquizofrenia un deterioro de los sistemas atencionales podría asociarse a la liberación de síntomas positivos.

Una investigación de Early y colaboradores (1994) propone una pérdida asimétrica de la modulación dopaminérgica del estriado ventral izquierdo podría estar asociado a estos síntomas. Según estos autores, las intenciones diferentes del hemisferio derecho, puesta de manifiesto en pacientes con cerebro dividido (Gazzaniga, 1985), serían normalmente inhibidas por el hemisferio izquierdo a través del cuerpo calloso, lo cual podría ser importante para la experiencia de unidad conductual. Las funciones de las regiones prefrontales de la línea media (área motora suplementaria y córtex cingulado anterior) asociadas a la actividad intencional motora y cognitiva, se expresan a través de proyecciones al estriado y dependen del input dopaminérgico estriatal. Un input deficiente en las partes ventrales del estriado izquierdo podría interferir con las funciones de dominancia normal de dicho hemisferio. El deterioro de esta dominancia podría liberar las funciones de las regiones homólogas del hemisferio derecho, dando lugar a un control parcial del procesamiento por parte de éste y la generación de programas cognitivos que interfieran con los generados por el izquierdo. Por otra parte, la sintomatología negativa es similar a la abulia o mutismo cinético debido a lesiones de las regiones prefrontales de la línea media o de sus proyecciones ascendentes dopaminérgicas. Los síntomas negativos podrían deberse a una deficiencia de dopamina (Crow y Naylor, 1986). Finalmente, sugieren que los síntomas negativos podrían estar asociados a una reducción más bilateral en la modulación dopaminérgica, lo que representa una progresión más allá de la inestable dominancia hemisférica. En este sentido, Kircher et al (2002) demostraron que los pacientes esquizofrénicos con trastorno del pensamiento, un síntoma nuclear de la esquizofrenia, activaron el giro temporal derecho durante la producción del habla, a diferencia del grupo control sano, que activó el giro temporal izquierdo.

### ***3.6 Un modelo integrado***

Ahora ya empezamos a encontrar convergencia desde investigaciones y teorías muy diferentes entre sí. Desde el punto de vista objetivo parece haber una disfunción izquierda e incluso se evidencia un daño estructural. Desde el subjetivo (fenomenológico) parece haber una perturbación del derecho. No debemos perder de vista que el hemisferio izquierdo es

dominante para muchas funciones y comportamientos que son medio de control o influencia sobre otros comportamientos propios o ajenos, como por ejemplo el lenguaje. La disfunción de estos sistemas de control repercutiría necesariamente en el hemisferio derecho por partida doble: por una parte, asumiendo algunas de estas funciones y, por otra, generando unas vivencias distorsionadas que le son propias.

Una vulnerabilidad original (por ejemplo, un déficit de plasticidad neuronal, lentitud de transmisión, etc.) debuta creando un daño fisiológico inicial difuso (como, p.e., dice la hipótesis de la desconexión) que repercute principalmente a los sistemas más delicados, a los de más reciente evolución (p.e., el córtex prefrontal). Dependiendo del daño original, se producirán sobreactivaciones o inhibiciones de zonas cerebrales directamente relacionadas con los sistemas de control, con la consiguiente re-estructuración funcional. Esto explicaría una heterogeneidad de signos y síntomas alrededor de un denominador común: la alteración de los sistemas de control. En primer lugar, el hemisferio izquierdo suele ser dominante en las funciones de control. No es de extrañar que hallemos una preponderancia objetiva de un daño funcional, e incluso estructural, relacionado con el hemisferio dominante. En segundo lugar, el hemisferio derecho es dominante en las funciones de lo que podríamos llamar “autoconsciencia”. Si áreas de este hemisferio tienen que realizar las funciones de sus homólogas deterioradas, esto puede ir en menoscabo de sus propias funciones cognitivas y emocionales. Por otra parte, su sostenimiento del control será pobre y lento. Pobre, por falta de especialización y lento, por la lejanía neural hemisférica. Finalmente, la conciencia de control del sujeto, la sensación de que nuestro “yo” es el agente de nuestra conducta, puede verse alterada. En estas sensaciones está profundamente implicado el hemisferio derecho (véase Damasio, 1999), por lo que no es de extrañar que todas aquellas investigaciones de acercamiento fenomenológico encuentren una implicación del hemisferio no dominante.

En cualquier caso, para lo que nos interesa a nosotros, podemos concebir que la esquizofrenia implica necesariamente una afectación de los mecanismos atencionales de control consciente.

## REFERENCIAS

- Aleman, A, Hijman, R, de Haan, EH y Kahn, RS (1999). Memory impairment in schizophrenia: a meta-analysis. *American Journal of Psychiatry*, 156, 1358-66.
- Andreasen, NC (1981). *Scale for the assessment of negative symptoms (SANS)*. Iowa: Univ. of Iowa.
- Andreasen, NC (1982). Negative symptoms in schizophrenia: definition and validation. *Archives of General Psychiatry*, 39, 784-788.
- Andreasen, NC (1984). *Scale for the assessment of positive symptoms (SAPS)*. Iowa: Univ. of Iowa.
- Andreasen, NC, Flaum, M, Swayze, VW, Tyrrell, G y Arndt, S (1990). Positive and negative symptoms of schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 47, 615-621.
- Andreasen, NC y Olsen, SA (1982). Negative vs. positive schizophrenia: definition and validation. *Archives of General Psychiatry*, 39, 789-94.
- Andreasen, NC, Paradiso, S y O'Leary, DS (1998). "Cognitive dysmetria" as an integrative theory of schizophrenia. Assessment with Xenon 133 SPECT and the Tower of London. *Schizophrenia Bulletin*, 24, 203-18.
- Andreasen, NC, Rezaei, K, Alliger, R, Swayze, VW, Flaum, M, Kirchner, P, Cohen, G y O'Leary, DS (1992). Hypofrontality in neuroleptic-naive patients and in patients with chronic schizophrenia. Assessment with Xenon 133 SPECT and the Tower of London. *Archives of General Psychiatry*, 49, 943-58.
- Arndt, S, Andreasen, NC, Flaum, M, Miller, D y Nopoulos, P (1995). A longitudinal study of symptom dimensions in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 52, 352-360.
- Barch, DM y Carter, CS (1998). Selective attention in Schizophrenia: relationship to verbal working memory. *Schizophrenia Research*, 33, 53-61.
- Barch DM, Carter CS, Cohen JD (2004). Factors influencing Stroop performance in schizophrenia. *Neuropsychology*, 18, 477-84.
- Barcia, D (1990). Contribución al conocimiento de la lateralidad hemisférica y el procesamiento de la información en la esquizofrenia. *Psiquiatría Dinámica y Psicoterapia*, 1, 7-18.
- Barr, WB, Ashtari, M, Bilder, RM, Degreef, G y Liberman, A (1997). Brain morphometric comparison of first-episode schizophrenia and temporal lobe epilepsy. *British Journal of Psychiatry*, 170, 515-519.
- Barr, WB, Bilder, RM, Goldberg, E, Kaplan, E y Murkherjee, S (1989). The neuropsychology of schizophrenic speech. *Journal of Communication Disorders*, 22, 327-349.

- Barrera, A, McKenna, PJ y Berrios, GE (2005). Formal thought disorder in schizophrenia: an executive or a semantic deficit? *Psychological Medicine*, 35, 121-32.
- Bellini, L, Gambini, O, Palladino, F y Scarone, S (1988). Neuropsychological assessment of functional central nervous system disorders. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 78, 242-246.
- Benton, AL (1980). The neuropsychology of facial recognition. *American Psychologist*, 35, 176-186.
- Berman, KF y Weinberger, DR (1990). Lateralization of cortical function during cognitive tasks: regional cerebral blood flow studies of normal individuals and patients with schizophrenia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 53, 150-160.
- Bleuler, E (1911). Dementia praecox oder die Gruppen der Schizophrenie. En: G. Aschaffengbur, *Handbuch der Psychiatrie*. Leipzig: Deuticke.
- Bracha, HS (1993). How old is the lesion presenting as schizophrenia? Relevance to the laterality question. *Archives of General Psychiatry*, 47, 393.
- Braff, DL (1993). Information processing and attention dysfunctions in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 19, 233-259.
- Brown, R, Colter, N, Corsellis, JA, et al. (1986). Postmortem evidence of structural brain changes in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 43, 36-42.
- Brown, KW y White, T (1992). Syndroms of chronic schizophrenia and some clinical correlates. *British Journal of Psychiatry*, 161, 317-322.
- Bruton, MD, Stevens, JR y Frith, CD (1994). *Neurology*, 44, 34-42.
- Calev, A, Edelist, S, Kugelmass, S y Lerer, B (1991). Performance of long-stay schizophrenics and matched verbal and visuospatial recall tasks. *Psychological Medicine*, 21, 655-660.
- Carpenter, WT Jr, Heinrichs, DW y Wagman, AMI (1988). Deficit and nondeficit forma of Schizophrenia: the concept. *American Journal of Psychiatry*, 145, 578-83.
- Carter, CS, Robertson, LC, Chardejian, MR, Celaya, LJ y Nordahl, TE (1992). Attentional asymmetry in schizophrenia: controlled and automatic processes. *Biological Psychiatry*, 31, 909-908.
- Chan, RC, Chen, EY y Law, CW (2006). Specific executive dysfunction in patients with first-episode medication-naïve schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 15, 51-64.
- Chen, EYH, Wong, AWS, Chen, RYL y Au, JWY (2001). Stroop interference and facilitation effects first-episode schizophrenic patients. *Schizophrenia Research*, 48, 29-44.
- Cornblatt, JR, Lenzenweger, MF, Dworkin, RH y Erlenmeyer-Kimling, L (1992). Childhood attentional dysfunctions predict social deficits in unaffected adults at risk for schizophrenia. *British Journal of Psychiatry, Supp*, (18), 59-64.

- Crow, TJ (1987). Temporolimbic or transcallosal connections: where is the primary lesion in schizophrenia and what is its nature? *Schizophrenia Bulletin*, 23, 521-523.
- Crow, TJ (1980). The molecular pathology of schizophrenia: more than one disease process? *British Medical Journal*, 280, 66-68.
- Crow, TJ (1985). The two-syndrome concept: origins and current status. *Schizophrenia Bulletin*, 11, 471-474.
- Crow, TJ (2000). Schizophrenia as the price that Homo sapiens pays for language: a resolution of the central paradox in the origin of the species. *Brain research Reviews*, 31, 118-129.
- Crow, TJ y Naylor, RJ (1986). Neurotransmitter hypothesis of schizophrenia. En PB Bradley y SR Hirsch (Eds.) *The psychopharmacology and treatment of schizophrenia* (p. 135). Oxford: Oxford Medical Publications.
- Cutting, J (1979). Memory in functional psychosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 42, 1031-1037.
- Cutting, J (1992). The role of right hemispheric dysfunction in psychiatric disorders. *British Journal of Psychiatry*, 160, 583-588.
- de Leon J, Simpson, GM y Peralta, V (1992). Positive and negative symptoms in schizophrenia: where are the data? *Biological Psychiatry*, 31, 431-434.
- Damasio, AR (1999). *The feeling of what happens*. London: William Heineman.
- David, AS y Cutting, JC (1990). Affect, affective disorder and schizophrenia: a neuropsychological investigation of right hemisphere function. *British Journal of Psychiatry*, 156, 491-495.
- Dunkley, G y Rogers, D (1994). The cognitive impairment of severe psychiatric illness. En J. Cutting y A. David (Eds.) *The neuropsychology of schizophrenia*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Early, TS, Haller, JW, Posner, MI y Raichle, M (1994). The left striato-pallidal hyperactivity model of schizophrenia. En David, AS y Cutting JC (Eds). *The neuropsychology of schizophrenia* (pp. 15-37) Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. United Kingdom: Hove.
- Elkins, I J, Cromwell, RJ y Asarnow, RF (1992). Span of apprehension in schizophrenic patients as a function of distractor masking and laterality. *Journal of Abnormal Psychology*, 101, 53-60.
- Everett, J, Laplante, L y Thomas, J (1989). The selective attention deficit in schizophrenia. Limited resources or cognitive fatigue? *The Journal of Nervous Mental Disorders*, 177, 735-738.
- Flor-Henry, P (1991). The future of neuropsychological research in schizophrenia. En SR Steinhauer, JH Gruzelier y J. Zubin (Eds.) *Neuropsychology, psychophysiology and information processing, Vol. 5* (Chap. 23) Amsterdam: Elsevier.

- Friedman, A, Polson, MC, Dafoe, CG y Gaskill, SJ (1982). Dividing attention within and between hemispheres. Treating a multiple resources approach to limited-capacity information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perceptual Performance*, 8, 625-650.
- Friston, KJ (1998). The disconnection hypothesis. *Schizophrenia Research*, 30, 115-125.
- Friston, KJ, Tononi, G, Reeke, GN Jr, Sporns, O y Edelman, GM (1994). Value-dependent selection in the brain: simulation in a synthetic neural model. *Neuroscience*, 59, 229-243.
- Frith, CD (1987). The positive and negative symptoms of schizophrenia reflect impairment in the perception and initiation the action. *Psychological Medicine*, 17, 631-648.
- Frith, CD (1992). *The Cognitive Neuropsychology of Schizophrenia*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Edición en castellano: *La esquizofrenia: un enfoque neuropsicológico cognitivo*. Barcelona: Ariel, 1995.
- Frith, CD y Done, DJ (1989). Towards a neuropsychology of schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, 154, 414-18.
- Frith, CD, Leary, J, Cahill, C y Johnston, EC (1991). Performance on psychological tests. Demographic and clinical correlates of the results of these tests. En EC Johnstone (Ed.) *Disabilities and circumstances of schizophrenic patients: A follow-up study*. *British Journal of Psychiatry*, 159, suplemento 13, 26-29.
- Gazzaniga, MS (1985). *The Social Brain*. New York: Basic Books. Edición en castellano: *El cerebro social*. Madrid: Alianza Editorial, 1993.
- Gold, JM, Carpenter, C, Randolph, C, Goldberg, TE y Weinberger, DR (1997). Auditory working memory and Wisconsin Card Sorting Test performance in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 54, 159-165.
- Goldberg, TE, Aloia, MS, Gourovitch, ML, Missar, D, Pickar D y Weinberger DR (1998a). Cognitive substrates of thought disorder, I: the semantic system. *American Journal of Psychiatry*, 155, 1671-76.
- Goldberg, TE, Egan, MF, Gsheidle, T, Coppola, R, Weickert, T, Kolachana, BS, Goldman, D y Weinberger, DR (2003). Executive subprocesses in working memory: relationship to COMT val 158Met Genotype and schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 60, 889-96.
- Goldberg, TE, Hyde, TM, Kleinman, JE y Weinberger, DR (1993). Course of schizophrenia: neuropsychological evidence for static encephalopathy. *Schizophrenia Bulletin*, 19, 51-58.
- Goldberg, TE, Kelsoe, JR, Weinberger, DR, Pliskin, NH, Kirwin, PD y Berman, KF (1988). Performance of schizophrenic patients on putative neuropsychological tests of frontal lobe function. *The International Journal of Neuroscience*, 42, 51-58.

- Goldberg TE, Patterson KJ, Taquu Y, Wilder K (1998b). Capacity limitations in short-term memory in schizophrenia: tests of competing hypotheses. *Psychological Medicine*, 28, 665–673.
- Goldberg, TE, Saint-Cyr, JA y Weinberger, DR (1990). Assessment of procedural learning and problem solving in schizophrenic patients by Tower of Hanoi Type tasks. *Journal of Neuropsychiatry in Clinical Neuroscience*, 2, 165-73.
- Goldberg, TE, Weinberger, DR, Berman, KF, Pliskin, NH y Podd, MH (1987). Further evidence for dementia of the prefrontal type in schizophrenia? A controlled study of teaching the Wisconsin Card Sorting Test. *Archives of General Psychiatry*, 44, 1008-14.
- González Rivero, Y. (1997). *Estudio de los factores perceptivos en los trastornos esquizofrénicos*. Universidad Autónoma de Barcelona. Tesis doctoral.
- Grapperon, J y Delage, M (1999). [Stroop test and schizophrenia] *Encephale*, 25, 50-8. Review. French
- Gray, JA, Feldon, J, Rawlins, JNP, Hemsley, DR y Smith, AD (1991). The neuropsychology of schizophrenia. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 1-84.
- Green, MF (1996). What are the functional consequences of neurocognitive deficits in schizophrenia? *American Journal of Psychiatry*, 153, 321-330.
- Green, MF y Nuechterlein, KH (1999). Should schizophrenia be treated as a neurocognitive disorder? *Schizophrenia Bulletin*, 25, 309-19.
- Gruzelier, JH (1986). Theories of lateralised and interhemispheric dysfunction in syndroms of schizophrenia. En GD Burrows, TR Norman y G Rubistein (Eds.) *Handbook of studies of schizophrenia. Part II: management and research* (Chap. 12) Amsterdam: Elsevier.
- Gruzelier, J y Raine, A (1994). Bilateral electrodermal activity and cerebral mechanisms in syndroms of schizophrenia and the schizotypal personality. *International Journal of Psychophysiology*, 16, 1-16.
- Gruzelier, J, Seymour, K, Wilson, L, Jolley, A y Hirsch, S (1988). Impairments of neuropsychological tests of temporohippocampal functions and word fluency in remitting schizophrenia and affective disorders. *Archives of General Psychiatry*, 45, 623-629.
- Gur, R (1978). Left hemisphere dysfunction and left hemisphere overactivation in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 87, 226-238.
- Gur, RE, Jaggi, JL, Shtasel, DL, Ragland, JD y Gur, RC (1994). Cerebral blood flow in schizophrenia: effects of memory processing on regional activation. *Biological Psychiatry*, 35, 3-15.
- Harvey, SA, Nelson, E, Haller, JW y Early, TS (1993). Lateralized attentional abnormality in schizophrenia is correlated with severity of symptoms. *Biological Psychiatry*, 33, 93-99.

- Heaton, RK, Baade, LE y Jonson, KL (1978). Neuropsychological test results associated with psychiatric disorders in adults. *Psychological Bulletin*, 85, 141-162.
- Heinrichs, RW y Zakzanis, KK (1998). Neurocognitive deficit in schizophrenia: a quantitative review of the evidence. *Neuropsychology*, 12, 426-445.
- Henry, JD y Crawford, JR (2005). A meta-analytic review of verbal fluency deficits in schizophrenia relative to other neurocognitive deficits. *Cognitive Neuropsychiatry*, 10, 1-33.
- Hoff, AL, Riordan, H, O'Donnell, DW, Morris, L y DeLisi, LE (1992). Neuropsychological functioning of first-episode schizophrenics. *American Journal of Psychiatry*, 149, 898-903.
- Huxley, J, Mayr, E, Osmond, H y Hoffer A (1964). Schizophrenia as a genetic morphism. *Nature*, 201, 220-221.
- Hyde, TM, Ziegler, JC y Weinberger, DR (1992). Insights into the neurobiology of psychosis. *Archives of Neurology*, 49, 401-406.
- Ihara, H, Berrios, GE y MacKenna, PJ (2003). The association between negative and dysexecutive syndromes in schizophrenia: a cross-cultural study. *Behavioural Neurology*, 14, 63-74.
- Iwanami, A, Okajima, Y, Kuwakado, D, Isono, H, Kasai, K, Hata, A, Nakagome, K, Fukuda, M y Kamijima K (2000). Event-related potentials and thought disorder in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 42, 187-91.
- Jacob, H y Beckman, H (1986). Prenatal development disturbances in the limbic allocortex in schizophrenics. *J. Neural Trans.*, 65, 303-326.
- Javitt, DC, Doneshka, P, Zylberman, I, Ritter, W y Vaughan, HG Jr (1993). Impairment of early cortical processing in schizophrenia: an event-related potential confirmation study. *Biological Psychiatry*, 33, 513-519.
- Johnston, EC y Frith, CD (1996). Validation of three dimensions of schizophrenic symptoms in a large unselected sample of patients. *Psychological Medicine*, 26, 669-679.
- Johnson-Selfridge, M y Zalewski, C (2001). Moderator variables of executive functioning in schizophrenia: meta-analytic findings. *Schizophrenia Bulletin*, 27, 305-316.
- Junque, C y Barroso, J (1995). *Neuropsicología*. Madrid: Síntesis.
- Keefe, RSE (2000). Working memory dysfunction and its relevance to schizophrenia. En *Cognition and Schizophrenia Impairments: Importance and Treatment Strategies*. T Sharma y P Harvey (Eds.) Oxford, UK, Medical Publications (pp. 16-50)
- Kibel, DA, Laffont, I y Liddle, PF (1993). The composition of the negative syndrome of chronic schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, 162, 744-750.
- Kircher, T, Liddle, P, Brammer, M, Murray, R y McGuire, P (2003). [Neural correlates of 'negative' formal thought disorder.] *Nervenarzt.*, 74, 748-54. [en alemán]

- Kircher, TT, Liddle, PF, Brammer, MJ, Williams, SC, Murray, RM y McGuire, PK (2002). Reversed lateralization of temporal activation during speech production in thought disordered patients with schizophrenia. *Psychological Medicine*, 32, 439-49.
- Kirihara, K, Araki, T, Kasai, K, Maeda, K, Hata, A, Uetsuki, M, Yamasue, H, Rogers, MA, Kato, N e Iwanami, A. (2005). Confirmation of a relationship between reduced auditory P300 amplitude and thought disorder in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 80, 197-201.
- Kostova, M, Passerieux, C, Laurent, JP y Hardy-Bayle, MC (2005). N400 anomalies in schizophrenia are correlated with the severity of formal thought disorder. *Schizophrenia Research*, 78, 285-91.
- Kuttner, RE, Lorincz, AB y Swan, DA (1967). The schizophrenia gene and social evolution. *Psychological Reports*, 20, 407-12.
- Kolb, B y Wishaw, IQ (1983). Performance of schizophrenic patients on tests sensitive to left or right frontal, temporal or parietal function in neurological patients. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 171, 435-443.
- Kraepelin, E (1919). *Dementia praecox and paraphrenia*. Edinburgh: E & S Livingstone.
- Laws, KR (1999). A meta-analytic review of Wisconsin Card Sort studies in schizophrenia: general intellectual deficit in disguise? *Cognitive Neuropsychiatry*, 4, 1-30.
- Levin, S (1984). Frontal lobe dysfunctions in schizophrenia, II. Impairments of psychological and brain functions. *Journal of Psychiatric Research*, 18, 57-72.
- Levin, S, Yurgelun-Todd, D y Craft, S (1989). Contributions of clinical neuropsychology to the study of schizophrenia. *Journal of abnormal Psychology*, 98, 341-56.
- Liddle, PF (1984). *Chronic Schizophrenic symptoms, cognitive function and neurological impairment*. Thesis, University of Oxford.
- Liddle, PF (1987a). The symptoms of chronic schizophrenia: a re-examination of the positive-negative dichotomy. *British Journal of Psychiatry*, 151, 145-151.
- Liddle, PF (1987b). Schizophrenic syndroms, cognitive performance and neurological dysfunction. *Psychological Medicine*, 17, 49-57.
- Liddle, PF (1994). Volition and schizophrenia. En David, AS y Cutting JC (Eds). *The neuropsychology of schizophrenia* (pp. 39-49) Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. United Kingdom: Hove.
- Liddle, PF, Barnes, TR, Morris, D y Haque, S. (1989). Three syndromes in chronic schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, suppl, 7, 119-22.
- Liddle, PF y Morris, DL (1991). Schizophrenic syndromes and frontal lobe performance. *British Journal of Psychiatry*, 158, 145-51.

- Lohr, JB y Caliguri, MP (1997). Lateralized hemispheric dysfunction in the major psychotic disorders: historical perspectives and findings from a study of motor asymmetry in older patients. *Schizophrenia Research*, 27, 191-8.
- McGrath, J (1991). Ordering thoughts on thought disorder. *British Journal of Psychiatry*, 158, 307-16.
- McGuire, PK, Quested, D, Spence, S, Murray, R, Frith, C y Liddle, P (1998a). Pathophysiology of 'positive' thought disorder in schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, 173, 231-5.
- McGuire, PK, Quested, D, Spence, S, Murray, R, Frith, C y Liddle, P (1998b). Distinct neural correlates of 'positive' and 'negative' thought disorder. *Schizophrenia Research*, 29, 111.
- Magaro, PA y Chamrad, DL (1983). Hemispheric preference of paranoid and non-paranoid schizophrenics. *Biological Psychiatry*, 18, 1269-1285.
- Mesulam, MM (1986). Una red cortical para la atención dirigida y la hemi-inatención. En F. Ostrosky-Solís y A. Ardila (Eds.) *Hemisferio derecho y conducta. Un enfoque neuropsicológico* (Cap. 3) Trillas.
- Min, SK y Oh, BH (1992). Hemispheric asymmetry in visual recognition of words and motor response in schizophrenic and depressive patients. *Biological Psychiatry*, 31, 255-262.
- Mirsky, AF (1969). Neuropsychological bases of schizophrenia. *Annual Review of Psychology*, 20, 321-348.
- Mirsky, AF, Yardley, SL, Jones, BP, Walsh, D y Kendler, KS (1995). Analysis of attention deficit in schizophrenia: a study of patients and their relatives in Ireland. *Journal of Psychiatric Research*, 29, 23-42.
- Monserrat, A, Pérez-poza, A y Puigdevall, M (1999). Manifestaciones psiquiátricas en un caso de Enfermedad de Huntington. *Psiquis*, 20, 39-41.
- Nuechterlin, KH, Buchsbaum, MS y Dawson ME (1994). Neuropsychological vulnerability to schizophrenia. En David, AS y Cutting JC (Eds). *The neuropsychology of schizophrenia* (pp. 53-77) Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. United Kingdom: Hove.
- Nestor, PG, Shenton, ME, Wible, C, Hokama, H, O'Donnell, BF Law, S, y McCarley, RW (2000). A neuropsychological analysis of schizophrenic thought disorder. *Schizophrenia Research*, 41, 473-5.
- Oram, J, Geffen, GM, Geffen, LB, Kavanagh, DJ y McGrath, JJ (2005). Executive control of working memory in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 135, 81-90.
- Ostrosky-Solís, F (1986). Funciones del hemisferio derecho y desarrollo del lenguaje: una reseña de las investigaciones neuropsicológicas y neurolingüísticas. En F. Ostrosky-Solís y A. Ardila (Eds.) *Hemisferio derecho y conducta. Un enfoque neuropsicológico* (Cap. 7) Trillas.

- Pantelis, C, Barnes, TR y Nelson, HE (1992). Is the concept of frontal-subcortical dementia relevant to schizophrenia? *British Journal of Psychiatry*, 160, 442-460.
- Pantelis, C, Barnes, TRE, Nelson, HE, Tanner, S, Weatherley, AM, Owen, AM y Robbins, TW (1997). Frontal-striatal cognitive deficits in patients with schizophrenia. *Brain*, 120, 1823-43.
- Peralta, V y Cuesta, M J (1994). Psychometric properties of the Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 53, 31-40.
- Posner, MI (1988). Asymmetries in hemispheric control of attention in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 45, 814-821.
- Reveley, MA, Reveley, AM y Baldy R (1987). Left cerebral hemisphere hypodensity in discordant schizophrenic twins. *Archives of General Psychiatry*, 44, 625-632.
- Sachdev, MD (1998). [Psicosis esquizofreniforme y epilepsia: estado de la asociación.] *American Journal of Psychiatry*, 155, 325-336. En inglés.
- Sanz de la Torre, JC, Junqué, C y Pérez Rios, M (1993). Neuropsicología de la esquizofrenia. *Psiquis*, 14, 15-29.
- Saykin, AJ, Gur, RE, Mozley, PD, Mozley, LH, Resnick, SM, Kester, DB y Stafiniak, P (1991). Neuropsychological function in schizophrenia. Selective impairment in memory and learning. *Archives of General Psychiatry*, 48, 618-624.
- Scarone, S, Pieri, E, Gambini, O, Massironi, R y Cazullo, CL (1982). The asymmetric lateralization of tactile extinction in schizophrenia: the possible role of limbic and frontal regions. *British Journal of Psychiatry*, 141, 350-353.
- Scarone, S, Gambini, O, Hagele, E, Belladi, L y Smeraldi, E (1987). Neurofunctional assessment of schizophrenia: a preliminary investigation of the presence of eye-tracking (SPEMs) and quality extinction test (QET) abnormalities in a sample of schizophrenic patients. *Biological Psychiatry*, 24, 253-259.
- Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T, Burgess, P y Frith, CD (1991). Can the neuropsychological case-study approach be applied to schizophrenia? *Psychological Medicine*, 21, 661-673.
- Schneider, K. (1950). *Klinische Psychopathologie*. Stuttgart: Thieme.
- Silver, H, Feldman, P, Bilker, W y Gur, RC (2003). Working memory deficit as a core neuropsychological dysfunction in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 160, 1809-1816.
- Stirling, J, Hellewell, J, Blakey, A y Deakin, W (2006). Thought disorder in schizophrenia is associated with both executive dysfunction and circumscribed impairments in semantic function. *Psychological Medicine*, 36, 475-84.

- Stroop, JR (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Taylor, MA y Abrams, R (1984). Cognitive impairments pattern in schizophrenia and affective disorders. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 50, 895-9.
- Tononi, G y Edelman GM (2000). Consciousness and complexity. *Science*, 282, 1846-51.
- Tononi, G y Edelman GM (2000). Schizophrenia and the mechanisms of conscious integration. *Brain Research Reviews*, 31, 391-400.
- Trimble, MR (1990). First-rank symptoms of Schneider. A new perspective? *British Journal of Psychiatry*, 156, 195-200.
- van Beilen M, Pijnenborg M, van Zomeren EH, van den Bosch RJ, Withaar FK y Bouma A (2004). What is measured by verbal fluency tests in schizophrenia? *Schizophrenia Research*, 69, 267-76.
- Weinberger, DR, Suddath, RL, Casanova, MF, Torrey, EF y Kleinman, JE (1991). Crow's lateralization hypothesis for schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 48, 85-87.
- Wexler, BE, Giller, EL Jr y Southwick, S (1991). Cerebral laterality, Symptoms and diagnosis in psychotic patients. *Biological Psychiatry*, 29, 103-116.



## 4- TAREA PROBABILÍSTICA DE DOS OPCIONES:

### Antecedentes neuropsicológicos

Para resolver la tarea probabilística de dos opciones es necesario seguir la estrategia de maximización (elegir siempre la opción más probable). Sin embargo, los sujetos normales suelen usar la estrategia de probability matching o “ajuste de probabilidades”. Se trata de una estrategia subóptima, pero que puede dar resultado en tareas donde se buscan reglas tales como las tareas de aprendizaje de conceptos. Aunque la tarea probabilística no es de este tipo (no existe regla que encontrar), simula la primera fase de ésta —la fase de búsqueda de un patrón—, y es indistinguible de ella. En este sentido, está relacionada con las tareas ejecutivas, y podría estar sondeando un componente más o menos puro: búsqueda de patrones o reglas.

#### *4.1 El módulo de búsqueda de patrones y reglas*

La extracción de regularidades de secuencias temporales de sucesos es central para la cognición humana. Identificando patrones, la gente forma predicciones sobre los sucesos por venir. La evidencia conductual indica que la identificación de patrones en las secuencias de sucesos es automática y obligatoria. Los estudios de aprendizaje secuencial implícito muestran mejoras en la ejecución en la tarea incluso cuando los sujetos no se han percatado de la existencia de patrones temporales (Cohen, Ivry y Keele, 1990; Curran y Keele, 1883; Willingham, Nissen y Bullemer, 1989; Nissen y Bullemer, 1987). La gente identifica estructuras en secuencias temporales a pesar de las consecuencias muchas veces negativas de esperar equivocadamente un patrón (Tversky y Kahneman, 1985), tal como al predecir con una máquina tragaperras o un billete de lotería (Hardoon et al, 2001). “El sistema cognitivo humano identifica patrones en secuencias de sucesos, sin considerar si existe verdaderamente un patrón” (Huettel, Mack y McCarthy, 2002, p. 485).

Durante un **paradigma de dos opciones** en el que se estudiaron violaciones de secuencias de patrones más o menos establecidos, Huettel et al (2002) encontraron actividad cerebral en regiones prefrontales previamente asociadas a memoria de trabajo, alternancia de tareas y detección de estímulos. La actividad evocada dependió críticamente de la longitud de la secuencia antes de la violación del patrón, presentada 14 segundos antes. Como los sujetos

realizaban la misma tarea en cada ensayo, los autores concluyen que “el córtex prefrontal, específicamente las regiones dorsolateral anterior y postero-inferior, evalúan modelos mentales predictivos de sucesos a punto de venir en una base de momento a momento [...] *el reconocimiento de patrones es un proceso obligatorio* y dinámico que incluye la extracción de una estructura local a partir de secuencias aleatorias. [Obligatorio, en el sentido de que] sucede sin ningún esfuerzo atencional consciente y que el patrón identificado de regiones prefrontales es diferente del que se activa cuando se aprende conscientemente una secuencia de estímulos.” (Huettel et al, 2002, p. 488-9; la cursiva es nuestra). El córtex prefrontal está realmente procesando de manera activa y dinámica la información del entorno; está preparando al organismo para cambiar su conducta en respuesta a algo que está ocurriendo, y no repitiendo de manera pasiva.

No son raras las observaciones incidentales de sujetos que tienden a buscar patrones en sucesos aleatorios (Jarvik, 1951, Jenkins, 1959; Nies, 1962; Wright, 1960, 1962; Yellott<sup>11</sup>, 1969; Elliott, Frith y Dolan, 1997). Elliot et al (1997), por ejemplo, tras administrar una tarea de predicción, pidieron a los sujetos que describiesen cómo habían realizado su secuencia de elecciones. Muchos produjeron teorías basadas en patrones espurios. Asimismo, en una tarea de formación de conceptos, Jenkins (1959) encontró que cuanto más alta era la probabilidad del reforzamiento no contingente, más sujetos tendían a converger en una operación o regla para generar sus respuestas. Él notó que las reglas, más que las respuestas, parecían establecerse por este proceso. Ya que las reglas “aprendidas” eran de hecho supersticiosas y no guardaban una relación contingente con el refuerzo, era imposible predecir qué regla particular construiría, pero el grado de convergencia parecía estar regularmente controlado por la probabilidad del reforzamiento no contingente establecido por el experimentador. Wright (1962) diseñó un experimento para comprobar esta propuesta manipulando el grado de contingencia-azar entre respuesta y refuerzo, encontrando que los patrones de respuesta más complejos ocurrieron, consistentemente, cuando la incertidumbre del resultado era máxima. Todo esto dirige nuestra atención hacia la impredecibilidad. Gazzaniga (1998a) describe un comportamiento típico ante un problema en que el sujeto tiene que ir diciendo números del uno al cien que guarden una norma en la que está pensando el experimentador. Éste sólo le responde con un “sí” o un “no” si el número propuesto es adecuado. Por supuesto, no existe

---

<sup>11</sup> Sobre las observaciones de Yellott (1969) puede consultarse la sección 2.10 de la introducción.

norma alguna. Las respuestas ‘sí-no’ son aleatorias, terminando con unos cuatro “sí” seguidos, diciéndole que lo está haciendo muy bien y preguntándole cuál es su teoría:

Por increíble que parezca, todos elaboran una teoría. El adivinador suele jactarse de su éxito hasta que le preguntan cuál es su teoría. En ese momento espeta una serie de vacilantes disparates... Pero no sorprende que intente elaborar una hipótesis... No, lo curioso es que intenta discernir un orden donde no hay ninguno y, sobre todo, que después de proponer una teoría se la cree” (Gazzaniga, 1998a, pp. 199-200).

#### ***4.2 La impredecibilidad***

Aparentemente, el área dorsolateral del córtex prefrontal es sensible a la impredecibilidad, un tipo de incertidumbre (Zeki y Marini, 1998; Fink et al, 1999), pero no directamente al error. Por ejemplo, en un paradigma de aprendizaje asociativo causal se encontró que el córtex prefrontal dorsolateral derecho mostraba un patrón de activación altamente específico: inicialmente alto, reduciéndose a medida que aumentaba el aprendizaje y reactivándose nuevamente en respuesta a la sorpresa (Fletcher et al, 2001). Estos resultados son consistentes con el modelo actual sobre el papel del córtex prefrontal donde la detección del error o conflicto estaría asociada al cíngulo anterior y la resolución del conflicto al dorsolateral. Un análisis conductual riguroso ha establecido que la *impredecibilidad* es el *sine qua non* del aprendizaje (Schultz y Dickinson, 2000, p.474):

La forma de aprender basada en los errores de predicción capacita a la conducta para adaptarse a la estructura causal y predictiva del entorno. La capacidad de conocer señales para sucesos motivacionalmente significativos, usualmente denominados reforzadores, puede tener una importante influencia en la adaptación biológica facilitando el impacto de sucesos apetitivos y atractivos y mitigando los efectos de los sucesos nocivos o aversivos. En muchos casos, las reacciones desencadenadas por una señal están controladas solamente por la relación predictiva entre la señal y el reforzador. Esta forma de aprendizaje predictivo es manifiesta en el condicionamiento clásico o pavloviano. En cambio, en el condicionamiento instrumental, las señales vienen a controlar reacciones alteradas o nuevas a través de la experiencia con la relación causal entre la reacción y el reforzador. [...] Así, mientras el condicionamiento pavloviano permite la anticipación de sucesos biológicos importantes, el condicionamiento instrumental capacita a la persona a controlar la ocurrencia de estos sucesos. Así, el aprendizaje predictivo y causal manifestado en estas dos formas de condicionamiento es un proceso central del comportamiento adaptativo e inteligente.

Desde un lenguaje más epistemológico: para tomar conciencia de una realidad es necesaria la contrafactividad y esta se capta por la impredecibilidad.

#### ***4.3 La dinámica del módulo buscador de reglas: disociación con la respuesta ventajosa***

El módulo dedicado a la búsqueda de patrones y la inducción de reglas funcionaría siempre en contra —o al margen— del provecho inmediato, sin otra utilidad pragmática que el hallar patrones en sí mismos. Una vez el patrón es reconocido como tal (posiblemente por la reducción de incertidumbre que supone), otro módulo se encargaría del proceso de decisión. En otras palabras, sería responsabilidad de otro módulo escoger, seleccionar y utilizar los patrones y las reglas generadas por el módulo de búsqueda. Como han demostrado Bechara, Damasio, Tranel y Anderson (1998, p. 436), “la capacidad de seleccionar una respuesta ventajosa desde una disposición de opciones de respuesta es probablemente diferente de la memoria de trabajo, de la inhibición de respuesta y de la atención selectiva”. Estas últimas estarían asentadas en el córtex prefrontal dorsolateral, mientras que la elección ventajosa dependería del córtex prefrontal ventromedial.

Teniendo en cuenta unas simples propiedades del funcionamiento modular:

- 1- Cada módulo trabaja con una independencia relativa de manera paralela
- 2- Cada uno sigue las mismas leyes generales del aprendizaje
- 3- Está integrado con los demás módulos en interacción mutua.

Algunos patrones obtenidos por el módulo buscador podrían tener consecuencias aversivas para el organismo, por ejemplo, el caso de la generación de una interpretación negativa. La “dinámica” cognitiva generada puede tomar diferentes formas. En unos casos extremos el sistema cognitivo podría establecer un fuerte “intervencionismo” sobre el módulo buscador con objeto de impedir la producción de determinado tipo de patrones aversivos. La variada sintomatología sobre la represión mencionada ha sido la principal fuente del psicoanálisis. Por otra parte, hay evidencia creciente sobre la persistencia de estos patrones en la gente común. En casos especiales, como la depresión o el perfeccionismo clínico (Shafran, Cooper y Fairburn, 2002), esta persistencia se agudiza (véase Unturbe, 2004).

Dejando a un lado la “censura cognitiva” de algunos casos excepcionales y de unos contenidos muy concretos, el proceso de búsqueda seguirá su curso y eventualmente un patrón (esto es, una reducción de incertidumbre) será producido y reforzado de manera

automática. Otros módulos se encargarán de las consecuencias aversivas o del proceso de descartar los patrones considerados como espurios por el sistema.

Según esta visión, el módulo buscador estaría siempre “buscando” como, por ejemplo, se pone de manifiesto en experimentos con neuroimagen en tareas de búsqueda de patrones, donde se activan regiones prefrontales específicas. Concretamente, durante un paradigma de aprendizaje de una gramática artificial (Strange et al, 2001), el patrón de activación mediado por el aprendizaje de reglas (zona fronto-polar del prefrontal) declinaba al mejorar en la ejecución de la tarea, “reflejando la adquisición de la regla” (p. 1040), que pondría fin a la búsqueda.

#### ***4.4 Neuropsicología de las tareas probabilistas***

Todo parece indicar que los módulos buscadores de patrones son independientes de los módulos declarativos, los cuales interpretan estos patrones *a posteriori*. Aunque la lógica deductiva parece necesaria para la resolución de los tests de razonamiento Fluido, el aprendizaje mediante una estricta lógica es ineficaz, como han demostrado Houdé et al (2001). En dicho trabajo muestran que la inhibición cognitiva es la clave para acceder a la lógica deductiva. Un entrenamiento lógico-emocional fue superior al sólo-lógico y la comparación intergrupo con PET implicó al córtex prefrontal ventromedial. (Un interesante estudio de neuroimagen comparando el razonamiento deductivo y el probabilístico puede verse en Osherson et al, 1998; Parsons y Osherson, 2001.)

En una tarea probabilística con un paradigma de discriminación espacial los **sujetos amnésicos** tienen un nivel de ejecución equivalente a los controles, indicando que “el aprendizaje probabilístico no depende de las estructuras cerebrales que soportan la memoria declarativa” (Ptak et al, 2001, p. 993). En contraste, los pacientes con daño prefrontal tuvieron deteriorado el aprendizaje probabilístico. Su déficit se circunscribió a la elección de un estímulo que nunca se había reforzado y podría especificarse, por tanto, como una incapacidad para evitar una elección no contingente.

Aparentemente, los pacientes amnésicos tienen intactas las habilidades de aprendizaje complejo asociativo. En un estudio (Knowlton, Mangels y Squire, 1996) los sujetos aprendieron a predecir el “tiempo” usando diferentes cartas presentadas como claves. Las claves predecían “sol” o “lluvia” con probabilidades diferentes. Los pacientes amnésicos aprendieron a predecir el resultado tan ajustadamente como los controles sanos, aunque

fueron incapaces de recordar cualquier conocimiento declarativo sobre la tarea. En otro estudio, los pacientes amnésicos fueron capaces de aprender una regla inherente a una gramática artificial y aplicarla correctamente al clasificar los nuevos ítems (Knowlton y Squire, 1994). Los pacientes amnésicos también fueron capaces de extraer aspectos comunes de varios “ejemplares” de una nueva categoría semántica y aplicar este conocimiento para clasificar nuevos ítems (Knowlton y Squire, 1993; Squire y Knowlton, 1995). Asimismo, se ha encontrado que pacientes con severos déficits en memoria declarativa eran capaces de indicar el pasado de nuevas palabras regulares pero no de nuevas palabras irregulares, es decir, clasificar palabras como pertenecientes o no a la categoría “regular” (Ullman et al, 1997). En una palabra, los sujetos amnésicos adquieren gradualmente una regla abstracta en repetidas exposiciones con el material experimental y luego aplican esta regla para clasificar material nuevo (Shanks, 1995).

Por otra parte, los pacientes con **enfermedad de Huntington** (Knowlton, Squire, Paulsen et al, 1996) y pacientes no demenciados con **enfermedad de Parkinson** —con deterioro severo en aprendizaje procedimental— estaban seriamente deteriorados para la misma tarea probabilista (Knowlton, Mangels y Squire, 1996). Esto apoya una base procedimental para el aprendizaje probabilístico junto con una independencia de los módulos declarativos.

Sin embargo, en una **tarea probabilística de dos opciones**, lesiones límbicas deterioraron el aprendizaje probabilístico en animales. Douglas y Pribram (1966) examinaron el comportamiento de probability matching y de maximización de monos sanos y monos con daño hipocampal. Los monos lesionados necesitaron muchos más ensayos para aprender a maximizar. El mismo déficit ha sido encontrado en ratas (Nonneman et al, 1974; Stevens y Cowey, 1973). No obstante, es interesante notar que, en el estudio de Douglas y Pribram (1966), los monos con lesiones hipocampales aprendieron el comportamiento de probability matching tan rápido como los monos controles sanos; aunque necesitaron más ensayos para llegar a la maximización. Estos resultados sugieren la importancia del hipocampo y otras estructuras límbicas para maximizar pero no para probability matching. Es de destacar que, en el estudio de Ptak et al (2001) en la tarea probabilística con paradigma de discriminación espacial, la ejecución intacta de los pacientes amnésicos (que no requería maximizar), así como su deterioro en la tarea no probabilística (que sí requería maximizar), apoya esta conclusión. Incluimos a continuación un extenso comentario de Ptak et al (2001):

*¿Cómo interfiere la disfunción ejecutiva en el aprendizaje probabilístico?* Una posibilidad es que los pacientes con lesiones prefrontales aplicasen estrategias disfuncionales en la tarea. Esto ha sido observado en muchos estudios y extendido a varios dominios cognitivos tales como la planificación (Owen, 1997; Shallice, 1982; Shallice y Burgess, 1991a), la memoria (Incisa della Rocchetta y Milner, 1993; Shimamura, 1995), y la abstracción o el razonamiento (Shallice y Burgess, 1991b). Sin embargo, la hipótesis de la aplicación de una estrategia deficiente no explica por qué no apareció desde el principio un déficit en el grupo frontal, sino sólo después de 60 ensayos. Incluso después de 120 ensayos, estos pacientes continuaron eligiendo la estrategia no contingente en un grado significativo. Dos explicaciones podrían presentarse para el comportamiento de la respuesta: O bien los pacientes frontales son incapaces de inhibir una respuesta a la elección no contingente, o bien ellos fueron incapaces de adaptar su conducta en respuesta a las contingencias de refuerzo. La primera explicación predeciría un déficit en los pacientes frontales en cualquier tarea de aprendizaje que contuviese o no asociaciones contingentes y se aplicaría, también, a la tarea no probabilística del presente estudio. Ciertamente, en comparación con los controles sanos los pacientes frontales fueron deficientes en la tarea no probabilística. Sin embargo, los pacientes amnésicos tuvieron la peor ejecución de todos los grupos en esta tarea aunque fueron mejores que los frontales en la tarea probabilística, lo cual sugiere que *las dos tareas no implican los mismos procesos cognitivos*. El déficit de los pacientes frontales fue particularmente severo en la tarea probabilística y podría, por tanto, no ser explicado por una dificultad general para inhibir una respuesta a una elección no contingente.

La interpretación de que los pacientes frontales son incapaces de adaptar su conducta en respuesta a las contingencias de refuerzo es una explicación más adecuada para el déficit de estos pacientes en la tarea probabilística. En varios estudios, los pacientes con daño prefrontal no sólo fallaron al anticipar consecuencias futuras sobre la base de experiencias previas con contingencias estímulares sino también fallaron al generar respuestas anticipatorias de la conductancia dérmica antes de hacer su elección (Bechara et al, 1994; 1996; 1997; 1999). Estos hallazgos sugieren que el córtex prefrontal genera señales somáticas sobre la base de experiencias con contingencias estímulares que facilitan la implementación de una elección ventajosa bajo condiciones de incertidumbre (Bechara et al, 1996; Damasio, 1994). Consistente con esta sugerencia es el resultado de los estudios neurofisiológicos que muestran que el córtex prefrontal ventromedial contiene células cuya actividad está asociada a la expectativa de refuerzo (Fuster, 1997; Rolls, 1985, 1998). De acuerdo con estos hallazgos conductuales y neurofisiológicos, nuestro estudio subraya la importancia del *córtex prefrontal como regulador de conducta en situaciones que implican un alteración en las contingencias de refuerzo*” (Ptak et al, 2001, p. 1000, la cursiva es nuestra).

#### **4.5 Cognición social, personalidad y toma de decisiones**

Una literatura relativamente extensa contiene observaciones cualitativas de pacientes con lesiones del córtex prefrontal ventromedial cuya conducta fue vista como anormal. La primera descripción (Harlow, 1868) relataba los cambios dramáticos en la conducta del paciente Phineas Gage, quien fue víctima de una explosión, a los 25 años, mientras trabajaba

en la construcción de una carretera, y que ocasionó que una barra de hierro que saltó por los aires le atravesase la cabeza por la zona central de la frente. El paciente sobrevivió pero su personalidad cambió dramáticamente: se volvió irreverente, irresponsable, disperso y confabulaba con facilidad. Manifestaba poca deferencia por sus compañeros, era intolerante a las limitaciones o consejos cuando entraban en conflicto con sus deseos, a veces persistentemente obstinado, caprichoso e irresoluto. Sus amigos y conocidos decían decididamente que “ya no era Gage”.

Desde los años 60 ha emergido una sofisticada literatura de la cognición social, que ha sido en gran medida ignorada por la mayor parte de la comunidad neuropsicológica (Wyer y Srull, 1989, 1994). Las tareas en cuestión incluyen medidas de actitud social, escalas de atributos de ‘priming’ social, de características de una historia y claves de reconocimiento social (Wyer y Srull, 1994). Además, otras tareas que no examinan directamente la conducta social, tales como la tarea de Juego de Iowa (Bechara et al,1994), ensayan procesos cognitivos tales como el juicio y la toma de decisiones, que son parte importante del comportamiento social y de la evaluación de riesgos.

El grupo de Damasio ha estudiado en pacientes con daño prefrontal la toma social de decisiones y la selección de conductas sociales apropiadas. Ellos afirman que dichos pacientes fallan en su comportamiento apropiado debido a un defecto en la activación de los “marcadores somáticos”. Esta señal somática está asociada a las conductas sociales y ayuda a garantizar su relevancia o idoneidad proporcionando una señal moduladora a la persona cuando tiene que tomar una decisión social (Saver y Damasio, 1991). El cortex prefrontal ventromedial ha sido implicado como el miembro crucial de una amplia red neural dedicada a la integración normal de las etiquetas somáticas con el conocimiento almacenado durante la toma de decisiones (Damasio, 1994).

#### ***4.6 La Tarea de Juego de Iowa***

La literatura de la neurociencia clínica, la psicopatología y el abuso de drogas han experimentado un resurgimiento del interés en el uso de un paradigma de laboratorio de juego simulado desarrollado por Bechara, Damasio, Tranel y Anderson (1994). Estas tareas se han usado para estudiar experimentalmente la base neuropsicológica de déficits en la toma de decisiones exhibidos por poblaciones con daño cerebral, psicopatología, personalidad antisocial o con problema de abuso de drogas (Bartzokis et al, 2000; Grant et al, 2000; Mazas

et al, 2000; Petry et al, 1998; Schmidt et al, 1999; Stout et al, 2001). La tarea de Bechara, actualmente la tarea de Juego de Iowa, fue diseñada para examinar la interacción entre los procesos cognitivos y los motivacionales. La pobre ejecución en estas tareas se ha atribuido a un fallo para anticipar las consecuencias negativas a largo plazo de elecciones desventajosas.

En la tarea de Juego de Iowa, tienen que hacerse predicciones en orden a tomar las decisiones correctas basándose en las consecuencias, cuando éstas son relativamente inseguras (Bechara, Damasio, Damasio y Anderson, 1994). En esta tarea, los sujetos eligen entre 4 mazos de cartas. Cada carta elegida produce siempre una ganancia para el sujeto de dinero de mentira. En dos de los mazos (A y B) las ganancias son más altas. De repente, de manera aleatoria, una carta proporciona un castigo al sujeto (una pérdida de dinero). Esta pérdida es mayor en los mazos en que la ganancia fija es más alta (A y B) y más pequeña en los otros dos (C y D). De esta manera, a la larga, es más provechoso elegir cartas de los mazos C y D, que producen menores ganancias a corto plazo.

Los sujetos normales, tras una fase en que eligen las opciones “malas” (A y B), comienzan a elegir las “buenas” (C y D), de manera que obtendrán finalmente una ganancia neta. En contraste, los pacientes con daño en el córtex prefrontal ventromedial muestran una clara deficiencia en el establecimiento de esta predicción *incluso aunque ellos sepan cómo deberían responder*, como se sabe de la entrevista llevada a cabo después de la tarea. Por otra parte, los sujetos normales responden de una manera apropiada *incluso antes de haber reconocido* la estrategia ventajosa (Bechara, Damasio, Tranel y Damasio, 1997).

Una respuesta autonómica de anticipación (Bechara, Tranel, Damasio y Damasio, 1996) podría ser crítica en el establecimiento de este condicionamiento interoceptivo de correlación, en el cual un suceso externo asociado a una probabilidad se “marca” somáticamente (véase Damasio, 1994). Aparentemente, en cada ensayo, en el intervalo inmediatamente antes a una decisión, se forma una respuesta autonómica anticipatoria (medida por la conductividad dérmica) una vez que han tenido lugar varios castigos asociados a los mazos “malos”. Esta respuesta estaba ausente en los sujetos incapaces de aprender para tomar las decisiones apropiadas.

El rendimiento en la tarea de Juego de Iowa se ha mostrado afectado cuando el córtex prefrontal ventromedial está dañado. Estos sujetos son completamente ineptos socialmente, a pesar de que sus funciones cognitivas están en buena condición, incluyendo tests ejecutivos clásicos como el Test de Clasificación de Wisconsin y la Torre de Londres. Es caso de

sujetos como Phineas Gage, comentado arriba. “Una región que nuestras investigaciones han destacado como críticas para la toma normal de decisiones, la región prefrontal ventromedial, resultó parcialmente lesionada en Cage... Las cortezas de la cara lateral del lóbulo frontal, por ejemplo, cuya lesión desbarata la capacidad de controlar la atención, de realizar cálculos y de cambiar adecuadamente de un estímulo a otro, estaban intactas” (Damasio, 1994, p. 45). Aparentemente, estos sujetos son incapaces de aprender a anticipar las consecuencias futuras. Tienen personalidades desinhibidas y, tras el daño “nunca volvieron a ser quienes eran”, a juicio de sus conocidos, habiendo perdido su sentido moral *implícito*. Y decimos ‘implícito’ porque, en general, mantienen su ‘sentido moral’ explícito, es decir, el evaluado a partir de sus opiniones, no de sus acciones<sup>12</sup>.

#### **4.7 Modelos cognitivos de decisión**

Los modelos cognitivos de decisión consisten en una serie de operaciones que pretenden simular la toma de decisiones. Un modelo fructífero es el del Aprendizaje Expectación-Valencia (Busemeyer y Myung, 1992; Erev y Roth, 1998) que integra el aprendizaje y la toma de decisiones. En un trabajo posterior, Busemeyer y Stout (2002) usaron este modelo para la medida del componente responsable de los procesos de los déficits de ejecución en los pacientes en la tarea de Juego de Iowa (Bechara, Tranel & Damasio, 2000). Su modelo, que comprende tres parámetros (tasa de actualización, peso y umbral), consiste en un análisis de estimación de parámetros, ajustado —sujeto a sujeto— a través de los ensayos. Evaluando estos parámetros *a posteriori* consiguen simular la toma de decisiones de pacientes con enfermedad de Huntington, con enfermedad de Parkinson y normales.

En este sentido, puede simularse el patrón de probability matching, pues es equivalente a igualar el número de fallos a cada lado (Grant et al, 1951). El proceso de “evitación de pérdida” (Kahneman y Tversky, 1979) podría estar relacionado con este equilibrio. De hecho, Thaler, Tversky, Kahneman y Schartz (1997) muestran que cuando la acción que maximiza el valor esperado incrementa la probabilidad de la pérdida, entonces la gente tiende a evitarlo. El aprendizaje en el dominio de la pérdida puede ser más rápido que en el dominio de la ganancia (Bereby-Meyer y Erev, 1998). Como consecuencia, los fallos obtenidos en una

---

<sup>12</sup> Sólo en casos en que el daño ventromedial fue en una edad temprana, el sentido moral explícito, o declarativo, se vio alterado también pues ya no pudo formarse, generándose una personalidad típicamente psicopática (Anderson et al, 1999).

opción no crecerían más que en la otra, implicándose necesariamente un patrón de probability matching (Grant et al, 1951).

#### ***4.8 Lateralidad cerebral y toma de decisiones***

Sobre la totalidad de pruebas realizadas a sujetos con “cerebro dividido”<sup>13</sup> Michael Gazzaniga ha propuesto, en el marco de un funcionamiento modular, la hipótesis de un sistema cognitivo independiente encargado de interpretar el comportamiento del propio sujeto:

Un sistema cognitivo compuesto de módulos mentales, cada uno de los cuales pudiera actuar independientemente del otro pero formando todos juntos una federación mental, podría asignar muy probablemente a un sistema cognitivo la tarea de establecer y mantener una teoría sobre las acciones de la federación. Parte esencial e ineludible de ese proceso sería el concepto de que el organismo actúa libremente, que de hecho es gobernable. Si no estuviera presente el concepto de libre albedrío, entonces los seres humanos tendrían la apabullante sensación de que su vida mental es un caos, un producto del azar y que nada podría explicarse, especialmente el comportamiento inconsecuente. (Gazzaniga, 1985, pp. 203-4)

Este módulo interpretativo funcionaría como un “semi-homúnculo”: sigue tan etéreo como antes, pero confinado en el hemisferio izquierdo.

El hemisferio dominante, normalmente izquierdo, está comprometido en la tarea de interpretar nuestros comportamientos externos, así como las respuestas emocionales más encubiertas producidas por los módulos mentales independientes. El cerebro izquierdo construye teorías para explicar por qué han ocurrido estos comportamientos, y lo hace así debido a la *necesidad que tiene el sistema cerebral de hacer coherente la totalidad de nuestros comportamientos* (Gazzaniga, 1985, p. 118, la cursiva es nuestra).

En un caso típico (Gazzaniga, 1989), se presenta visualmente al hemisferio izquierdo un dibujo de la pata de un gallo (véase la Figura 1); al hemisferio derecho se presenta visualmente una escena en la nieve. Entonces, se le pide al paciente que escoja entre una muestra de imágenes la que se asocia con los dibujos presentados. Como se esperaba, el paciente señala a una gallina con su mano derecha (controlada por el hemisferio izquierdo), y con su mano izquierda a una pala de nieve, consistente con la escena de nieve presentada al

---

<sup>13</sup> Sujetos a los que se les había seccionado el cuerpo calloso total o parcialmente, y otras comisuras, por motivo de una epilepsia intratable de otra manera.

hemisferio derecho. Se pide entonces al paciente que explique porqué elige esos ítems: «Oh, esto es simple. La pata va con la gallina y necesitas una pala para limpiar el gallinero». En este caso, el hemisferio izquierdo, observando la respuesta de la mano izquierda, elaboró la réplica más coherente con su ámbito de conocimiento, esto es, sin la información de la escena de nieve. Lo asombroso es que no conteste “no sé por qué elegí la pala”. Este módulo inventa una historia convincente, manteniendo así el control. En otro caso, se envió al hemisferio derecho la orden de marcharse<sup>14</sup>. Mientras se marchaba se le preguntó qué hacía; «voy a casa a por un refresco», contestó. El módulo “intérprete” nos capacita para hacer inferencias y formar creencias tanto de sucesos internos (estados corporales) como externos, incluyendo nuestras acciones y las de los otros. En palabras de Gazzaniga:

El mecanismo interpretativo del hemisferio izquierdo está siempre trabajando intensamente, buscando el significado de los hechos. *Se ocupa constantemente de buscar orden y razón, aun cuando no los haya*, lo que le obliga a cometer continuos errores. Tiende a generalizar en exceso, construyendo a menudo un pasado posible que es distinto al pasado real. (Gazzaniga, 1998b, la cursiva es nuestra).

Wolford, Miller y Gazzaniga (2000) adaptaron **la tarea probabilística de dos opciones** a pacientes con el cerebro dividido. El hemisferio izquierdo respondió con un patrón de probability matching, durante 500 ensayos. Por otra parte, el hemisferio derecho tendió a la maximización. Asimismo, estos autores mostraron que cuatro pacientes con daño frontal unilateral derecho, mantenían el patrón de probability matching. En cambio un sujeto con daño frontal izquierdo, maximizó. En ambos casos, a lo largo de 500 ensayos. Según estos autores, “los humanos creen que hay un patrón, incluso si se les dice que es al azar, e intentan descifrar el patrón. Cualquier patrón razonable supuesto por los sujetos tendría que equiparar la frecuencia si tuviera que ser una hipótesis correcta. Quizá los animales no humanos adoptan una estrategia más óptima que los humanos porque ellos no están tan impedidos por la tendencia a buscar y postular hipótesis causales” (Wolford et al, 2000, p.1).

Considerando este trabajo dentro de la evidencia recogida en la literatura sobre la ejecución de sujetos sanos (véase la sección 2.2), el comportamiento irracional del hemisferio izquierdo de búsqueda de orden parece extraordinariamente resistente a la extinción cuando funciona aislado del hemisferio derecho.

---

<sup>14</sup> Algunos sujetos tienen un hemisferio derecho con cierta capacidad de leer y entender mensajes.

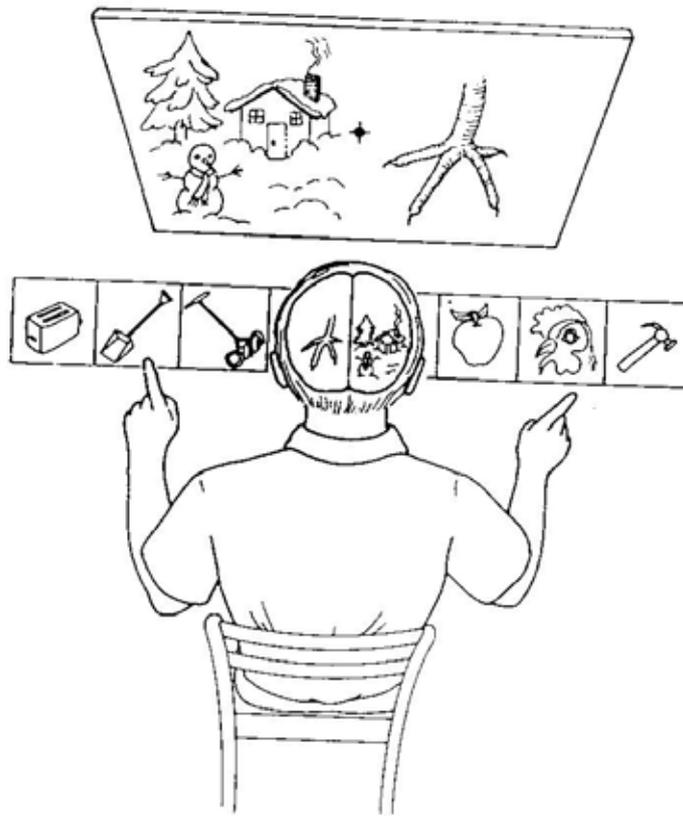


Figura 4.1 Test de conceptos simultáneos

Tras una revisión de la literatura, por parte del neuropsicólogo Elkhonon Goldberg (2001), el hemisferio derecho estaría especializado en los sucesos novedosos mientras que el hemisferio izquierdo lo estaría en los sucesos más familiares, aquellos que se resuelven de manera más rutinaria; y esta asimetría es más clara en hombres que en mujeres. Como la novedad no es una propiedad del suceso sino que depende de nuestro aprendizaje, el procesamiento del mismo tendrá una dinámica característica, de tal manera que “con el aprendizaje, el lugar de control cognitivo se desplaza desde el hemisferio derecho al hemisferio izquierdo y desde las partes frontales a las posteriores de la corteza” (Goldberg, 2001, p. 86). Goldberg (1994) diseñó la Tarea de Preferencia Cognitiva (Cognitive Bias Task) en la que un sujeto tiene que elegir entre dos figuras cuando está mirando previamente una tercera. En una parte de la prueba tiene que elegir la más parecida (o más diferente) a esta tercera figura. Pero en la parte crítica tiene que elegir la que prefiera de las dos. Esta parte introduce un elemento de ambigüedad que crea dificultades a los sujetos con lesiones

frontales. Según Goldberg (2001, p. 94): “una incapacidad para reducir la ambigüedad conduce a un comportamiento vacilante, inseguro, inconsistente”. Los sujetos (especialmente varones diestros) con lesión frontal derecha prefirieron sistemáticamente la que se parecía más a la figura modelo; sin embargo los sujetos con lesión frontal izquierda tendieron a preferir con independencia de la marcada por la pauta. Las mujeres, en ambos casos tendieron a preferir la similar. Por otra parte, los sujetos humanos sanos, dentro de una relativa independencia, tendieron a elegir más bien similares, en contraste con los monos, quienes tiene una abierta curiosidad por lo novedoso. Según Goldberg el ser humano tiende a ser una especie conservadora. No obstante, los varones zurdos muestran una cierta preferencia por lo diferente.

Parece que la orquesta cerebral está dividida en dos grupos de intérpretes. Los que se sientan a la derecha del pasillo son más rápidos en el dominio básico del nuevo repertorio, pero a la larga, y con la debida práctica, los que stán a la izquierda del pasillo se acercan más a la perfección. (Elkhonon Goldberg, 2001, p. 67)

## REFERENCIAS

- Anderson, SW, Bechara, A, Damasio, H, Tranel, D y Damasio, AR (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 2, 1032-1037
- Bartzokis, G, Lu, P, Beckson, M, Rapoport, B, Grant, S, Wiseman, E y London, E (2000). Abstinence from cocaine reduces high-risk responses on a gambling task. *Neuropsychopharmacology*, 22, 102-103.
- Bechara, A, Damasio, AR, Damasio, H y Anderson, S (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex, *Cognition*, 50, 7-15.
- Bechara, A, Damasio, H, Tranel, D y Anderson, SW (1998). Dissociation of working memory from decision making within the human prefrontal cortex. *The Journal of Neuroscience*, 18, 428-437.
- Bechara, A, Damasio, H, Tranel, D y Damasio, AR (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy, *Science*, 275, 1293-1295.
- Bechara, A, Tranel, D, Damasio, H y Damasio, AR (1996). Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex, *Cerebral Cortex*, 6, 215-225.
- Bereby-Meyer, Y. and Erev, I. (1998). On learning to become a successful loser: A comparison of alternative abstractions of learning processes in the loss domain. *Journal of Mathematical Psychology*, 42, 266-286.
- Bussemeyer, JR y Stout, JC (2002). A contribution of cognitive decision models to clinical assessment: decomposing performance on the Bechara Gambling Task. *Psychological Assessment*, 14, 253-262.
- Bussemeyer, JR y Myung, I J (1992) An adaptive approach to human decision making: learning theory, decision theory, and human performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 177-194.
- Damasio, AR (1994). *Descartes' Error*. New York: Putman. Versión en castellano: *El error de descartes*. Madrid: Mondadori, 1996.
- Douglas, RJ y Pribram, KH (1966). Learning and limbic lesions. *Neuropsychologia*, 4, 197-220.
- Elliott, R, Frith, CD y Dolan, R J (1997). Differential neural response to positive and negative feedback in planning and guessing tasks. *Neuropsychologia*, 35, 1395-1404.
- Erev I y Roth, A (1998). Predicting how people play games: reinforcement learning in games with unique, mixed strategy equilibria. *American Economic Review*, 4, 848-81.
- Fink, GR et al (1999). The neural consequences of conflict between intention and the senses. *Brain*, 122, 497-512.

- Fletcher, PC, Anderson, JM Shanks, DR, Honey, R, Carpenter, TA, Donovan, T, Papadakis, N y Bullmore, ET (2001). Responses of human frontal cortex to surprising events are predicted by formal associative learning theory. *Nature Neuroscience*, 4, 1043-1048.
- Gazzaniga, MS (1985). *The Social Brain*. New York: Basic Books. Edición en castellano: *El cerebro social*. Madrid: Alianza Editorial, 1993.
- Gazzaniga, MS (1989). Organization of the human brain. *Science*, 245, 947-952.
- Gazzaniga, MS (1998a): *The Mind's Past*. Berkeley: California Univ. Press. Edición en castellano: *El Pasado de la mente*. Barcelona: Andrés Bello.
- Gazzaniga, MS (1998b). Dos cerebros en uno. *Investigación y Ciencia*, sept. (264), 14-19.
- Goldberg, E (2001). *El cerebro ejecutivo*. Crítica, 2002.
- Goldberg, E, Harner, R, Lovell, M, Podell, K y Riggio, S (1994). Cognitive bias, functional cortical geometry, and the frontal lobes: laterality, sex, and handedness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 276-296.
- Grant, S, Contoreggi, C y London, ED (2000). Drug abusers show impaired performance in a laboratory test of decision making. *Neuropsychologia*, 38, 1180-1187.
- Grant, DA, Hake, HW y Hornsath, J.P. (1951). Acquisition and extinction of a verbal conditioned response with differing percentages of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology*, 42, 1-5.
- Hardoon, KK, Baboushkin, HR, Derevensky, JL y Gupta, R (2001). Underlying cognitions in the selection of lottery tickets. *Journal of Clinical Psychology*, 57, 749-763.
- Harlow, JM (1868). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Publication of the Massachusetts Medical Society*, 2, 327-347.
- Houdé, O, Zago, L, Crivello, F, Moutier, S, Pineau, A, Mazoyer, B y Tzourio-Mazoyer, . (2001). Access to deductive logic depends on a right ventromedial prefrontal area devoted to emotion and feeling: evidence from a training paradigm. *Neuroimage*, 14, 1484-1492.
- Huettel, SA, Mack, PB y McCarthy, G (2002). Perceiving patterns in random series: dynamic processing of sequence in prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 5, 485-490.
- Jarvik, ME (1951). Probability learning and a negative recency effect in the serial anticipation of alternating symbols. *Journal of Experimental Psychology*, 41, 291-297.
- Jenkins, HM (1959). An exploratory study of the development of concepts with noncontingent reinforcement. *Bell Laboratory of Technology Memo.*, 59, 122-3.
- Kahneman, D. and Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica*, 47, 263-291.
- Knowlton, B J, Mangels, J A y Squire, LR (1996). A neostriatal habit learning system in humans. *Science*, 273, 1399-1402.

- Knowlton, B J y Squire, LR (1993). The learning of categories: parallel brain systems for item memory and category knowledge. *Science*, 262, 1747-1749.
- Knowlton, B J y Squire, LR (1994). The information acquired during artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Memory, and Cognition*, 20, 79-91.
- Mazas, CA, Finn, PR y Steinmetz, JE (2000). Decision making biases, antisocial personality, and early-onset alcoholism. *Alcoholism: Clinical & Experimental Research*, 24, 1036-1040.
- Nies, RC (1962). Prediction of sequential two-choice decisions from run events. *Journal of Experimental Psychology*, 64, 430-433.
- Nonneman, AJ, Voigt, J y Kolb, BE (1974). Comparisons of behavioral effects of hippocampal and prefrontal cortex lesions in the rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 87, 249-260.
- Osherson, D, Perani, D, Cappa, S, Schnur, T, Grassi, F y Fazio, F (1998). Distinct brain loci in deductive versus probabilistic reasoning. *Neuropsychologia*, 36, 369-376.
- Parsons, LM y Osherson, D (2001). New Evidence for Distinct Right and Left Brain Systems for Deductive versus Probabilistic Reasoning. *Cerebral Cortex*, 11, 954-65.
- Petry, N, Bickel, W y Amett, M (1998). Shortened time horizons and insensitivity to future consequences in heroin addicts. *Addiction*, 93, 729-738.
- Ptak, R, Gutbrod, K, Perrig, W y Schnider, A (2001). Probabilistic contingency learning with limbic or prefrontal damage. *Behavioral Neuroscience*, 115, 993-1001.
- Saver, JL y Damasio, AR (1991). Preserved access and processing of social knowledge in a patient with acquired sociopathy due to ventromedial damage. *Neuropsychologia*, 29, 1241-1249.
- Schultz, W y Dickinson, A (2000). A neuronal coding of prediction errors. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 473-500.
- Shafran, R., Cooper, Z. y Fairburn, C.G. (2002). Clinical perfectionism: a cognitive-behavioural analysis. *Behaviour Research and Therapy*, 40, 773-791.
- Shanks, DR (1995). *The psychology of associative learning*. Cambridge University Press.
- Schmitt, WA, Brinkley, CA y Newman, JP (1999). Testing Damasio's somatic marker hypothesis with psychopathic individuals: Risk takers or risk averse? *Journal of Abnormal Psychology*, 108, 538-543.
- Squire, LR y Knowlton, BJ (1995). Learning about categories in the absence of memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 92, 12470-12474.
- Stevens, R y Cowey, A (1973). Effects of dorsal and ventral hippocampal lesions on spontaneous alternation, learned alternation and probability learning in rats. *Brain Research*, 52, 203-224.

- Stout, JC, Rodawalt, WC y Siemers, ER (2001). Risky decision making in Huntington's disease. *Journal of International Neuropsychological Society*, 7, 92-101.
- Strange, BA, Henson, RNA, Friston, KJ y Dolan, R J (2001). Anterior prefrontal cortex mediates rule learning in humans. *Cerebral Cortex*, 11, 1040-1046.
- Thaler, R., Tversky, A., Kahneman, D., and Schartz, A. (1997). The effect of myopia and loss aversion on risk taking: an experimental test. *Quarterly Journal of Economics*, 112, 647-661.
- Tversky, A y Kahneman, D (1985). Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131.
- Ullman MT, Corkin S, Coppola M, Hickok G, Growdon JH, Koroshetz W J y Pinker S (1997). A neural dissociation within language: Evidence that the mental dictionary is part of declarative memory, and that grammatical rules are processed by the procedural system. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 266-276.
- Unturbe, J. (2004). Sobre el análisis funcional del pensamiento irracional: una aportación desde el marco del conductismo radical. *Psicología Conductual*, 12, 101-133.
- Wright, JC (1960). Problem solving and search behavior under noncontingent rewards. Ponencia inédita. Stanford University.
- Wright, JC (1962). Consistency and complexity of response sequences as a function of schedules of noncontingent reward. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 601-09.
- Wyer, RS Jr y Srull, TK (Eds.) (1994). *Handbook of social cognition: Voll. Basic Processes* (2ª ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Yellott, J I (1969). Probability learning with noncontingent success. *Journal of Mathematical Psychology*, 6, 541-575.
- Zeki, S y Marini, L (1998). Three cortical stages of color processing in the human brain. *Brain*, 121, 1669-1685.

# **OBJETIVOS**



**PLANTEAMIENTO:** En el marco de la toma de decisiones bajo incertidumbre se han encontrado desviaciones de la racionalidad en sujetos normales (generalmente universitarios) que son sistemáticas y predecibles. El análisis de la varianza de estas desviaciones a través de los sujetos implica contextos explícitos e implícitos.

En el contexto explícito (declarativo) encontramos que la capacidad cognitiva es un factor que reduce la irracionalidad, aunque muy parcialmente. Más importantes parecen ser las disposiciones mentales, unos rasgos de personalidad que pueden sesgar las decisiones.

En el contexto implícito (procedimental), la predisposición humana a detectar patrones y reglas, que en general tiene un importante valor de supervivencia, parece generar un tipo de irracionalidad secundaria, que en situaciones especiales puede ponerse en evidencia. Estas situaciones se dan cuando las demandas de la tarea superan las capacidades del sujeto para resolverla.

Al estudiar los sistemas cognitivos de control desde un punto de vista neuropsicológico nos encontramos con unos procesos de búsqueda de patrones en la base de los denominados procesos cognitivos superiores. No obstante, esta búsqueda de patrones funciona con una gran autonomía. Hasta tal punto, que llega a interferir con la óptima toma de decisiones. Un ejemplo de ello podría ser el “efecto matching”, una estrategia de respuesta que es subóptima en tareas probabilísticas.

Se ha conjeturado que el efecto matching se debe a un efecto secundario debido a la búsqueda de patrones o reglas. Como en una tarea probabilística no hay ni patrones ni reglas, su búsqueda dificulta necesariamente el rendimiento óptimo.

Sin embargo, aunque algunos autores dan por sentada la mencionada conjetura, y hay una casuística recogida en la literatura, no se ha realizado una investigación sistemática. Por otra parte, hay interpretaciones que ponen en duda la existencia del efecto mismo.

Este efecto podría utilizarse para estudiar de una manera sistemática este tipo de irracionalidad secundaria a la detección de patrones.

Por otra parte, al estudiar las consecuencias de un control cognitivo débil o alterado se ha encontrado en la esquizofrenia una inquietante paradoja: parece que realizan con la misma tasa de éxito que los sujetos normales una tarea de toma de decisiones considerada como similar a la toma de decisiones en la vida real: el Iowa Gambling Task. Entonces, ¿en qué consiste exactamente la alteración del control cognitivo en la esquizofrenia?

OBJETIVO: El **objetivo general** de esta tesis es investigar el **efecto matching** en relación con el **funcionamiento ejecutivo** y, en concreto, con la **generación de reglas**. Para ello, era necesario diseñar una tarea que reprodujera el efecto, estudiar el funcionamiento ejecutivo individual y detectar las reglas generadas.

El **objetivo complementario** es aplicar el conocimiento logrado para investigar el **efecto matching** en pacientes con **esquizofrenia**.

Es decir la investigación se divide en tres partes:

- a) El diseño de una tarea que reproduzca el efecto matching.
- b) El estudio del efecto matching en una muestra amplia de sujetos normales.
- c) El estudio del efecto matching en una muestra amplia de sujetos con esquizofrenia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Para la **primera parte**: Diseño y puesta a punto de la Tarea de Predicción Simple mediante un experimento piloto que reproduzca el patrón de probability matching y produzca indicios de efecto matching de interferencia con capacidades ejecutivas.

Para la **segunda parte**:

- 1- Reproducir el patrón de probability matching.
- 2- Relacionar dicho patrón directamente con la generación de reglas. Se espera que los sujetos que perseveren más en dicho patrón generen reglas más complejas.
- 3- Relacionar el patrón matching con la capacidad ejecutiva. Se espera que los sujetos más capaces perseveren más en dicho patrón, y por tanto rindan menos en la TPS.
- 4- Estudiar otras medidas complementarias de interés neuropsicológico, como tiempos de reacción.

Para la **tercera parte**: Dada la complejidad, hemos limitado el estudio a estos dos objetivos.

- 1- Estudiar el patrón de respuesta en la TPS de pacientes con esquizofrenia. Se espera, en principio, un rendimiento superior al del grupo normal, dado el deterioro ejecutivo característico de la esquizofrenia.
- 2- Relacionar dicho patrón con su funcionamiento ejecutivo. Se espera, en principio, una relación semejante a la del grupo normal: los sujetos con mayores puntuaciones en las tareas ejecutivas, rendirán peor en la TPS.

# MÉTODO



Se realizaron 3 experimentos:

- (1) “PILOTO”
- (2) “NORMALES”
- (3) “ESQUIZOFRÉNICOS”

El método del **experimento piloto** es descrito con alguna profundidad porque es esencialmente el que se utilizará después a mayor escala, si bien con algunas modificaciones.

Debido a la complejidad del **experimento “normales”**, de la misma disposición experimental surgieron varios trabajos, cuyos principales resultados aparecerán por separado, convenientemente numerados.

## **EXPERIMENTO 1: “PILOTO”**

### *Participantes*

Trece sujetos sanos (6 mujeres y 7 hombres) participaron en este estudio. Todos ellos dieron por escrito su consentimiento informado. Los participantes no tenían historia de trastorno neurológico ni de tratamiento psiquiátrico, pasado o presente, tampoco tenían un abuso de drogas diagnosticable. La muestra contenía sólo un zurdo (varón). Los participantes fueron reclutados de una muestra incidental de población normal. La media de edad de los participantes fue de 35.3 años ( $SD^{15} = 11.7$ ). La muestra tenía una media de 13.6 ( $SD = 2.7$ ) años de educación. Los 14 participantes realizaron la Tarea de Predicción Simple (TPS) y debían realizar los tests complementarios siguientes: dos tests ejecutivos: Letras y Números (LN) y Stroop; un test motor: Habilidad Manual Relativa (RHS); y los cuestionarios afectivos: Cuestionario de Salud de Goldberg (GHQ); Escala de Ansiedad y Depresión (HAD). Los tests complementarios son brevemente explicados al final. Las puntuaciones medias se muestran en la Tabla 1.1

La muestra no resultó estar sesgada por la variable *género* ni por la de *dominancia manual* en ninguno de los tests complementarios. Como puede verse en la Tabla 1.1, las puntuaciones medias de los cuestionarios afectivos (GHQ y HAD) estuvieron claramente por

debajo del puntos de corte: 10. La puntuación media más elevada fue la correspondiente a la subescala de Ansiedad del HAD ( $8.5 < 10$ ). Lo que indica que la muestra no estaba sesgada por factores emocionales.

Tabla 1.1. *Puntuaciones medias y SD's de los tests complementarios*

	Cuestionarios afectivos				Tests ejecutivos	
	<u>RHS</u>	<u>GHQ</u>	<u>HAD-D</u>	<u>HAD-A</u>	<u>STROOP</u>	
Media	22.1	3.0	2.4	8.5	-4.8	14.3
SD	4.3	3.5	1.5	2.6	7.2	2.3

*Nota.* RHS = Habilidad Manual Relativa; GHQ = Cuestionario de Salud de Goldberg; HAD-D and HAD-A = subescalas de Depression and Anxiety del Hospital Depression and Anxiety Scale, respectively; STROOP = Efecto de Interferencia de la tarea Stroop (más negativo es menos interferencia); LN = Letras-Números (puntuación directa).

### *Procedimiento*

De los trece participantes que completaron la TPS, ocho respondieron todos los tests complementarios, dos respondieron sólo a los cuestionarios afectivos, y los tres restantes sólo la TPS.

#### *Tarea de Predicción Simple (TPS):*

El participante se sitúa frente a la pantalla del ordenador donde se le muestra la situación de partida: dos cuadrados, de dos centímetros de lado, en cada lado, a derecha e izquierda. El fondo y los cuadrados son de un mismo color, un azul tenue. Se dice al participante que debe adivinar qué cuadrado se va a encender, es decir, se volverá amarillo intenso. La decisión del participante se expresa presionando una tecla diferente correspondiente a cada cuadrado: la tecla 'M', situada a la derecha del tablero, corresponde al cuadrado derecho, y la tecla 'Z',

<sup>15</sup> SD = desviación típica.

situada a la izquierda, corresponde al cuadrado de la izquierda. En el momento en que el participante aprieta una de estas teclas, uno de los cuadrados se encenderá. Si el cuadrado coincide con la elección del participante, será contado como un *acierto* y en caso opuesto, como un *fallo*. La palabra ‘CORRECTO’ o ‘INCORRECTO’ aparecerá en la pantalla simultáneamente en letras mayúsculas, de acuerdo con dicho resultado. La cantidad de aciertos que el sujeto va obteniendo aparece en una barra-termómetro horizontal en la parte superior de la pantalla. Esta situación se mantiene en la pantalla durante 2 segundos (Intervalo Entre Ensayos, IEE). Trascurrido este tiempo, reaparece la situación de partida, correspondiente a una nueva elección.

Los resultados ofrecidos por el ordenador son generados aleatoriamente según la siguiente pauta: En primer lugar, durante una serie de 100 ensayos, denominada “fase directa”, los resultados correctos saldrán a la derecha con una probabilidad de 0.80, y a la izquierda con .20. Tras estos 100 ensayos, y sin previo aviso, siguen 60 ensayos más con las probabilidades invertidas, denominada “fase de inversión”, es decir, el resultado será correcto a la derecha con probabilidad 0.20 y a la izquierda con probabilidad 0.80. Lo especial de este experimento es que no hay guía predecible alguna para los intentos de los ensayos individuales: sólo se puede predecir el promedio. En cualquier caso, *el sujeto no es informado de la aleatorización de los resultados*.

Las instrucciones de la TPS que se dan al participante son las siguientes:

- 1- Hay dos cuadrados: uno de los dos se pondrá amarillo. Hay que adivinar cual.
- 2- Apriete las teclas M o Z para elegir los cuadrados derecho o izquierdo, respectivamente.
- 3- Si se pone amarillo el cuadrado correspondiente a la tecla que apretó, será un ACIERTO.
- 4- Si se pone amarillo el otro cuadrado, será un FALLO.
- 5- Los ACIERTOS se acumularán en una barra en la parte superior.
- 6- Mientras dure el color amarillo no podrá responder.
- 7- Tiene un número limitado de intentos: TRATE DE ACERTAR EL MÁXIMO POSIBLE.
- 8- No tiene límite de tiempo.

Antes de empezar, una vez que el test ha sido explicado, el participante practica con un ejemplo en el que la respuesta correcta debería ser sucesivamente alternada. En el ejemplo, se podía decidir con certeza, una vez encontrada la regla. La motivación del ejemplo no era otra sino asegurar que el participante entendiese la prueba. El experimentador detuvo el ejemplo

cuando el participante halló la solución alternante. Todos los participantes encontraron la solución. A partir de este momento la duración media de la aplicación de la TPS fue de 485 segundos (SD = 64.7), unos  $8 \pm 1$  minutos.

La tarea TPS fue elaborada en soporte informático, programado en Visual Basic y los resultados se registraban en una base de datos Access. Los resultados brutos registrados por el programa, ensayo a ensayo, mientras el participante realizaba la TPS fueron los siguientes:

- cada decisión del participante (Izquierda/Derecha): Patrón ó Choices
- su consecuencia (Acierto/Fallo), y el lado en que se falla: Aciertos o Hits
- el tiempo de reacción (TR)

Siendo el TR, el tiempo desde el momento en que aparece cada posición de partida y el momento en que el sujeto responde.

El programa también registra, en cada fase, el número total de veces que el participante presiona una tecla durante el intervalo entre estímulos (“Nulos”). El mismo programa elabora el porcentaje de Ejecuciones a la derecha (P), de Aciertos y TR’s por bloques de 20 ensayos y por fases.

A partir de los fallos a cada lado se calculó la diferencia relativa entre ellos (Sesgo ó Bias), para cada fase y para cada bloque de 20 ensayos, mediante la expresión:

$$Bias = (FD - FI) / (FD + FI) \times 100,$$

donde FD y FI son el número de fallos cometidos a la derecha y a la izquierda, respectivamente. Como hemos explicado con más profundidad en el punto 2.7 de la Introducción, el Sesgo es una medida de la desviación del patrón de probability matching.

*Cuestionario de Salud de Goldberg (GHQ-28):* Diseñado por Goldberg (1978), es un cuestionario diseñado para evaluar trastornos psiquiátricos no-psicóticos, ampliamente usado en contextos comunitarios y ocupacionales. Consiste en cuatro áreas, a saber: Somatización (G-A); Ansiedad (G-B); Deterioro e Inadecuación Social (G-C); y Depresión (G-D). La versión de la escala usada fue la de 28 ítems, 7 por cada área. Cada uno puede responderse según cuatro opciones en orden de intensidad. La corrección normativa del test consiste en obtener sólo una puntuación global del cuestionario (GHQ) mediante el procedimiento de otorgar un punto para aquellos ítems que fueron contestados en una de sus dos máximas

puntuaciones. Por tanto el rango será 0-28. Alternativamente, evaluamos cada ítem en el rango 0-3, pudiendo extraer, en consecuencia, una puntuación para cada área, cuyos rangos serían de 0-7. La puntuación total, suma de las correspondientes a las cuatro áreas fue descartada *a posteriori*, debido a su elevada correlación con la puntuación más simple GHQ ( $r = .97; p < .001$ ), lo que la hacía redundante.

*Escala de Ansiedad y Depresión Hospitalaria (HAD):* Diseñada por Zigmond y Snaith (1983), consistente en dos subescalas, se basa principalmente en los síntomas de la psicopatología de la ansiedad y de la depresión en el marco de pacientes externos. La escala de Ansiedad comprende ítems basados en manifestaciones de ansiedad situacional (ansiedad-estado). Cada subescala consiste de 7 ítems, la respuesta a cada uno de los cuales se puntúa de 0 a 3. Así, obtenemos dos puntuaciones, una para cada subescala, con rango 0-21. No se hace puntuación total. Hemos usado la versión española adaptada por sus propios autores.

*Test de Letras y Números (LN):* Los ítems de este test, de la batería WAIS-III desarrollada por Wechsler (1997), están formados por cadenas de números y letras que son presentadas oralmente al sujeto, el cual tiene que repetirlas en un orden diferente, sin ayuda alguna: primero los números en orden ascendente, y después las letras en orden alfabético. Hay hasta 7 ítems, cuyas cadenas son progresivamente largas. Cada ítem consiste en tres cadenas. El test termina cuando se comete un error en las tres oportunidades. Se otorga un punto por cada cadena correctamente ordenada. Así, el rango es 0-21.

*Tarea Stroop:* Este test diseñado por Stroop (1935), consiste en tres partes: en la primera el sujeto tiene que **leer** en alto una lista de palabras tan deprisa como pueda sin equivocarse. Las palabras son nombres de colores (azul, verde, rojo) escritos en tinta negra y el tiempo, 45 segundos. En la segunda parte, el sujeto tiene que **nombrar** colores (azul, verde, rojo) de una lista en el mismo tiempo. Finalmente, en la tercera parte, también en 45 segundos, el sujeto tiene que **nombrar** el color (azul, verde, rojo) de la tinta con que están escritas palabras de colores (azul, verde, rojo) que son diferentes siempre. Tiene que hacerlo, pues, ignorando el nombre del color escrito. Cuando el sujeto comete un error el ítem debe ser repetido, perdiendo así tiempo. Sólo será necesario contar el número de ítems correctos en cada parte: denominados por W, C y WC, respectivamente. Ahora, las dos primeras puntuaciones nos sirven para hallar una línea base para cada sujeto:

$$E = (W \times C) / (W + C)$$

Esta puntuación (E) nos da el número esperado de ítems para la tercera parte, calculado por el método de la suma algebraica de los tiempos invertidos por ítem en las dos primeras partes. El cálculo final será la **interferencia** obtenida por cada sujeto, respecto a su línea base:

$$\text{Interferencia} = WC - E$$

Una mayor puntuación en interferencia, significa una mejor ejecución del test.

*Habilidad Manual Relativa:* En este test, de acuerdo con la versión de (Crow et al, 1998), se evalúa la habilidad manual relativa de los sujetos. El participante tiene que “chequear” con un lápiz una serie de pequeños cuadrados impresos en una hoja de papel, en un minuto. Primero se realiza con la mano dominante (R) y después con la otra mano (L). Se obtienen, por tanto, dos puntuaciones. La puntuación de la habilidad manual relativa (RHS) se obtiene del cálculo:

$$\text{RHS} = (R - L) / (R + L).$$

## EXPERIMENTO 2: “Normales”

### *Participantes*

Los participantes fueron 58 sujetos sanos (22 varones y 36 mujeres) reclutados de los centros de formación IDFO y CEOP de Tarragona y Reus, respectivamente<sup>16</sup>. Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes de participar en este estudio y tras haberles sido explicado. Ninguno tenía historia de trastorno psiquiátrico ni enfermedad neurológica.

Five participants out of 58 were left-handed (4 male and 1 female), congruent with the normal percentages found in the population (18% for males and 3% for females). The results of the experiment were essentially the same with and without left-handed participants, and so they have been included. Their mean age was 34.2 years (SD = 10.3), they had 11.6 (SD = 3.0) years of education, and their mean IQ, estimated with the Matrix Reasoning (Wechsler, 1997) task sub-test of WAIS III, was 102.0 (SD= 14.6, range = 70–140), standardized for the Spanish population by age (WAIS III, 1999), which was not significantly different from the corresponding normal distribution N(100,15) [variance:  $\chi^2(57) = 53.76$ , n.s.; mean:  $t(57) = 1.00$ , n.s.]. One subject who failed even on the easiest examples of the Matrix Reasoning test was excluded from the study because of suspicion of some neurological disorder. Handedness assessed by the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) was 14.1 (SD = 4.3, range = 10–30) [10 = pure right-handed; 50 = pure left-handed; 30 = cut-off point].

The emotional tests showed relatively low scores, which demonstrated the normal emotional state of the sample. The mean score on the Goldberg Health Questionnaire (Goldberg, 1978) was 4.3 out of 21 (SD= 5.0, range = 0-17); the mean score on the Anxiety sub-scale of Anxiety Scale (Zigmond y Snaith, 1983) was 7.2 out of 21 (SD= 3.5, range = 0-15); and the mean score on the Depression sub-scale was 4.0 out of 21 (SD= 2.8, range = 0-13). Fifty-six of 58 participants completed the emotional questionnaires. The sample was not biased by *gender* in any test, except in depression, where males scored more than females:  $t(54) = 2.85$ ;  $p = .007$ . However, the mean score of depression in males was 5.2, well under the cutting point of 10.

---

<sup>16</sup> Véase agradecimientos.

## ***Procedimiento***

### *Tarea de Predicción Simple (TPS):*

All 58 participants were examined with the SPT. The task consists of guessing which of the two squares (LEFT/RIGHT) presented on a computer screen will change its color, by pressing a different key for each square. As soon as the subject presses the key (the *choice*), one of the squares turns yellow (the *outcome*). If this square coincides with the participant's choice, it will be counted as a *HIT*, and if not, as a *MISS*. Then the sign 'CORRECT' or 'INCORRECT', respectively, in large letters, will appear on the screen (the *consequence*). The number of hits is displayed on a horizontal bar at the top of the screen. This situation remains on the screen for 2 seconds (the inter-event interval). Then a new choice will appear; that is, two squares again awaiting a new prediction.

The outcomes are generated randomly in the following way: first, for a series of 100 trials (first phase), the correct result is on the right, with a probability of 0.80, and on the left with a probability of 0.20. Second, after these 100 trials, *without previous warning*, there are 60 more trials in which the probability is reversed (second phase): that is, the result is correct on the right with a probability of 0.20, and correct on the left with a probability of 0.80. The main feature of this experiment is that there are no predictable guidelines for each individual choice: it is only predictable on average. In any case, the subject is *uninformed* about the randomization of the outcomes. Third, after these 60 trials, again without previous warning, there are 60 more trials in which the outcomes are always correct, regardless of the subject's response (third phase).

The SPT-instructions given to participants were as follows:

On the screen you will see two squares, one on the left and one on the right. One of these will turn yellow. You have to guess which one. Press keys 'M' or 'Z' in order to choose the square on the right or the left, respectively. If the square corresponding to the key that you pressed turns yellow, this will be a *HIT*. If the other square turns yellow, this will be a *MISS*. The *HITS* will be accumulated in a bar at the top of the screen. While one of the squares is still yellow, you must not respond. You have a limited number of attempts: *try to guess right as many times as possible*. There is no time limit.

Then, the participant practices with an example of four trials in which the outcomes are manipulated in such a way that each participant obtains the consequences Correct-Correct-

Incorrect-Correct, whatever their responses are. From this moment on, the average duration of SPT application is about 11 minutes.

The SPT program records all the participant's decisions (Left/Right), their consequences (Hit/Miss), and their reaction time (*RT*, the time between the starting position and the pressing of the key). *Nulls* are also assessed (the number of times the participant presses a key during the inter-event interval on each phase). The *Frequencies* of the random outcomes produced by the computer throughout the task are also recorded.

From this raw data, the *main variables* are calculated for each phase and for blocks of 20 trials: *Consequences (%Hits)*, *Choices (%Rights)*, *Reaction Time (milliseconds)*, and *Bias*. The *Bias* is the percentage of the relative difference between the number of misses on each side (i.e.,  $Bias = (RM - LM) / (RM + LM) \times 100$ , where "LM" and "RM" are the number of misses on the left and right, respectively). As shown by Grant et al. (1951), the necessary and sufficient condition for 'probability matching' is that the numbers of misses are equal on each side (i.e.,  $RM = LM$ , or  $Bias = 0$ ). Therefore, *Bias* assesses the shift from probability matching, and ranges from  $Bias = -100$  to 100. In accordance with the findings of a pilot study (Unturbe and Corominas, unpublished<sup>17</sup>), we also calculated the values for the eventual plateaus of the first and second phases (grouping blocks 3-5 and 7-8, respectively).

*Self-report*: Upon completing the SPT, the participants were asked by self-report whether they had detected any rule in the task and, if so, they were told to write it down. After a visual inspection, the self-reported rules were classified in seven categories by two independent judges who were blind to the performance. They assessed *Rule Complexity* on a graded scale ranging from '0' (no rule) to '6' (very complex rule), thus obtaining two alternative evaluations<sup>18</sup>. Six self-reports that could not be well classified were discarded for this measure. The correlation between judges was .80. In the present study, the evaluation of the judge that was the least favorable to our hypotheses was chosen.

---

<sup>17</sup> Unturbe, J. y Corominas, J. Is Probability Matching an Executive Process?: a pilot study.

<sup>18</sup> Because self-reports of rules is at the core of this study, it is interesting to know how they were evaluated, and we have provided some verbatim examples as illustrations. Judges evaluated with '0' or '1' those reports that gave no rule at all, or a rough appreciation of the most probable side for the outcomes, respectively. Scores from '2' to '4' were for simple rules such as "I shifted every 15 taps" (subject 58). Scores of '5' and '6' were typically complex rules such as "the computer does: 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6,..., 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1..." (subject 35); or "at the beginning, there are a sort of series, starting on the right, moving to the left and then increasing by one on the right. But it stays on the right throughout the task. After a while, there is an interplay Right-Left, Left-Right, and it finishes on the left square" (subject 49).

**Emotional questionnaires:** Fifty-six out of 58 participants completed the two emotional questionnaires. They were used to control for emotional variables that might have some influence on the performance of the two-choice task. The questionnaires used were the *General Health Questionnaire (GHQ-28, Goldberg, 1978)*—mean score 4.3 out of 28 (SD= 5.0)—and the *Hospital Anxiety and Depression Scale (Zigmond y Snaith, 1983)*. We used the Spanish version of the latter questionnaire developed by the authors themselves. The mean score of the Anxiety sub-scale (HA) was 7.2 out of 21 (SD= 3.5) and of the Depression sub-scale (HD) it was 4.0 out of 21 (SD= 2.8). The sample was not biased by *gender* on GHQ, or on HA, but it was on HD, where males scored more than females:  $t(54) = 2.85$ ;  $p = .007$ . However, the mean score of HD in males was 5.2, well under the cutting point of 10. Thus, the emotional questionnaires showed relatively low scores, which demonstrated the normal emotional state of the sample.

**Executive tests:** Used as possible explicative variables for two-choice performance.

**Matrix Reasoning test (Mat; Wechsler, 1997):** All the 58 participants completed this sub-test of WAIS-III, in which they have to find out the sequence of a series of pictures by choosing the next picture from several options, like the Raven Progressive Matrices test. It is a prevalent test of general fluid intelligence<sup>19</sup> that is considered to place heavy demands on executive functioning or controlled attention (Engle, Tuholsky, Laughlin, y Conway, 1999). The score was standardized for the Spanish population by age and scaled in IQ. We used the Spanish version (WAIS-III, 1999).

**Letter-Number Span test (LN; Wechsler, 1997):** Fifty-two participants out of 58 completed this test. The participants have to order relatively short sequences of randomly presented letters and numbers. Information must thus be kept over a short delay and transformed. Because the test demands both storage and processing it is broadly considered a (verbal) working memory test. The score was standardized for the Spanish population by age and scaled in IQ. We used the Spanish version (WAIS-III, 1999).

**Stroop Task (Stroop, 1935; MacLeod y Colin, 1991):** Fifty-two out of 58 participants completed this test. It measures a subject's latency to name the color of a word (word 'red' in blue ink; answer blue). The latency to color-name incongruent words is increased compared

---

<sup>19</sup> Véase la sección 2.7.

to neutral words (i.e. words unrelated to color). Only the raw scores are recorded in this study because very few participants are affected by the normative age correction. In any case, the results in both cases were the same. We used the Spanish version by Golden (1993).

### *Análisis estadístico*

After internal validity of SPT had been revised by examining the statistical independence of outcomes, the statistical analysis addressed the following basic predictions: (1) Reproduction of the well-known result of the ‘probability matching’ pattern, including the sensibility of the SPT pattern to the frequency of outcomes in ‘transitional’ blocks but not in the rest. (2) The probability matching pattern is deeply related to rule generating. (3) Secondary predictions related to complementary neuropsychological measures such as *Reaction Times (RT)* and *Nulls* are displayed below.

A major technical characteristic of this experimental design is that the *outcomes* (i.e., the distribution of Rights and Lefts selected as correct results by the computer) must be *statistically independent* of each other. The outcomes are randomized on each trial. This is an improvement on classical two-choice designs, in which the outcomes were pseudorandomized (that is to say, predetermined) *and*, what is worse, were not statistically independent. For example, in these designs, eight outcomes, per block of ten trials, were *always* on the right and two on the left; it was also common practice to exclude from the experiment the less probable series of outcomes (e.g. three or more consecutive Lefts). This lack of statistical independence biases the performance towards matching<sup>20</sup>. To assess this independence requirement we examine if these outcomes were *a posteriori* binomially distributed. Over the trials, the SPT program records and averages these outcomes for each subject, thus obtaining the frequencies. We contrasted the mean frequencies averaged across participants with respect to  $p = 80\%$  or  $20\%$  in first or second phase, respectively. The standard deviation of *Frequencies* (outcomes averaged over N trials of each participant) were compared with the theoretical Standard Error of the Mean (SEM) of the *outcomes* (i.e.,  $SEM = [p(100-p)/N]^{1/2}$ , where  $p = 80$  or  $20$ ; note that the value of SEM is the same whichever the phase).

---

<sup>20</sup> Some authors have criticized this violation of statistical independence and concluded: “the whole psychological literature on probability matching should be disregarded, and that the gambler’s fallacy might not be a fallacy after all” (Fiorina, 1971).

The expected matching pattern of *Choices* (in blocks of twenty trials), after a number of transitional trials, would stabilize (plateau) around 80% in the first phase, and around 20% in the second phase. The expected Bias after stabilization would be 0% in both phases for matching (because  $RM = LM$ ) and 100% for maximizing ( $RM = 0$  or  $LM = 0$ ). The expected percentage of *Hits* can be calculated by adding the product on each side of %Choices to the probability of the outcome on this side:  $(80 \times 0.80) + (20 \times 0.20) = 68\%$ , for matching, and  $(100 \times 0.80) + (0 \times 0.20) = 80\%$  for maximizing, in the first and second phases. En algunos resultados se clasificó a los participantes según el criterio de maximización. Un sujeto fue clasificado como maximizador si mantuvo en los últimos 40 ítems de la primera fase una ejecución equivalente al 90% a la derecha. Dado que el ordenador proporciona resultados aleatorios, hemos operativizado el criterio de la siguiente forma: será considerado maximizador quien proporcione un Sesgo superior a 38% en los bloques 4º y 5º. Para ver que este criterio es equivalente a una ejecución del 90% de elecciones a la derecha, hemos de suponer que el ordenador proporciona al sujeto una frecuencia del 80% de resultados a la derecha. En este caso, por ejemplo, una ejecución del 80% a la derecha proporciona el mismo número de fallos a ambos lados:  $RM = 80 \times 0.20$ ,  $LM = 20 \times 0.80$ , y por tanto  $RM = LM$ , esto es, probability matching. En cambio, una ejecución del 90% a la derecha, producirá un porcentaje de fallos a la derecha,  $RM = 90 \times 0.20 = 18\%$ , y a la izquierda,  $RL = 10 \times 0.80 = 8\%$ , lo que significa un Sesgo de  $(18 - 8)/(18 + 8) = 38\%$ .

The fact that the outcomes were statistically independent of each other also implies a different sequence for each participant, and the block averages can be slightly different between subjects. This lack of homogeneity in design is a good opportunity to test the sensitivity of the performance pattern to frequency. To assess this sensitivity throughout the task, we performed Pearson correlations between *Frequency* and *Choices* for each block.

To assess our main predictions, we first calculated the correlation of *Rule-complexity* with the SPT pattern. Then, depending on the *Rule-complexity* score (0-1, 2-4, and 5-6), we rearranged the sample of 52 participants into three categories ('No-rulers', 'Pre-rulers', and 'Rulers', respectively). Once the groups had been obtained, (with  $N = 22, 19, 11$ , respectively) we performed a one-way ANOVA for *Choices* on the first plateau across these three groups.

To study the relation between *Nulls* and matching, *Nulls* (in each phase and throughout the task) and *Bias* (on each plateau) Pearson correlations were calculated and then *All-Nulls* were compared between the 'no-rule' and 'complex-rule' subgroups. Impulsivity, as

measured by the *Nulls*, and because of less reflective in decision-making, might involve both maximizing and no-ruling.

To study *RT* in two-choice tasks, we represented both the ‘*RT* after a HIT’ and ‘*RT* after a MISS’. We expected a longer *RT* after a Miss than after a Hit over blocks 1-8. (Rabbitt, 1981). We also expected there to be a difference between favored response sides. To assess this, we considered ‘*RT before* responding on the left minus *RT before* responding on the right’ as the dependent variable<sup>21</sup>. Discarding the first two blocks, three homogeneous phases with 60 trials each were considered and analyzed using a one-way repeated measures ANOVA for the mentioned variable with the phase as a factor.

Raw data were tested for conformity to the normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test where necessary (subgroups with fewer than 30 subjects). Cohen’s *d* effect size<sup>22</sup> was also calculated for *t*-test comparisons. Effect sizes are especially important because they allow us to compare the magnitude of experimental comparisons between one experiment and another (Cohen, 1992).

### **Observaciones:**

Las diferencias principales con el diseño del experimento piloto fueron:

- 1- La Tarea de Predicción Simple añade una tercera fase de 60 ensayos donde el sujeto acierta siempre, aunque se le presenta sin previo aviso. Al final de la tarea, el sujeto comunicaba, por escrito, la regla encontrada.
- 2- Se modificó la presentación de la prueba TPS, se cambió el ejemplo inicial y se arreglaron algunos problemas como los encontrados en el registro del tiempo de reacción.
- 3- Se añade el test de matrices del WAIS-III, que habíamos informatizado previamente.
- 4- Un programa informático diferente tuvo que ser elaborado, también con Visual Basic, en orden a calcular los diferentes indicadores a partir de los datos brutos tomados de la base de datos Access y registrando los resultados en otra base de datos Excell.

---

<sup>21</sup> Throughout the third phase, only 26 participants responded on both sides. The others responded on only one side for all 60 trials, and therefore were discarded for this measure.

<sup>22</sup> Según sugiere Cohen (1992), los “effect size” de 0.20 son pequeños, 0.50 son medios y 0.80 grandes.



## **EXPERIMENTO 3: “Esquizofrénicos”**

En este experimento se compararon los grupos normal y esquizofrénico. Se usó el mismo diseño de la TPS que en el Experimento 2: “Normales”. Los datos del grupo normal son los del Experimento 2.

### **Participantes**

Seventy-five consecutive out-patients (20 female, 55 male) from the Hospital of Terrasa (Barcelona) participated in the study (see Table 1 for demographic information). Patients fulfilled the following study criteria: a) between 18 and 55 years old, b) diagnosis of schizophrenia (DSM-IV; APA, 1994) [patients received the following subtype diagnoses: paranoid (n = 60), undifferentiated (n = 6), disorganised (n = 5), residual (n = 4)]. The exclusion criteria were: a) fewer than seven years of education, b) mental retardation (scalar score less than seven in Vocabulary, WAIS III), c) organic cerebral diseases, d) toxic substance dependence within the last year, e) electroconvulsive therapy within the last year. At the time of testing, all the patients were clinically stable under antipsychotic treatment, living in the community, and evaluated by the Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS; Kay, Opler y Fiszbein, 1986). The means (SD) of the PANSS subscales were as follows: Positive scale: 13.3 (5.5). Negative scale: 17.4 (6.6). Composite scale: -4.1 (8.1). General Psychopathology scale: 27.8 (7.3). Total scale: 58.5 (15.3). Handedness assessed by the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) was 16.5 (SD = 8.8, range = 10–48) [10 = pure right-handed; 50 = pure left-handed; 30 = cut-off point].

The normal control group consisted of 58 individuals recruited from IDFO, and CEOP, occupation-training centres. All the participants in the normal group were screened for psychiatric diagnosis, history of head injury, and past or current history of substance abuse. See Table 3.1 for demographic information. All the participants in both groups provided written informed consent.

Table 3.1.

Demographic information: mean (sd)

	Normal group	Schizophrenic group
Age (yrs):	34.2 (10.3)	32.6 (8.0)
Education (yrs):	11.6 (3.0)	9.5 (2.4)
Sex ratio (male)	38 %	73 %
Left-handedness ratio	8.6 %	9.3 %
Edinburgh Handedness	14.1 (4.3)	16.5 (8.8)
Duration of illness (yrs)	—	9.4 (7.8)
Estimated IQ *	102.0 (14.6)	101.9 (13.7)

\* IQ in the normal group was estimated by Matrix Reasoning test of WAIS-III, and premorbid IQ in schizophrenic group was estimated by Vocabulary test of WAIS-III, both standardised to the Spanish population by age.

### *Procedimiento*

The Simple Prediction Task (SPT) consisted of two squares on a computer screen, one on each side. Participants were told that they would be making a long series of selections from the two sides, as previously described: They could switch from side to side as often as they wished, and that the overall goal of the task was to maximise the number of hits. They were also told that they would receive one hit after each selection (right or left) that coincided with the correct result; incorrect results were not penalised. Participants were not told, however, that the outcomes were randomised. The SPT consists of 220 trials: over the first 100 trials, the right side was correct 80% of time and the left side 20% of time. Then over the next 60 trials, the right side was correct 20% of the time and the left 80% of the time. The outcomes of the last 60 trials were always hits whichever side participants selected. No prior warning was given about the transition from one phase to another. We previously decided to discard the first 20 trials for the analysis because a pilot study considered that they were transitional (Unturbe and Corominas, unpublished). The present study mainly focused on the last 60 trials of the first phase (blocks 3-5), which we named ‘the first plateau’. The optimal strategy for the first phase consists of selecting the right side 100% of the time, which leads to an 80% success rate. The probability matching strategy consists of selecting the right side 80 % of the time, and the left side 20%. As mentioned in the introduction, matching is not an optimal strategy because leads to a success rate of 68%. The second phase was included to control for persevering behaviour (we named the blocks 6-7 as the second plateau). The third

phase was included to create the illusion that the participants had found the rule (see introduction). After SPT had been administered, the participants in the control group were asked whether they had found a rule and, if so, what it was. Two independent judges evaluated the rule complexity on a scale from 0 to 6. The correlation of their ratings was .80. For some calculations, rule complexity was also classified in three categories: 0-1 (no-rule), 2-4 (simple rules), and 5-6 (complex rules). Rule complexity could not be evaluated in the schizophrenic group, in which only 24 patients revealed whether or not they had found a rule. Participants were administered the SPT task and also the Letter Number Span (LN) to measure verbal working memory ability, and the Stroop test to assess their ability to suppress automatic word reading (executive attention). By correlating these measures with their performance on the SPT we sought to determine whether any of these measures were related to performance on the SPT. Fifty-two normal participants out of 58 completed both LN and Stroop; 69 out of 75 patients completed LN, and 74 patients completed Stroop. A combined executive score was obtained for each participant by calculating the arithmetic mean between the standardised LN and Stroop scores. We considered alternatively the LN raw score because we have some doubts about standardising of schizophrenics onto normal populations. Cohen's *d* effect size was also calculated for *t*-test comparisons. Finally, measure of probability matching on the first plateau was used (PM1), which involves biases of blocks 4 and 5. This indicator has the property that it be zero only when both Bias of blocks 4 and 5 are zero. And if Bias = 0, then the pattern is probability matching in these blocks. Analogously, we can define similar indicators of probability matching on second plateau (PM2), both plateaus (PM12), or even throughout the task (PM):

$$PM1 = \sqrt{[(BIAS_4)^2 + (BIAS_5)^2]}/2.$$

$$PM2 = \sqrt{[(BIAS_7)^2 + (BIAS_8)^2]}/2.$$

$$PM12 = \sqrt{[(BIAS_4)^2 + (BIAS_5)^2 + (BIAS_7)^2 + (BIAS_8)^2]}/4$$

$$PM = \sqrt{[(BIAS_1)^2 + (BIAS_2)^2 + (BIAS_3)^2 + (BIAS_4)^2 + (BIAS_5)^2 + (BIAS_6)^2 + (BIAS_7)^2 + (BIAS_8)^2]}/8.$$

Effect sizes are especially important because they enable the magnitude of experimental comparisons to be compared between one experiment and another (Cohen, 1992).



## REFERENCIAS

- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4ª edición). Washington, DC. Edición en castellano: *DSM-IV. Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales*. Barcelona: Masson, 1995.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, *111*, 155-159.
- Crow, T.J., Crow, L.R., Done, D.J., y Leask, S. (1998). Relative hand skill predicts academic ability: global deficits at the point of hemispheric indecision, *Neuropsychologia*, *36*, 1275-1282.
- Engle, RW, Tuholski, SW, Laughlin, JE y Conway, ARA (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *128*, 309-331.
- Fiorina, P.M. (1971). Critique and comments: a note on probability matching and rational choice. *Behavioral Science*, *16*, 158-166.
- Goldberg, D. (1978). *Manual for the General Health Questionnaire*. Windsor: National Foundation for Educational Research.
- Golden, C.J. (1993). *Stroop: Test de colores y palabras. Manual*. Madrid: TEA ediciones SA.
- Grant, D.A., Hake, H.W., y Hornseth, J.P. (1951). Acquisition and extinction of a verbal conditioned response with differing percentages of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology*, *42*, 1-5.
- Kay, SR, Opler, LA, y Fiszbein, A (1986). The Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS): Rating manual. *Social and Behavioral Sciences Documents*, *17*, 28-29.
- MacLeod, and Colin M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An Integrative approach. *Psychological Bulletin*, *109*, 163-203.
- Oldfield, RC. (1971). The assesment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97-113.
- Rabbit, P. M. A. (1981). Sequential reactions. In D. Holding (Ed.), *Human skills* (pp. 153–175). New York: Wiley.
- Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions, *Journal of Experimental Psychology*, *12*, 643-662.
- Unturbe, J. y Corominas, J. Is Probability Matching an Executive Process?: a pilot study
- WAIS-III (1999). *Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-III*. Madrid: TEA.
- Wechsler, D. (1997). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale-III*. New York: Psychological Corporation.
- Zigmond, A.S., y Snaith, R.P. (1983). The Hospital anxiety & Depression Scale. *Acta Psychiatrica Scandinavia*, *67*, 361-370.



# RESULTADOS



# RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 1: “Piloto”

## RESULTADOS 1

### *Performance Pattern of the SPT*

The main features of the “probability matching” pattern are (i) Pattern = **80%** in the direct phase and **20 %** in the reverse phase; (ii) Hits =  $80 \times 0.8 + 20 \times 0.2 = \mathbf{68}$  % in both direct and reverse phases; (iii) the same number of misses is predicted on each side<sup>1</sup>, RM = LM, and therefore, *Bias* = 0. These theoretical expected values of probability matching are compared with the empirical results in Table 1.1.

In the *direct phase*, the results do not differ significantly from the matching values (Hits,  $t(12) = 0.97, p > .36$ ; Pattern,  $t(12) = 0.55, p > .59$ ; and Bias  $t(12) = 1.50, p > .17$ ). In contrast, in the *reversion phase*, the corresponding differences are statistically significant with regard to the theoretical values (Hits-rev,  $t(12) = -2.71, p = .01$ ; Pattern-rev,  $t(12) = 3.03, p = .002$ ; Bias-rev,  $t(12) = 3.95, p < .001$ ). It is noteworthy that the reversion phase appears without previous warning and hence a number of tries will persevere with the previous pattern, and for this reason the empirical averages that can be seen in Table 1.1 are not the asymptotic values, as seen in Figure 1.1, which approached to the probability matching pattern.

We repeat the same analysis on the direct phase but eliminating its first preparatory 40 trials (see later the rationale for this elimination). In this case it was obtained a slight natural trend towards maximization, (Hits,  $t(12) = 1.14, p > .10$ ; *Pattern*,  $t(12) = 2.03, p = .03$ ; and *Bias*  $t(12) = 3.68, p = .004$ ). Nevertheless, as can be seen in Figure 1.1, the evolution of the *Pattern* by blocks of 20 trials appears to form a plateau on the matching line in the direct phase, and readily approached to the new matching line in the reversed phase.

The *evolution* of the pattern during the 60 trials of the reversion phase, in blocks of 20 trials, appears in Figure 1.1. We can see how it approaches to the theoretical asymptotic expected value of the probability matching.

---

<sup>1</sup> Grant, D.A., Hake, H.W., & Hornseth, J.P. (1951). Acquisition and extinction of a verbal conditioned response with differing percentages of reinforcement, *Journal of Experimental Psychology*, 42, 1-5.

Table 1.1.

*Theoretical (expected probability matching pattern) values and the experimental results of the percentage of Hits; percentage of choices on the right (Pattern); the relative difference of misses in each side (Bias); and the reaction time (RT).*

Variable	Theoretical	Direct		Direct(C)		Theor-rev	Reversion	
		Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD
Hits	68	69.7	6.3	70.5	7.9	68	60.5**	10.0
Pattern	80	81.0	6.5	84.4	7.8	20	33.2**	15.7
Bias	0	6.3	15.1	24.8**	24.3	0	33.0**	30.1
RT	–	2923	439	2887	465	–	2935	439

Direct = results are averaged over all the 100 trials of direct phase. Direct(C) = averaged results over the last 60 trials of the direct phase. RT = Reaction Time (milliseconds). Of course there is a no theoretical (expected) reaction time. The statistical significance of differences between the theoretical values and the experimental results are highlighted (\*\*  $p < 0.01$ ; the rest is not significant to the level of 0.05).

On grouping the results by gender, differences are only found in Hits, Pattern and Bias in the *reversion phase*, in the sense of a greater perseverance on the part of the females, compared to the males. These results are displayed at the top of Table 2: there are not differences in the direct phase as a whole, even eliminating the first 40 trials (Table 1.2, bottom). The *evolution* of the performance patterns through the task in blocks of 20 trials of females and males are displayed in Figure 1.2. As seen there, the differences between man and female in the direct phase in on the third block, and on the reversion phase is on the sixth block.

We obtain significant differences between females and males in the  $P_3$  and  $P_6$  partial patterns (third partial pattern of the direct phase, and first partial pattern of the reverse phase, respectively). These results are also described in the bottom of Table 1.2.

#### *Correlations in the performance of the SPT (N=13)*

From the array of Pearson correlations, the following results were obtained. In the first place, we find some significant correlations between Hits and Pattern as a consequence of design, both in the direct ( $r = +0.72$ ,  $p = .005$ ) and the reversion phase ( $r = -.89$ ,  $p = .001$ ). In

fact, the more the pattern moves toward the right in the direct phase (or the left in the reversion phase) the more the Hits are maximized. The Pattern also correlates with the Bias in both phases, as a consequence of the design (direct phase:  $r = +0.83$ ,  $p = .005$ ; reverse phase:  $r = +0.92$ ,  $p < .001$ ). This is due to the fact that the more the subject moves the pattern towards one side the more the relative errors will vary toward this side. The Pearson's correlation coefficient between Hits and Bias is minor. In the direct phase, it is not significant ( $p = 0.16$ ), although in the reversion phase it is  $r = -0.69$  ( $p = 0.01$ ). As we correct the general values, eliminating the first 40 trials, the correlations in the direct phase are modified as follows: between Hits and Pattern the correlation is reduced ( $r = +0.62$ ,  $p = .025$ ), between Pattern and Bias the correlation is increased ( $r = +0.92$ ,  $p < .001$ ), and between Bias and Hits is increased ( $r = +0.59$ ,  $p = .034$ ).

FIG. 1.1

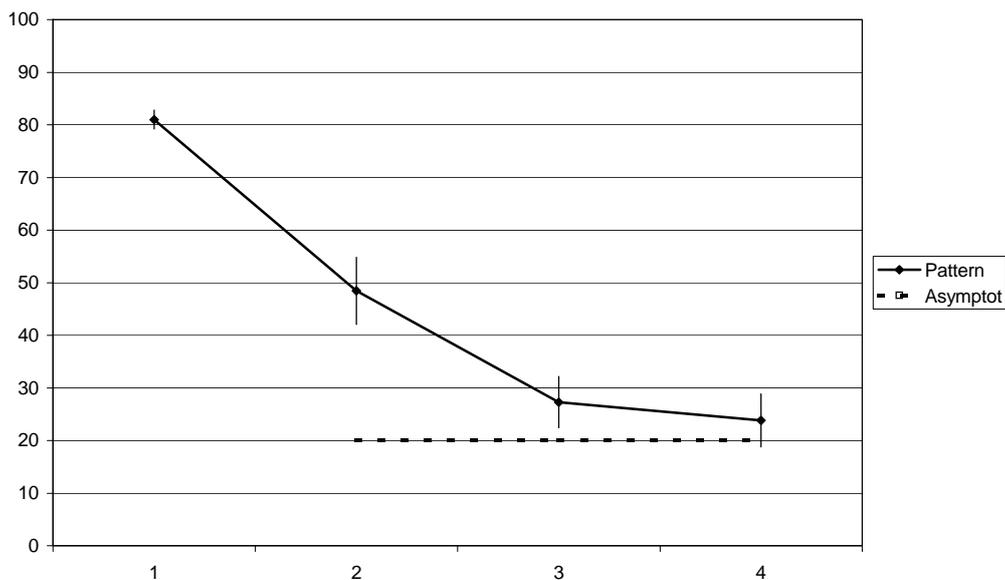


Figure 1.1. The evolution of the pattern is represented through the reverse phase. The value “1” represents the Pattern of the direct phase (the 100 trials). The values 2, 3, and 4 represent the partial patterns of the reversion phase ( $P_6$ ,  $P_7$ , and  $P_8$ ). Each of them averages 20 trials. The error bars indicate the square error of the mean (SEM).

FIG. 1.2

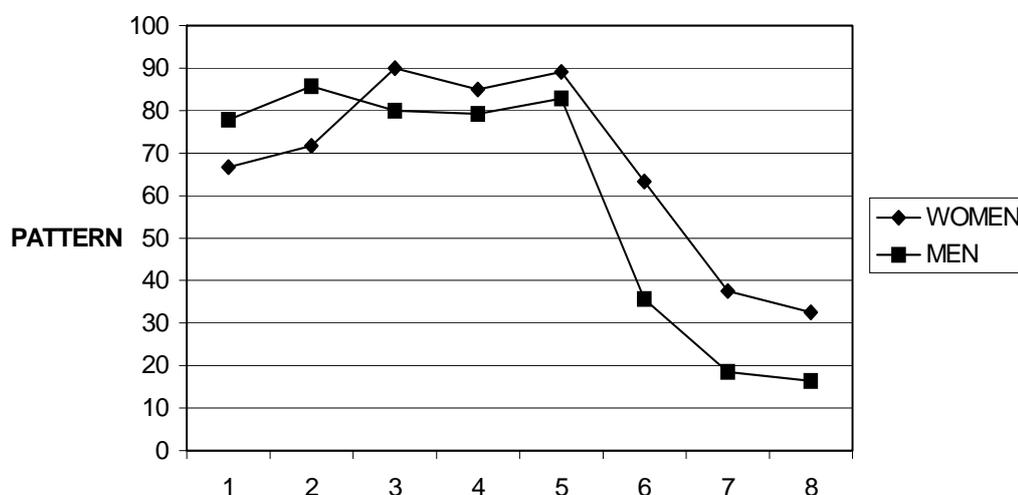


Figure 1.2. Evolution of the partial patterns (averaged each 20 trials) separated for women and males. The difference in the reverse trials (6, 7, and 8) is apparent.

Table 1.2

Performance results of the SPT (means and standard deviations) for women and males. TOP: % Hits, Pattern and Bias of the direct and reverse phases. BOTTOM: (C) Corrected directed phase (last 40 trials of the direct phase). Also the partial patterns that shows a significant difference are represented ( $P_3$  and  $P_6$ ).

	<u>HITS</u>	<u>PATTERN</u>	<u>BIAS</u>	<u>HITS-inv</u>	<u>PATT-inv</u>	<u>BIAS-rev</u>
Women	67.8 (7.4)	80.5 (7.8)	5.2 (14.0)	55.0 (8.5)	44.4 (13.3)	55.8 (21.4)
Males	71.3 (5.2)	81.4 (6.3)	7.2 (16.0)	65.2 (9.9)	23.6 (11.5)	13.4 (22.2)
P	0.36	0.81	0.82	0.06	.012*	.008**

---

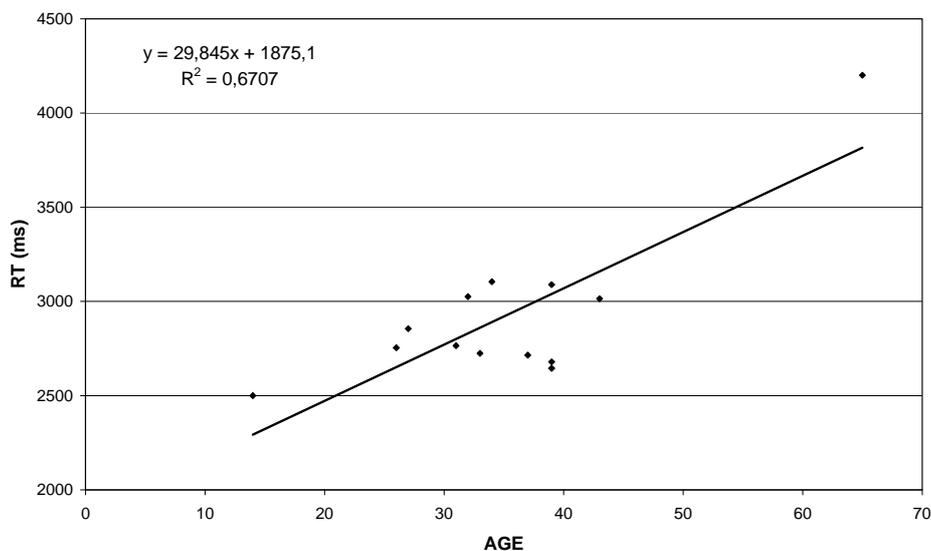
	<u>Hits(C)</u>	<u>Pattern(C)</u>	<u>Bias(C)</u>	<u>P3</u>	<u>P6</u>
Women	71.1 (6.9)	88.1 (5.9)	35.9 (25.6)	90.0 (7)	63.0 (22)
Males	70.0 (7.5)	81.2 (8.2)	15.4 (20.1)	80.0 (10)	36.0 (15)
P	0.79	0.11	0.14	0.05*	0.03*

---

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ .

The correlations in which the reaction time (RT) intervenes: two results turn out to be significant: (i) A significant positive correlation with the RT between the direct and reversion phases ( $r = +0.87$ ;  $p < 0.01$ ). The participants who take most time in one phase also take more time in the other. (ii) A significant positive correlation is found between the RT's and age (direct phase:  $r = +0.79$ ;  $p = .001$ ; reverse phase:  $r = +0.80$ ;  $p = .001$ ; the corrected value in the direct phase is slightly less:  $r = +0.76$ ,  $p = 0.03$ ). That is, the older the participant, the slower they are. However, a later visual examination of these data indicates that most of the sample group (11 out of the 13 participants) aged between 26 and 43, maintain a stationary RT mean values and SD's of 2840 (180) ms and 2870 (240) ms for the direct and reverse phases, respectively. The effect is due to the other two participants. One of these, aged 14, had RT's of 2530 ms and 2470 ms, while another participant, aged 65 had RT's of 4250 ms and 4150 ms. This effect can be visualized in Figure 1.3.

**FIG. 1.3**



*Figure 1.3.* RT's as a function of age. For the sake of simplicity, here the RT's of direct and reverse phases are averaged for each participant.

The ('corrected') RT averaged across the two phases, which is extraordinarily constant in the participants between 26 and 43 years old ( $N = 11$ ), is 2828 ms ( $SD = 230$ ); whereas the corresponding RT of all the 13 participants is 2911 ms ( $SD = 452$ ). In short, the percentage of the variance that is explained by these two extreme RT's is 74.1%.

Finally, we consider all the 160 trials into eight partial patterns (blocks of 20 items), in order to test the internal consistency of the SPT. The first result is that the five partial patterns in the direct phase *do not correlate* significantly between them. However, the partial patterns in the reversion phase do correlate: P<sub>6</sub>-P<sub>7</sub> ( $r = +0.57$ ,  $p = 0.04$ ) and P<sub>7</sub>-P<sub>8</sub> ( $r = +0.66$ ,  $p = 0.01$ ), although do not correlate significantly P<sub>6</sub> with P<sub>8</sub> ( $r = +0.21$ ,  $p = 0.50$ ). One interesting result is that of a negative correlation between the second partial pattern in the direct phase (P<sub>2</sub>) with the third of the reversion phase (P<sub>8</sub>):  $r = -0.75$ ,  $p = .003$ . That is, the participants who responded with a more extreme pattern in the second partial also do it in the final part of the reversion, on the opposite side.

Table 1.3

*Array of correlations between the main variables of each phase (left column) and partial patterns (upper row), to the level 0.05*

	<u>P1</u>	<u>P2</u>	<u>P3</u>	<u>P4</u>	<u>P5</u>	<u>P6</u>	<u>P7</u>	<u>P8</u>
AGE	–	–	–	–	–	+ 0.59	–	–
HINTS	–	–	–	–	–	–	–	–
PATTERN	–	+ 0.77*	–	–	–	–	–	–
BIAS	+ 0.75*	+ 0.61	–	–	–	–	–	–
RT	–	–	–	–	–	–	–	–
HINTS-rev	–	–	–	–	–	– 0.61	– 0.91**	– 0.65
PATRON-rev	–	– 0.62	–	–	–	+ 0.78*	– 0.91**	+ 0.73*
BIAS-rev	–	– 0.63	–	–	–	+ 0.80**	– 0.72*	+ 0.67
RT-rev	–	–	–	–	–	+ 0.57	–	–

\*  $p < 0.01$ ; \*\*  $p < 0.001$ . The non significantly correlations, with  $p$  lower to 0.05, do not appear on the table.

In Table 1.3 we can see the array of correlations of the main variables (Hits, Pattern, and Bias) of each phase with the partial patterns. Firstly, regardless for a moment the RT's, all the partial patterns of the reversion phase correlate significantly with the main variables of this phase (lower right square of Table 1.3), while this only occurs in isolated cases between the partial patterns in the direct phase and the main variables in the direct phase (upper left square of Table 1.3). This could mean a lack of internal consistency in this phase. Nevertheless, we have to take into account that the first trials are preparatory. We have

decided to correct the direct phase by eliminating the first 40 trials, thus, equaling the number of trials in both phases. In the new array of correlations (Table 1.4), calculated through these corrected values, we can observe an internal consistency in both phases. Moreover, when we calculate the internal consistency ( $\alpha$  de Cronbach) for the partial patterns of the corrected direct phase and of the reversion phase, we obtain  $\alpha = 0.67$  and  $\alpha = 0.71$  respectively.

Table 1.4

*Array of correlations between the 'corrected'(C) main variables of each phases (left column) and the partial patterns (upper row), to the signification level of 0.05*

	<u>P3</u>	<u>P4</u>	<u>P5</u>	<u>P6</u>	<u>P7</u>	<u>P8</u>
HINTS(C)	–	–	+ 0.73*	–	–	–
PATTERN(C)	+ 0.74*	+ 0.86**	+ 0.71*	–	–	–
BIAS(C)	+ 0.79**	+ 0.68	+ 0.64	–	–	–

\*  $p < 0.01$ ; \*\*  $p < 0.001$ .  $P_1$  and  $P_2$  no do not appear in this table because of their elimination from analysis. The non-significantly correlations, with  $p$  lower to 0.05, do not appear in the table.

Secondly, although none of the partial patterns in the reversion phase correlate significantly with the main variables in the direct phase (right upper square in Table 1.3), some partial patterns in the direct phase correlate with the reversion phase (lower left square in Table 1.3). Likewise, the second partial pattern in the direct phase ( $P_2$ ) correlates with the main variables Pattern and Bias *both, in the direct phase (positively) and in the reversion phase (negatively)*. To this is added its correlation, with the third partial pattern of the reversion phase ( $P_8$ ), above mentioned. In any case, this problem does not appear in the corrected scores (Table 1.4).

Thirdly, the first partial pattern in the reversion phase ( $P_6$ ) correlates positively with age and with the RT of the reversion phase (and not with the RT of direct phase). That is to say, the participants that persevered more in the first 20 trials of reversion were older, and reacted more slowly only in this phase.

*Results of the questionnaires and complementary tests*

The general characteristics of the results (mean scores and SD's) of the affective questionnaires and the complementary tests are shown in Table 1.5. In the affective questionnaires (GHQ-28 and HAD), we can observe low scores, in general, obtaining the highest scores in the anxiety scale of the HAD (in Table 1.5 the scores are re-scaled to 100).

Table 1.5

*Mean scores and SD's of the affective questionnaires, re-scaled to 100 (upper table) and of the complementary tests (lower table), non re-scaled.*

(N=10)	<u>General Health Questionnaire (GHQ-28)</u>						<u>HAD</u>	
	<u>GHQ</u>	<u>G-A</u>	<u>G-B</u>	<u>G-C</u>	<u>G-D</u>	<u>G-T</u>	<u>HAD-D</u>	<u>HAD-A</u>
Mean	15.0	30.0	29.5	27.6	9.0	24	11.9	42.4
SD	17.5	15.7	20.9	9.0	14.8	10.1	7.6	12.9

(N=8)	<u>Stroop</u>				<u>LN</u>	<u>Hand Skill</u>		
	<u>W</u>	<u>C</u>	<u>WC</u>	<u>INT</u>	<u>LN</u>	<u>R</u>	<u>L</u>	<u>RHS</u>
Mean	118	85.4	54.0	4.8	14.3	102.5	75.1	22.1
SD	15.7	17.5	12.2	7.2	2.3	22.6	23.1	4.3

TOP: The first six scores pertain to the General Health Questionnaire and the two lasts to the Hospital Anxiety and Depression Scale (see 'method').

BOTTOM: The first four scores pertain to the Stroop Task; Stroop subscales: W = "word"; C = "color"; WC = "colored words"; INT = (WC - E) "interference". LN = Letter-Number. The last three scores pertain to Hand Skill: RHS = Relative Hand Skill; R = dominant hand skill; L = non-dominant hand skill.

When we looked at the differences between females and males through the *t* test, only the measures of relative hand skill (RHS) and dominant hand skill (R) were significant. They were greater among the males. The mean values and SD's for hand skill in females (n = 5) and in males (n = 3) are shown in Table 1.6.

Table 1.6

Mean values (*SD*'s) in women and men. The differences are significant in RHS and R.

	<u>WOMEN</u>	<u>MALES</u>	<u>P</u>
RHS	20.0 (3.9)	25.5 (2.5)	0.05*
R	95.8 (14.4)	129.7 (6.0)	0.004**
L	64.4 (13.2)	77.0 (5.6)	0.11

RHS = Relative Hand Skill; R = dominant hand skill; L = non-dominant hand skill

(\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ).

In the Table 1.6 it can clearly be seen that the greater RHS on the part of the males is due to a better performance by the dominant hand. The performance of the non-dominant hand was not significantly different between the two groups ( $p = 0.11$ ). All of the analysis in this and the next paragraph is to characterize the individual differences of the sample.

*Correlations between the scores on these questionnaires and complementary tests*

1) Four partial (designed by letters A, B, C, D) and two global scores was extracted from General Health Questionnaire GHQ-28 (GHQ and G-T). The two global scores are strongly correlated ( $r = +0.92$ ,  $p < .001$ ). The array of the correlation between the global and the partial scores can be seen in Table 1.7.

Table 1.7

Array of Pearson's correlations between the global and partial scores of the GHQ-28 questionnaire.

(N = 10)	<u>G-A</u>	<u>G-B</u>	<u>G-C</u>	<u>G-D</u>
GHQ	+ 0.71*	+ 0.75**	- 0.10	+ 0.76**
G-T	+ 0.77**	+ 0.74**	+ 0.14	+ 0.79**

Partial scores: G-A = 'somatization'; G-B = 'anxiety'; G-C = 'social inadequacy'; G-D = 'depression'. Global scores: G-T = G-A + G-B + G-C + G-D; GHQ = normative score (see 'method'). (\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ).

As it can see, only the G-C sub-scale does not correlate at all with the global scores GHQ and G-T ( $p = 0.78$  and  $p = 0.69$ , respectively). On the other hand, the partial scores do not correlate to each other except between G-A (somatization) and G-D (depression) ( $r = +0.74$ ,  $p = 0.01$ ).

These results clearly show that this questionnaire provides an internally consistent measure, except, perhaps, the G-C score (social deterioration and inadequacy), which, in our small sample, was not in keeping with the whole.

2) In the Stroop Task, on the one hand, C correlates positively with WC ( $r = + 0.89$ ,  $p = .003$ ), that is, the quicker they name the colors in 45 seconds, the quicker they name the colored words. On the other hand, WC and INT correlate positively ( $r = + 0.81$ ,  $p = 0.01$ ), that is, the more colored words they name, the less negative interference they produced; remember that  $INT = WC - E$  (see 'method 1'). So these results indicate internal consistency in the test.

3) Considering the correlations of RHS, R and L each other, we find a significant correlation between the absolute scores for each hand, R and L ( $r = + 0.88$ ,  $p = .004$ ). That is, the participants who performed better with one hand also performed better with the other.

4) With regard to the correlations of the questionnaires to each other, we find significantly that of sub-scales of anxiety both from GHQ-28 and HAD, that is, between G-B and A:  $r = +0.81$ ,  $p = .005$ .

5) The age correlates with only three scores: Stroop interference INT ( $r = -0.70$ ,  $p = 0.05$ ), Letter-Number LN ( $r = -0.82$ ,  $p = 0.01$ ), and absolute score of non-dominant hand L ( $r = -0.90$ ,  $p = .002$ ). The more age the more Stroop effect and the worse performance in LN and L.

6) The LN span test correlates with WC ( $r = +0.70$ ,  $p = 0.05$ ) and INT ( $r = +0.71$ ,  $p = 0.05$ ), that is to say, the better the participants perform in LN the better performance on the Stroop task. LN also correlates with G-C sub-scale of GHQ-28 ( $r = -0.76$ ,  $p = 0.03$ ).

7) Finally, we find a significant correlation between RHS and W ( $r = +0.82$ ,  $p = 0.01$ ), in which the greater the relative hand skill, the greater the speed in reading the words.

8) Later, having a left-handed participant in the sample, we have considered the influence of the absolute left-hand skill *per se* ( $L^*$ ), independently of whether it was dominant or not. In this case, a significant correlation was obtained with the scale of depression of the HAD ( $r = +0.81$ ,  $p = .015$ ).

*Correlation between the tests and the SPT*

1) The only main variable of the SPT that correlated significantly with the tests was the reaction time (RT and RT-rev), and did it with the Stroop interference, the LN and the absolute hand skill, especially the non-dominant hand L, as we can see in Table 1.8. Note that the RT in the reversion phase is more sensitive. Here the RT is the ‘corrected’ score.

Table 1.8

*Array of Pearson’s correlations between the complementary tests with the age and with the RT’s, to the significant level 0.05.*

(N = 8)	<u>INT</u>	<u>LN</u>	<u>R</u>	<u>L</u>
Age	-0.70	-0.82	-0.67 (n.s.)	-0.75
RT-inv	-0.79	-0.80	-0.71	-0.85*
RT	-0.76	-0.63 (n.s.)	-0.62 (n.s.)	-0.85*

INT = (WC – E) = Stroop interference; LN = Letter Number span test; R = dominant hand skill; L = non-dominant hand skill; RT = ‘corrected’ score of Reaction Time of the directed phase; RT-rev = Reaction Time of the reverse phase; n.s. = non significant; \*  $p < 0.01$ ; restant:  $p < 0.05$ .

2) P<sub>3</sub> correlated negatively with RHS ( $r = -0.70$ ,  $p = 0.05$ ). In a later revision of the data, from this sub-group (the 8 participants that had answer all tests), we took the three who most chose the right-hand side in the last 60 items of the direct phase (upper 88%) and the three who less chose the right-hand side in the same trials (under 83%). The first three scored 19.4 (SD = 1.0), on average, in RHS, and the other three scored 25.5 (SD = 2.5). A Mann-Whitney test showed that the mean differences were significant ( $p = 0.04$ ). In short, the participants who maximized most in the direct phase had a significantly lower relative hand skill (RHS). This data are shown in Table 1.9.

3) Later we examined the performance of the more anxious participants –those who equaled or excelled the score of 10 –out of 21– on the anxiety scale of the HAD. Of the 10 participants who answered this scale, 4 scored above the cutoff. These participants were significantly (by Mann-Whitney test) more resistant to changing the pattern in the reversion phase than the 6 others, as we can see in Table 1.10.

Table 1.9

*From the sub-group of eight participants, that had answered all tests, we select the 3 with greatest score in the (corrected) Pattern(C) and the 3 with the lowest score. The means and SD's are compared both in Pattern and RHS. By means a t test, the differences are significant to the level 0.05.*

	<u>Pattern(C)&gt; 88</u>	<u>Pattern(C)&lt; 83</u>	<u>p</u>
Pattern(C)	92.2 (5.4)	75.0 (7.3)	0.03
RHS	19.4 (1.0)	25.5 (2.5)	0.03

The maximizers have a low RHS

Table 1.10

*From the sub-group of 10 participants that answer the HAD, we select those over the cutoff on anxiety scale ( $A \geq 10$ ).*

	<u>A <math>\geq</math> 10 (N=4)</u>	<u>A &lt; 10 (N=6)</u>	<u>P</u>
Pattern-rev	48.7 (7.1)	29.5 (14.7)	0.03
Bias-rev	63.0 (17.1)	21.9 (26.2)	0.02

Participants with  $A \geq 10$  was significantly less flexible to the reversion. The difference of means was made by the Mann-Whitney test.

4) With regard to the partial patterns of the SPT, we find that the pattern of the first 20 items of each phase (that is,  $P_1$  and  $P_6$ ) correlated significantly with the Stroop C ( $r = +0.75$ ,  $p = 0.03$ ; and  $r = +0.73$ ,  $p = 0.04$ ). That is to say, the greater the facility for naming colors the greater the tendency to start responding on the right in SPT, in each phase.

5)  $P_1$  also correlated with some GHQ-28 scores: GHQ ( $r = -0.71$ ,  $p = 0.02$ ) and G-D (depression) ( $r = -0.69$ ,  $p = 0.03$ ).  $P_3$  correlated with the score for anxiety (G-B) of this questionnaire ( $r = +0.67$ ,  $p = 0.03$ ). The asymptotic part in the direct phase ( $P_5$ ) correlates with the scale of depression of the HAD ( $r = -0.64$ ,  $p = .045$ ). In this way, the maximizers in

the first phase scored low in depression of the HAD. P<sub>5</sub> correlated strongly with the *left*-hand skill (L\*) ( $r = -0.88$ ,  $p = .004$ ). The right hand skill *per se* (R\*) did not correlate with any variable, not even with RT-inv.

6) The negative correlation between the partial patterns P<sub>2</sub> and P<sub>8</sub> has an unexpected common denominator: the sub-scale “social deterioration and inadequacy” (G-C) of the GHQ-28. In fact, if we divide the 10 participants who answered G-C by the median, the sub-group who scored highest on this scale performed a more extreme pattern in P<sub>2</sub> and P<sub>8</sub> (86 and 20, respectively), whereas the group which scored less in G-C produce a more moderate pattern in P<sub>2</sub> and P<sub>8</sub> (65 and 40, respectively). By Mann-Whitney test we can see that these differences are significant for P<sub>8</sub> with  $p = 0.05$  but for P<sub>2</sub> have only a non-significant tendency  $p = 0.06$ .

Moreover, as we have already stated, G-C correlates negatively with LN. This leads us to divide the sample by the median of the scores for LN. In this way, we again find that the participants who scored high in LN (mean score = 16.0) were more moderate in P<sub>8</sub> (43.75) and those who scored less in LN (mean score = 12.2) were more extreme in P<sub>8</sub> (21.25). The Mann-Whitney test shows that the difference is significant ( $p = 0.05$ ).

For the sake of completeness, we did the same with the other two tests: the Stroop task and RHS. The latter produced no significant differences in block 8. However, on dividing the sample by the median of the Stroop interference, we again found that the sub-group of high negative interference (mean score = -9.2) was the most extreme in the partial pattern P<sub>8</sub> (21.25) and that which produced least interference (mean score = -1.0) was the most moderate in P<sub>8</sub> (43.75). To sum up, the better the performance in the last 20 items of the reversion phase, the worse the performance in LN and the Stroop interference and the higher the score in the G-C sub-scale.



## RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 2: “Normales”

### RESULTADOS 2a

#### *Internal validity of Simple Prediction Task (SPT)*

As can be seen in Table 2.1, the mean and SD of the *frequencies of outcomes* across the participants was statistically indistinguishable from their theoretically calculated values (mean and SEM) assuming a binomial distribution of *outcomes*. This result is compatible with the statement of statistical independence of events. For example, no differences at all were detected in frequencies of outcomes between males and females in the first phase [ $t(56) = -1.72$ , n.s.], the second phase [ $t(56) = -1.42$ , n.s.], or on the first and second plateaus [ $t(56) = -.59$ , n.s.;  $t(56) = .19$ , n.s., respectively], which guarantees that the outcomes were not biased for gender.

Table 2.1

*Comparison of the parameters of the outcome distribution produced by SPT with the corresponding parameters of the theoretical binomial distribution. Differences are non significant, and so validate the statistical independence of events in SPT.*

PHASE	Blocks	N trials	Binomial Mean (SEM)	Outcomes % Rights (SD)	<i>t</i> p	$\chi^2$ p
First phase	1-5	100	80 (4.0)	79.6 (3.6)	> .37	> .84
“ first 40 trials	1-2	40	80 (6.3)	79.7 (7.0)	> .78	> .26
“ last 60 trials	3-5	60	80 (5.2)	79.5 (4.2)	> .37	> .98
Second phase	6-8	60	20 (5.2)	20.0 (5.1)	> .76	> .54

SEM = Theoretical value of the Standard Error of the Mean over N trials. SD = Standard Deviation of outcome Frequencies across the participants. t-test compares the mean;  $\chi^2$ -test compares the variance.

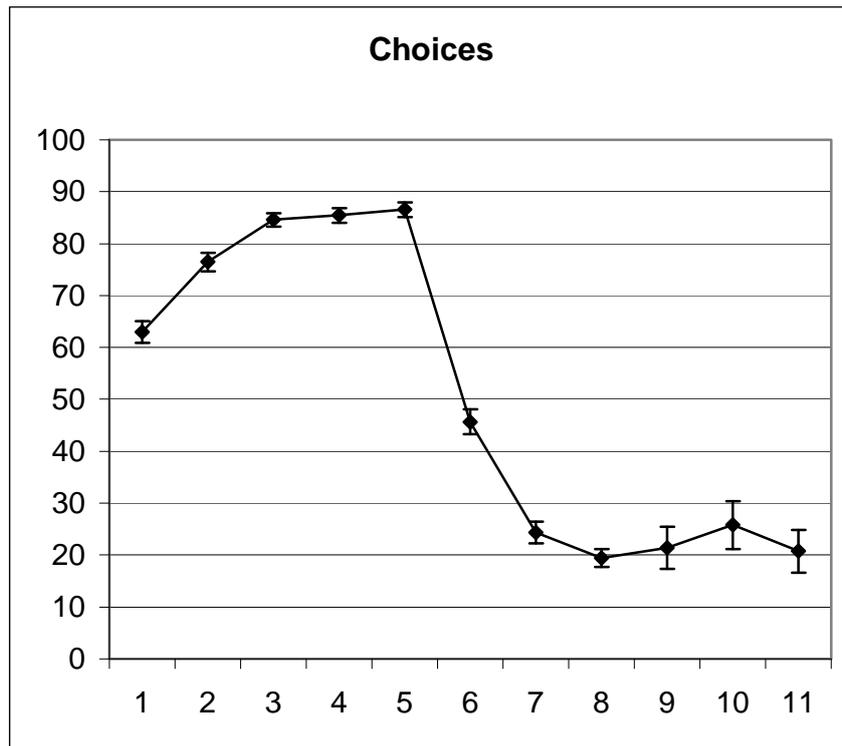


Figure 2.1. Percentage of Choices ( $\pm$  SEM) in blocks of 20 trials. The first phase plateau (blocks 3-5) and the second phase plateau (blocks 7-8), can be seen.

### *Reproducing the matching pattern*

The pattern of *Choices* by blocks is shown in Figure 2.1. We can observe a pair of plateaus: in the first phase (blocks 3-5) and in the second phase (blocks 7-8), prolonged during the third phase (blocks 9-11).

Although the first phase pattern,  $Bias = 1.36$  ( $SEM = 2.9$ ), on the whole, fulfills the probability matching pattern (that is, there is no statistically significant difference with respect to  $Bias = 0$  [ $t(57) = .47$ , n.s.]), the first plateau (blocks 3-5) was shifted to maximization ( $Bias = 23.7$ ;  $SEM = 4.1$ ) and the difference was statistically significant [ $t(57) = 5.19$ ,  $p = .001$ ]. Nevertheless, as seen in Figure 2.1, the rising percentage of *Choices* in the blocks in the first phase stabilizes to form a plateau (85.5%,  $SEM = 1.1$ ). As a consequence, blocks 1-2 can be considered to be transitional.

As can be seen in Figure 2.1, in the second phase (blocks 6-8) *Choices* are close to the probability matching values. In fact, these results indicate that when the 6<sup>th</sup> block is discarded

as transitional, and only the average of the last 40 trials (blocks 7-8), the mean of *Bias* = 0.2 (SEM = 4.7) is not significantly different from *Bias* = 0 ( $t(57) = .04$ , n.s.).

It is worth noting that the two plateaus were significantly, inversely correlated both for *Choices* ( $r(58) = -.38$ ;  $p = .003$ ) and for *Bias* ( $r(58) = -.43$ ;  $p = .001$ ); that is, subjects that tended to maximize on the first plateau also tended to maximize on the second.

In short, the average response shows a maximizing trend that is relatively near to probability matching in blocks 3-5. A plateau forms and, when the probabilities are reversed, the average response is quickly adapted to the new matching in the blocks 6-8. (No differences were found between the patterns of males and females, for *Choices* and *Bias*, in the first phase [ $t(56) = -.11$ , n.s.;  $t(56) = .37$ , n.s.], the second phase [ $t(56) = -1.33$ , n.s.;  $t(56) = -.23$ , n.s.], or on the first [ $t(56) = .34$ , n.s.;  $t(56) = .15$ , n.s.] and second [ $t(56) = -1.91$ , n.s.;  $t(56) = -1.26$ , n.s.] plateaus, which guarantees that the outcomes were not biased for gender.)

#### *Sensitivity of the SPT-pattern to Frequency of outcomes*

The correlations between *Frequencies* of outcomes and *Choices* per block (Table 2.2) show a high correlation on transitional blocks but are not significant on the first plateau, as predicted. The second ‘plateau’ seems to be transitional and, hence, must not be properly considered as a plateau, unlike the first plateau (60 trials may not be enough compared with 100).

#### *SPT performance and rule complexity*

Fifty-two of the fifty-eight participants answered the SPT self-report unambiguously. The correlation between *Rule-complexity* and the SPT pattern was significant on the first plateau (blocks 3- 5) [*Choices*:  $r(52) = -.37$ ,  $p = .007$ ; *Bias*:  $r(52) = -.37$ ,  $p = .007$ ; *Hits*:  $r(52) = -.25$ ,  $p > .07$ ] and on second plateau (blocks 7-8) only for *Hits* [ $r(52) = -.29$ ,  $p = .04$ ], which shows that the more maximizing there is the lower the degree of complexity.

Considering the three subgroups classified by the *Rule-complexity* score, we performed a one-way ANOVA for the SPT pattern on the first plateau (blocks 3-5). The results showed that the effect of the group variable is statistically significant for *Choices* ( $F(2, 51) = 4.7$ ,  $p = .01$ ), *Bias* ( $F(2, 51) = 3.4$ ,  $p = .04$ ), and *Hits* ( $F(2, 51) = 3.2$ ,  $p = .048$ ). As Table 2.3 shows, *post hoc* comparisons for *Choices* showed a significant difference between ‘No-rulers’ and ‘Rulers’. The same is true for *Hits* and *Bias*. When we extended the comparisons to the

second plateau (blocks 7-8), the results (see Table 2.3) indicated significant differences between groups for *Choices* and *Hits* but not for *Bias*. In any case, it is worth noting that the corresponding ANOVA on the second plateau (blocks 7-8) for the SPT pattern did not show significant differences.

Table 2.2

*Correlation array between Frequencies of outcomes per blocks and Choices per blocks.*

<i>Choices</i>	<i>Frequencies per blocks</i>								
	First phase					Second phase			
		1	2	3	4	5	6	7	8
first phase:	1	.54**	–	–	–	–	–	–	–
	2	.39*	.45**	–	–	–	–	–	–
	3	.36*	.29	–	–	–	–	–	–
	4	–	–	–	–	–	–	–	–
	5	–	–	–	–	–	–	–	–
second phase:	6	–	–	–	–	–	.66**	–	–
	7	–	–	–	–	–	–	.64**	–
	8	–	–	–	–	.31	–	.33*	.37*

*Note.* Only the correlations significant at .05 are shown.

\*  $p \leq .01$ ; \*\*  $p \leq .001$ .

Interestingly, when the SPT pattern for ‘Rulers’ and ‘No-rulers’ was plotted (Figure 2.2), the first plateau of ‘Rulers’ maintained a probability matching pattern across trials. There is no statistically significant difference with the matching pattern (*Choices* = 79.8%, SEM = 2.4,  $t(11) = -.07$ , n.s.). The same is true for *Hits* ( $t(11) = -1.18$ , n.s.) and *Bias* ( $t(11) = .40$ , n.s.). On the other hand, it is interesting to note that when the total SPT score is taken into account (that is, for the whole percentage of *Hits* on blocks 1-8), ‘Rulers’ performed SPT significantly worse than ‘No-rulers’ (see Table 2.3). The three categories for *Rule-complexity* were not biased in gender [ $\chi^2(2, N= 52) = .64$ , n.s.]. The results indicate that the participants showed a close relationship between probability matching (which implies a loss of optimization) and rule generating.

Table 2.3

Plateau differences between Rulers and No-Rulers. All signs of the differences are in accordance with the hypothesis.

		No-Rulers (N = 22)		Rulers (N = 11)		<i>p</i>	<i>d</i>
		Mean	(SEM)	Mean	(SEM)		
First plateau							
	Bias-1	31.3	6.3	2.5	8.4	.005	1.03
	Hits-1	71.3	1.5	65.7	1.7	.014	.88
	Choices-1	88.0	1.4	79.6	2.6	.002	1.17
Second plateau							
	Bias-2	-5.1	8.4	12.0	10.4	.11 <i>ns</i>	.47
	Hits-2	68.8	2.3	61.1	3.7	.04	.69
	Choices-2	20.5	2.7	27.7	3.0	.05	.71
Overall	All Hits	65.7	.9	62.4	1.5	.02	.78

Note: All Hits indicates overall percentage of hits throughout the SPT task. Cohen's *d* effect size is included. All *t*-tests are one-tailed. *ns*: non significant ( $p > .05$ ).

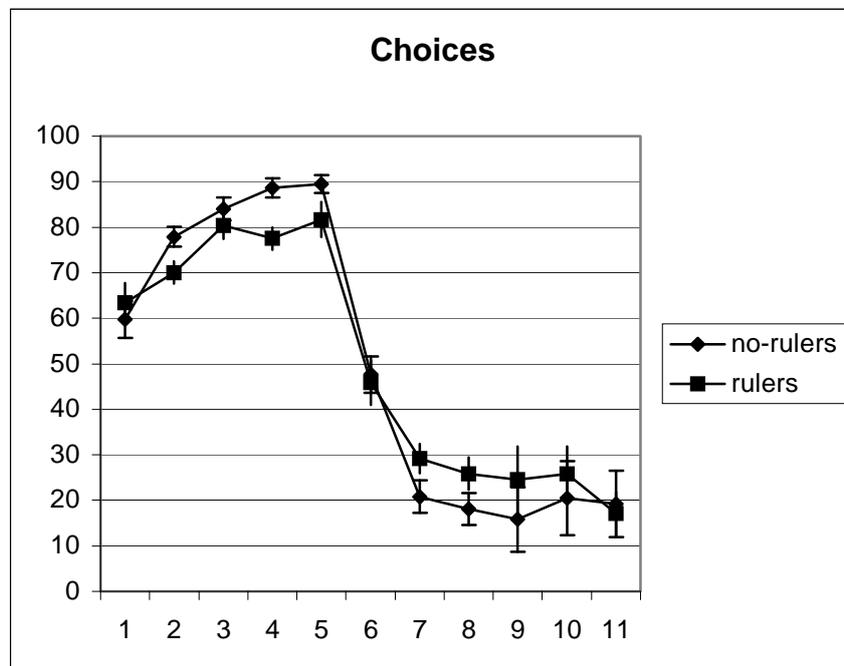


Figure 2.2. Percentage of Choices ( $\pm$  SEM) in blocks of 20 trials, comparing Rule and No-Rule groups. Note that the Rule group adjusted exactly to probability matching (80%) on the first plateau (blocks 3-5).

### *Nulls*

Correlations between the *Nulls* of each phase and the *Bias* of each plateau were performed. *Bias* on the first plateau (blocks 3-5) correlated positively with the *Nulls* of phases 1 ( $r(58) = .30$ ;  $p = .02$ ) and 2 ( $r(58) = .30$ ;  $p = .02$ ), but not of phase 3 ( $r(58) = .15$ ; n.s.). Otherwise, *Bias* on the second plateau (blocks 7-8) correlated negatively with the *Nulls* of phases 1 ( $r(58) = -.30$ ;  $p = .02$ ), 2 ( $r(58) = -.37$ ;  $p = .004$ ) and 3 ( $r(58) = .30$ ;). The results appear to show that both plateaus shifted toward maximization when the *Nulls* were high. Surprisingly, although the *Nulls* of phases 1 and 2 showed a high correlation to each other ( $r(58) = .94$ ;  $p < .001$ ), the *Nulls* of phase 3 did not correlate at all with any of them [ $r(58) = -.02$ ; n.s.;  $r(58) = -.01$ ; n.s., respectively with phases 1 and 2].

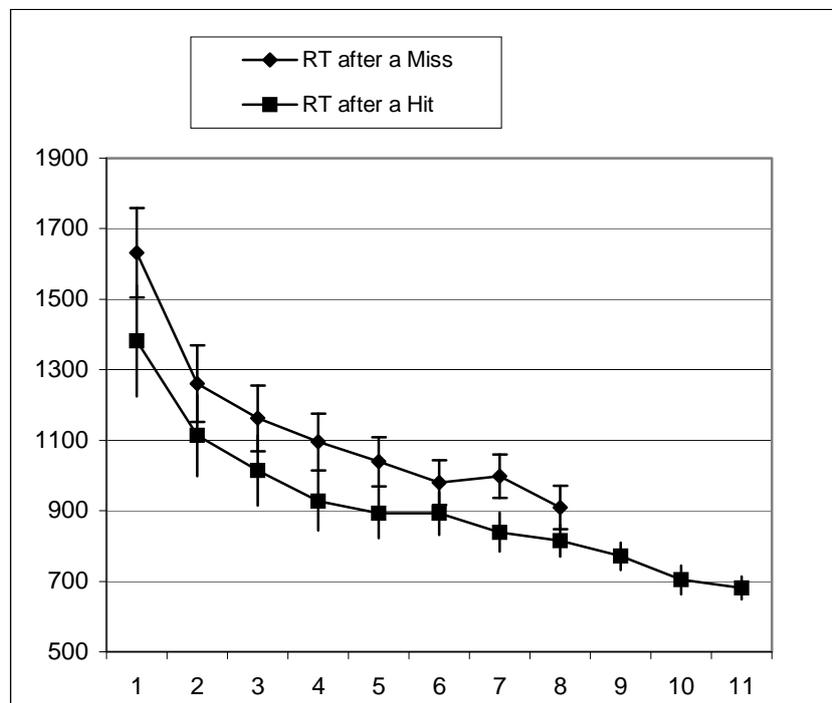
*All-Nulls* (blocks 1-11) correlated significantly with the *Bias* of the second plateau (blocks 7-8) [ $r(58) = -.39$ ;  $p = .002$ ], but not with the first plateau [ $r(58) = .25$ ; n.s.]. When *All-Nulls* were compared between Rulers (mean = 3.9; SEM = 1.8) and No-Rulers (mean = 32.2; SEM = 11.8), a one-tailed  $t$  test showed a significant difference ( $t(22) = 2.4$ ;  $p = 0.01$ ; variances showed a significant difference;  $d = .64$ ) on expected direction: that is to say, participants with a high capacity for generating rules produced fewer *Nulls* than those with a low capacity.

### *Reaction Time*

No differences were found between males and females for *RT* [ $t(56) = -.49$ ; n.s.]. Figure 2.3 shows not only that *RT* gets shorter as the task progresses, but also that *RT* is longer after a MISS than after a HIT for blocks 1-8, and that the overall difference was significant [ $t(57) = 4.21$ ;  $p < .001$ ]. By blocks, these differences were extraordinarily constant: 251 ms (114), 144 (67), 148 (69), 167 (51), 146 (48), 87 (43), 158 (45), 96 (50) [by blocks, mean (SEM)]. As a reference value, when the first block of twenty trials was eliminated, *RT* differences in blocks 2-5 showed a mean of 151 milliseconds (SEM = 59).

Finally, considering ‘*RT before* responding on the left minus on the right’ in each of three phases, we performed a one-way repeated measures ANOVA. The first forty trials of the first phase were removed for reasons of homogeneity (see method). Nevertheless, the results were essentially the same when all trials were considered. The results show that the effect of the variable is statistically significant within-subjects ( $F(1, 25) = 5.15$ ,  $p = .03$ ) but

not between-subjects ( $F(1, 25) = .04$ , n.s.), which indicates an effect of the phase. Comparing *RT* before left and *RT* before right, in first phase we obtained a difference of 181 ms (SEM = 57;  $t(57) = 3.20$ ,  $p = .002$ ,  $d = .42$ ), in the second phase a difference of -118 ms (SEM = 39;  $t(57) = -3.03$ ,  $p = .004$ ,  $d = .40$ ), and in the third phase -15 ms (SEM = 28;  $t(25) = -.55$ , n.s.). That is to say, in the first phase *RT* was longer before responding on the left, in the second phase *RT* was longer before responding on the right and, interestingly, in the third phase there was no privileged side. Hence, *RT is longer before a subject responds on the least probable side than on the most probable side.*



*Figure 2.3.* Reaction Times ( $\pm$  SEM) in blocks of 20 trials, comparing *RT*-after-a-miss with *RT*-after-a-hit. Note the relative difference between them (this difference diminishes for the transitional 6<sup>th</sup> block).

## RESULTADOS 2b

A mere visual inspection of the *Choices* scoring by blocks (see Figure 2.4) shows a pair of plateaus on blocks 3-5 (85.5%, SEM = 1.1) and on blocks 7-8 (21.9%, SEM = 1.6), as expected. The sensitivity of the sample to the reverse phase can also be seen to asymptotically approach probability matching (20%), which appears to indicate that participants are free of stereotyped behavior. Correlations between the performances of the plateaus [Bias:  $r(58) = -.43$ ,  $p = .001$ ; Choices:  $r(58) = -.38$ ,  $p = .003$ ; Hits:  $r(58) = .18$ ; ns] appear to indicate that sensitivity of the sample to reversion is stronger than the persevering trend to respond on the same side.

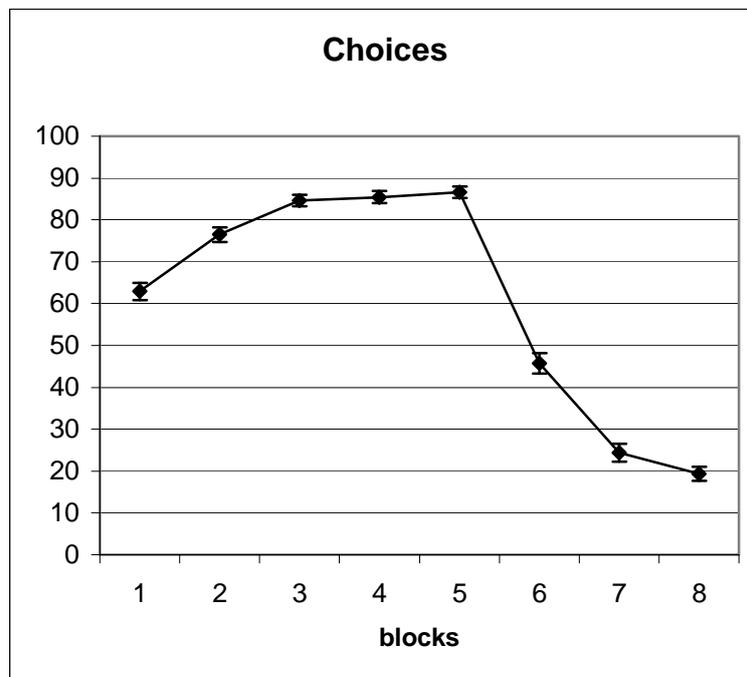


Figure 2.4. Percentage of *Choices* ( $\pm$  SEM) by blocks of 20 trials.

As seen in Table 2.4, the correlations between the two-choice task and executive test scores were significant on the plateau of the first phase (blocks 3-5) in accordance with the hypothesis, but only Stroop was significant on the plateau of the second phase (blocks 7-8). Thus, in the first plateau, the lower the score in executive tests the higher the score in *Hits-1* (*Bias-1*, or *Choices-1*). Considering the overall percentage of Hits throughout the whole two-choice task (over all trials, blocks 1-8), the correlations with Stroop and LN were significant

and also in the direction of the hypothesis: the higher the Stroop or LN score, the fewer the hits across the whole task (worse overall task performance).

Table 2.4

*Correlations between executive test scores and the main variables of the two-choice task.*

Two-choice task	Mat	LN	Stroop	R	EA	EA*
Phase 1 (Blocks 3-5):						
Hits 1	-.37*	-.37*	-.33	.50*	-.48**	-.47**
Choices 1	-.32	-.41*	-.41*	.54**	-.53**	-.49**
Bias 1	-.33	-.40*	-.38*	.52**	-.51**	-.45*
Phase 2 (Blocks 7-8):						
Hits 2	—	—	-.31	—	—	—
Choices 2	—	—	—	—	—	—
Bias 2	—	—	.29	—	—	—
All trials (Blocks 1-8):						
All Hits	—	-.31	-.35	.40	-.40*	-.38

It is only represented the correlations significant at .05 level. *Mat* indicates Matrix Reasoning test; *LN*, Letter Number Span test; *Stroop*, Interference score; *All Hits*, overall percentage of hits along the task; *EA*, executive ability; *EA\**, idem, controlling for age, and emotional questionnaires (GHQ, HAD-A, and HAD-D); *R*, multiple correlation coefficient (Mat, LN, and Stroop as explicative variables).

\*  $p \leq 0.01$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ .

A multiple linear regression was performed for each one of the main task variables, with the three executive scores as explicative variables. As seen in Table 2.4, the highest significant values of the multiple correlation coefficient *R* were concentrated on the first plateau ( $p = .001$ , both for Bias-1 and Choices-1, and  $p = .003$  for Hits-1). Although in the reversion phase there were no significant results, the regression for *All Hits* was significant ( $p = .035$ ).

A factorial analysis was performed on the three executive scores, and only one factor was obtained (for eigenvalues higher than one). Then, a new variable was generated from the factorial scores, *Executive Ability* (EA). The correlations of EA with the main task variables, as can also be seen in Table 2.4, provide high significant values on the first plateau and throughout the whole task, which is compatible with the hypothesis. Despite the lower scores of the emotional tests of the sample, we again determined the last correlations controlling for

these emotional variables (*GHQ*, *HA*, *HD*), including *Age*. These results can also be seen in Table 2.4 (EA\*). The correlations are in agreement with the hypothesis of this study: namely, the lower the executive ability the more *Choices* shifts from probability matching toward maximization—with the corresponding higher success rate—, discarding the effect of *Age* and emotional variables.

Table 2.5

*Differences on two-choice task between participants with High and Low Executive Ability. For first plateau, all differences have the direction of the hypothesis.*

		High EA (N = 26)		Low EA (N = 26)		
		Mean	(SEM)	Mean	(SEM)	<i>P</i>
First plateau						
	Hits-1	67.6	(1.2)	72.8	(1.2)	.004*
	Choices-1	82.2	(1.5)	88.7	(1.4)	.003*
	Bias-1	12.2	(4.9)	34.0	(6.5)	.01
Second plateau						
	Hits-2	66.9	(2.3)	69.0	(2.4)	.53 <i>ns</i>
	Choices-2	22.1	(2.2)	21.6	(2.7)	.89 <i>ns</i>
	Bias-2	4.8	(6.4)	-5.0	(8.0)	.34 <i>ns</i>
	All Hits	64.2	(1.1)	66.9	(1.1)	.04 <sup>a</sup>

*High EA*, indicate participants that scored over the median (100.27) for *Executive Ability*, and *Low EA*, under the median. *Hits*, *Choices*, and *Bias* are the mean variables of the two-choice task. First plateau: The main variables averaged over blocks 3-5; Second plateau: The main variables averaged over blocks 7-8. *All Hits*, overall percentage of hits along the task (blocks 1-8). All contrasts are two-tailed *t*-test, except *All Hits*, which is one-tailed.  $p > .05$ ; \*  $p < .01$ ; *ns*: non significant; a: one-tailed *t*-test

The most striking, smart result (see Table 2.5) is obtained by splitting the sample by the median of the EA variable (median = 100.27, in IQ units) into two groups of 26. The results appear to indicate that participants who have lower *Executive Ability* performed better on the two-choice task, specially on the first plateau, than participants with a higher EA, who performed the two-choice task, and even the whole task, worse.

## RESULTADOS 2c

Estos resultados se obtuvieron de los 53 sujetos diestros de la muestra.

### *General pattern of SPT performance*

Considering the whole first phase (100 trials), the mean percentage of *Choices* was of 79.2 (SD = 7.6) on the right. This value significantly no differs from theoretical 80 ( $t(52) = -0.76, p > .45$ ). The respective values of *Hits* and *Bias* were of 66.9% (SD = 6.2) and 1.30 (SD = 21.4). Being the theoretical values 68 and 0, respectively, *as a whole* (blocks 1-5), the first phase fulfill the probability matching parameters.

However, when *Choices* were averaged in 5 blocks of 20 trials as it can see in Figure 2.5, although near to probability matching, tended to shift toward maximization. In fact, when the two first blocks were discarded as transitional, that is, focussing on the plateau averaging across the last 60 trials (blocks 3-5), the differences with the probability matching values were significant: *Choices-1* = 85.6% (SEM = 1.1;  $t(52) = 4.99, p < .001$ ). [*Hits-1* = 70% (SD = 6.4;  $t(52) = 2.25, p = .03$ ), *Bias-1* = 23.8 (SEM = 4.3;  $t(52) = 5.52, p < .001$ ).]

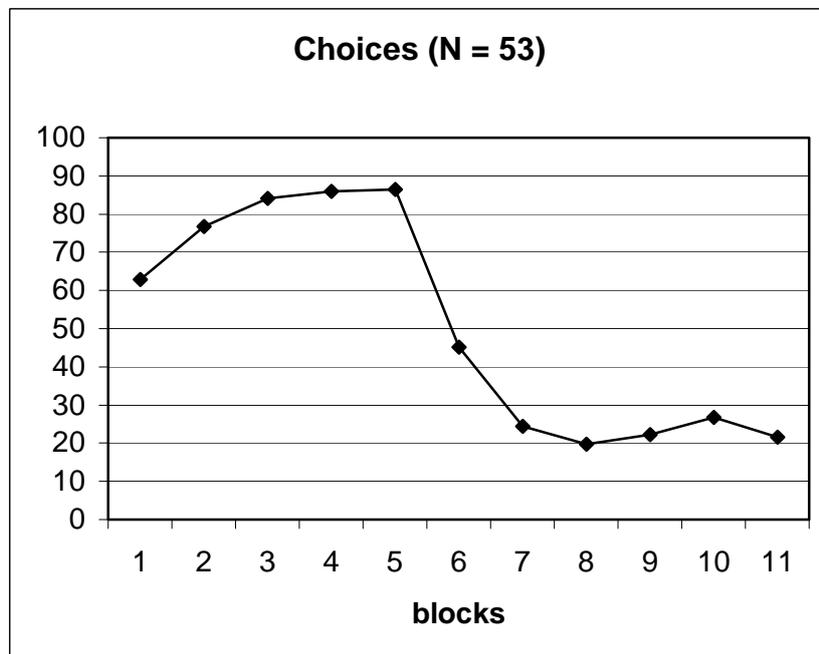


Figure 2.5. Percentage of *Choices* by blocks of 20 trials. It can be easily seen the first phase plateau (blocks 3-5) and the second phase plateau (blocks 7-8).

As it can be seen in Figure 2.5, in second phase (blocks 6-8) *Choices* approaches to the probability matching values. In fact, when the first block is discarded as transitional, that is averaging over the last 40 trials (blocks 7-8), the difference with the probability matching values were non significant: *Choices-2* = 22.1% (SEM = 1.6;  $t(52) = 1.26, p > .21$ ). [*Hits-2* = 67.3% (SEM = 1.6;  $t(52) = -.44, p > .66$ ), *Bias-2* = 0.8 (SEM = 4.8;  $t(52) = .16, p > .87$ ).] In the third phase (blocks 9-11) *Choices-3* (23.4%; SEM = 4.4) maintain a probability matching pattern in average; the differences are not significant ( $t(52) = .77, p > .44$ ). Of course, *Hits-3* and *Bias-3* have no sense because all trials are hits in this phase. It is worthy to note that the first and second plateaus showed a significant inversely correlation each other both in *Choices* ( $r(53) = -.32; p = .02$ ) and in *Bias* ( $r(53) = -.37; p = .006$ ), that is, subjects that tend to maximize on first plateau also tend to maximize on second plateau.

In short, the results show a tendency to maximize but kept relatively near to probability matching. When the probabilities reversed, the pattern matched quickly and then remained constant (in average) when the reinforcements were always applied to all choices. Other detailed results, especially on this third phase, and over reaction times, are now in progress.

#### *Cognitive characteristics of the Maximizer group*

The *Bias* scored over 38% simultaneously for both blocks 4 and 5 in twelve participants. The pattern of *Choices* of this *Max group* (N = 12) is plotted in Figure 2.6 versus the rest of the sample (*non-Max group*, N = 41). The gender composition of *Max group* (8 female, 4 male) maintains the approximate composition of the whole sample. The confidence interval for females was between 5 and 11, and the probability that this group were selected randomly from the sample was  $B(z=8, m=12) = .27$ . That is, the gender does not predispose to maximizing.

Considering the *group* variable as independent, we have performed a one way ANOVA for each test. Only were significant *Mat-Raw* ( $F(1, 51) = 4.2, p = .045$ ) and *LN-Raw* ( $F(1, 45) = 4.0, p = .05$ ).

The mean and SEM of the executive test scores by group are shown in Table 2.6. As it can be seen, the differences are all on the direction of hypothesis. *Max group* obtained significantly higher scores in *Hits-1* than *non-Max group* on the plateau of first phase, and even in *All SPT-Hits* (across the blocks 1-8), but were non significant on the plateau of the

second phase. Most importantly, one-tailed *t*-test showed significant differences in *Mat-Raw* and *LN-Raw*, but the difference in *Stroop* showed a non significant trend, all on the predicted direction. The Relative Hand Skill test showed no significant difference between groups.

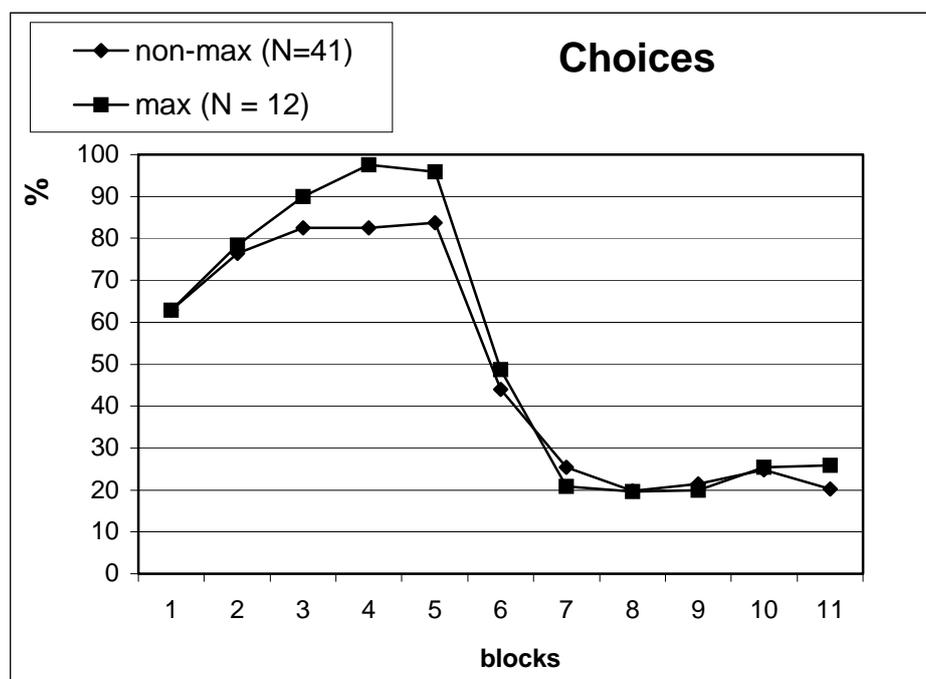


Figure 2.6. Percentage of *Choices* by blocks of 20 trials, comparing the 11 maximizers with the rest of the sample, who approached almost to probability matching.

Therefore, considering the maximizing versus matching pattern as a trait, we can say that maximizers, most successful in *SPT* performance, are significantly worse in Matrix Reasoning test and Letter-Number Span test than non-maximizers. Since only raw scores are significant (but did not IQ scores), we had to test explicitly the possible interaction of age. As we can see in Table 2.6 the age effect is non significant. Is noteworthy that percentage of *Hits-1* on the first plateau (blocks 3-5) for *non-Max* group showed no significant difference with probability matching pattern (i.e., from 68%, see Introduction): *non-Max* mean = 68.2% (SD = 5.8)  $t(40) = .22, p = .84$ . That is, if maximizers were discarded from the whole sample, the remaining 41 participants would fulfill only the *Hits-1* (but did not *Bias-1* and *Choices-1*) as a characteristic of probability matching.

Table 2.6

*Differences in executive test scores between maximizers and non-maximizers.*

TEST	Max (N = 12)	Non-Max (N = 41)	p
	Mean (SEM)	Mean (SEM)	
Executive <sup>a</sup> : Mat-Raw	15.3 (1.9)	18.4 (0.6)	0.02*
Mat-IQ	97.5 (5.3)	103.2 (2.2)	0.13 ns
LN-Raw	10.0 (0.6)	11.7 (0.4)	0.025*
LN-IQ	101.7 (2.8)	108.4 (2.0)	0.06 ns
Stroop	4.9 (2.8)	9.4 (1.5)	0.09 ns
Rule <sup>a</sup> :	1.9 (0.4)	2.8 (0.4)	0.13 ns
Hits: <i>All Hits</i>	67.3 (0.5)	64.9 (0.9)	0.028*
<i>Hits-1</i>	76.0 (1.3)	68.2 (0.9)	< 0.001**
<i>Hits-2</i>	68.3 (3.9)	67.0 (1.7)	0.73 ns
Age:	37.9 (3.2)	33.3 (1.6)	0.19 ns
RHS:	24.7 (2.8)	23.6 (1.3)	0.69 ns

*Mat* indicates Matrix Reasoning test; *LN*, Letter Number Span test; *Raw*, raw score; *IQ*, scaled IQ score; *Stroop*, Interference score *Rule*, Rule Complexity. *RHS*, Relative Hand Skill. *Hits* indicates three percentages of Hits: *All Hits* (blocks 1-8) global percentage of hits; *Hits-1* (blocks 3-5), plateau of first phase; and *Hits-2* (blocks 7-8), plateau of second phase.

*a.* *t*-test are one-tailed (the rest are two-tailed).

\*  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; *ns*: non significant.

#### *Correlation coefficients between success in SPT and executive tests*

As seen in Table 2.7, the correlations between the *SPT* performance and executive test scores were significant on the plateau of first phase (blocks 3-5) and on the hypothesis direction but were non significant on the plateau of second phase (blocks 7-8). Thus, in the first phase, the more score in *Hits-1* (*Bias-1*, *Choices-1*) the less score in executive tests. Considering the global percentage of Hits on the whole *SPT*, across all trials (blocks 1-8), only the correlation with Stroop was significant and also on the hypothesis direction: the less hits across the whole task (worse global *SPT* performance) the more Stroop score (the less interference effect).

Table 2.7  
Correlations between executive test scores and the main SPT variables on the plateau of first and second phases.

SPT	Mat-Raw	Mat-IQ	LN-Raw	LN-IQ	Stroop	Rule
Phase 1 (Blocks 3-5):						
Bias 1	-0.34	-0.31	-0.31	-0.33	-0.34	-0.35
Hits 1	-0.36*	-0.36*	-0.32	-0.38*	-0.33	-
Choices 1	-0.31	-0.31	-0.30	-0.36*	-0.39*	-0.34
Phase 2 (Blocks 7-8):						
Bias 2	-	-	-	-	-	-
Hits 2	-	-	-	-	-	-
Choices 2	-	-	-	-	-	-
All trials (Blocks 1-8):						
All Hits	-	-	-	-	-0.31	-

It is only represented the correlations significant at 0.05 level. *Mat* indicates Matrix Reasoning test; *LN*, Letter Number Span test; *Raw*, raw score; *IQ*, scaled IQ score; *Stroop*, Interference score; *Rule*, Rule Complexity; *All Hits*, global percentage of hits along the SPT. \*  $p \leq 0.01$ ; the rest:  $p \leq 0.05$ ; ‘-’ non significant (data not shown).

To examine the possibility that these correlations would be mediated by variables as *Age*, or emotional tests (*GHQ*, *HA*, *HD*), we perform, firstly, the correlations between these variables and the SPT variables. The only significant correlations were *GHQ* with *Bias-1* ( $r(51) = -.35$ ,  $p = .01$ ) and *HD* with *Choices-2* ( $r(51) = -.28$ ,  $p = .05$ ). Secondly, we also perform correlations between emotional tests, executive tests, *RHS*, and *Age* variables. In Table 2.8 we can see a strong correlation among the emotional tests and among executive tests, but not between emotional and executive tests. Nevertheless, *Stroop* did not correlate with *Mat*.

As seen in Table 2.8, *Age* showed significant correlations with executive tests raw scores –but not with IQ scores as it must be–, and *Mat-Raw* and *LN-IQ* showed significant correlations with emotional scores. Another result was the correlation between *RHS* and the raw and IQ scores of *Mat* (the more *Mat* scores the less *RHS* score). Therefore, we performed the partial correlations of mentioned variables, removing the effects of *Age*, emotional tests, or *RHS* (Table 2.9). The results are in agreement with that advanced in Table 2.7.

Table 2.8: *Correlation table of tests.*

	RHS	Mat-Raw	Mat-IQ	LN-Raw	LN-IQ	Stroop	GHQ	HA	HD	Education
Rule Comp.	–	0.33	0.32	–	–	–	–	–	–	–
Age	–	–0.33	–	–0.31	–	–0.36	–	–	–	–0.46**
RHS	.	–0.35	–0.29	–	–	–	–	–	–	–
Executive:										
Mat-Raw		.	0.88**	0.41*	0.31	–	–	–0.32	–	–
Mat-IQ			.	–	0.32	–	–	–	–	–
LN-Raw				.	0.91**	0.63**	–	–	–	–
LN-IQ					.	0.47**	–	–	0.38*	–
Stroop						.	–	–	–	0.33
Emotional:										
GHQ							.	0.67**	0.54**	–
HA								.	0.54**	–
HD									.	–

It is only represented the correlations significant at 0.05 level. *Mat* indicates Matrix Reasoning test; *LN*, Letter Number Span test; *Raw*, raw score; *IQ*, scaled IQ score; *Stroop*, Interference score; *Rule Comp.*, Rule complexity; *Education*, years of education.

\*  $p \leq 0.01$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; the rest,  $p \leq 0.05$ ; ‘–’ non significant (data not shown).

Table 2.9: *Partial correlations between SPT main variables of first phase and executive test scores removing the effects of intervening variables.*

	Controlling for Age			Cont. for emot.		Cont. for RHS	
	Mat-Raw	LN-Raw	Stroop	Mat-Raw	LN-IQ	Mat-Raw	Mat-IQ
Bias 1	–0.35*	–0.31	–0.35	–0.45**	–0.28ns	–0.30	–0.27
Hits 1	–0.39*	–0.34	–0.37*	–0.42*	–0.41*	–0.34*	–0.35**
Choices 1	–0.34	–0.33	–0.42*	–0.42*	–0.32	–0.29	–0.29

It is represented the correlations significant at 0.05 level except ‘ns’, which was non significant with  $p = 0.069$ . *Cont. for emot.* indicates partial correlations removing effects of *GHQ*, *HA*, and *HD*. *Mat* indicates Matrix Reasoning test; *LN*, Letter Number Span test; *Raw*, raw score; *IQ*, scaled IQ score; *Stroop*, Interference score.

\*  $p \leq 0.01$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; ns: non significant; the rest  $p \leq 0.05$ .

To summarize, the emotional test scores appear to form a consistent factor that no mediates the correlations between the executive tests and *SPT*. These correlations are in agreement with the hypothesis of this study, namely, the more shift of *Choices* from probability matching to maximization –and therefore more success on plateau of first phase– the less executive abilities. The effects of *Age* and *RHS* are also removed in order to reach the same conclusion. The aside result of an inverse correlation between *Mat* and *RHS* appears to indicate a larger contribution of the left hand skill rather than a lesser relative contribution of the right hand skill (the correlation between the left hand skill and Matrix Reasoning was significant ( $r(53) = .29; p = .04$ ).

#### *Probability matching and rule complexity*

Forty-three participants from the sample of 53 completed the variable *Rule complexity*. Eighteen participants scored ‘0’ or ‘1’, and were included in the *no-Rule* group. They typically answer that found no rule or a roughly appreciation of the most probable side for the outcomes. Eleven participants scored ‘5’ or ‘6’, and were included in the *Rule* group. Here, the answers were typically complex rules such as “the computer makes that: 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, ..., 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1...”; or “in the beginning, it makes something such as a series, starting on the right and then on the left growing one on the right. But it is maintained on the right along the task. After a while, it makes an interplay Right-Left, Left-Right, and finished on the left”. The gender composition of both *Rule group* (6 female, 5 male) and *no-Rule group* (12 female, 6 male) maintains the approximate composition of the whole sample. The confidence interval for females was between 4 and 10 in *Rule group*, and the probability that this group were selected randomly from the sample was  $B(z=6, m=11) = .18$ . On the other hand, the confidence interval for females in *no-Rule group* was between 9 and 15, and the probability that this group were selected randomly from the sample was  $B(z=12, m=18) = .24$ . That is, the gender does not predispose to induce rules, either positively or negatively.

As seen in Figure 2.7a, *Choices* of the *Rule group* reach the probability matching pattern as early as in the third block and this pattern is maintained at less over 60 trials (blocks 3-5). This pattern showed no significant difference from probability matching: in *Choices-1* from 80% ( $t(10) = 0.19, p > .85$ ), in *Hits-1* from 68% ( $t(10) = 1.35, p > .21$ ), and in *Bias-1* from ‘0’ ( $t(10) = 0.29, p > .78$ ). In Figure 2.7b, can be seen that *Bias-1* is maintained at ‘0’ over the blocks 3-5 in the *Rule group* whereas the *no-Rule group* shifts toward maximization. In block 6, where the probabilities were inverted, a deviation is produced in

both groups. However although on the next 7-8 blocks appears that the *no-Rule group* quickly surpasses the probability matching line (20%) toward the maximization (now on the left), the *Rule group* remain near to such line, without crossing it.

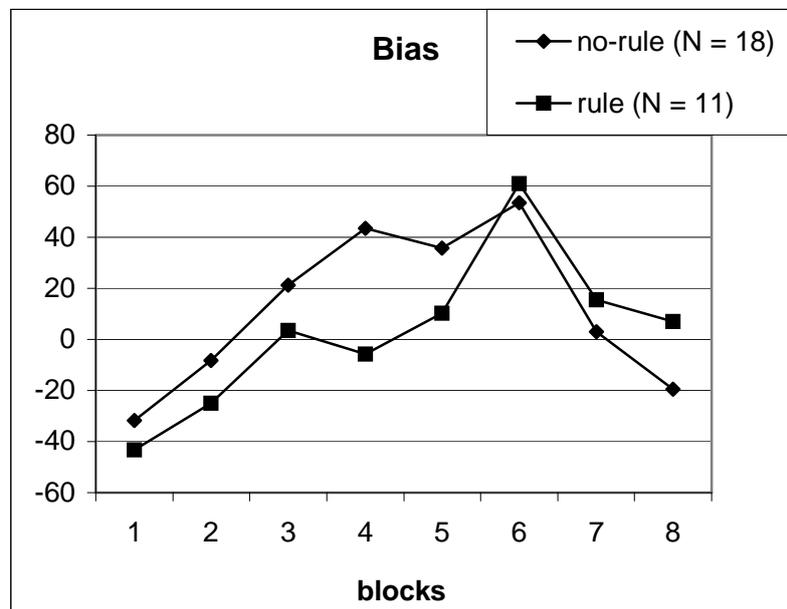
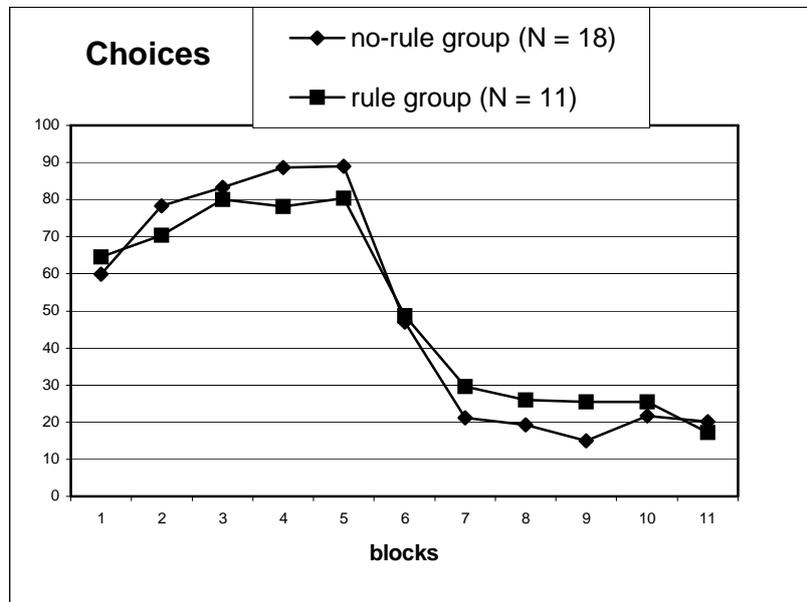


Figure 2.7. Comparing Rule and No-Rule groups. Note that Rule group adjusted exactly to probability matching on first plateau (blocks 3-5).

a. Percentage of Choices by blocks of 20 trials;

b. Relative difference of misses (Bias) by blocks of 20 trials. Probability matching is Bias=0.

The characteristics of both subgroups are displayed in Table 2.10a. Except for *RHS* all the differences between groups appear to be on the hypothesis direction, that is, the *Rule group* scored significantly more in executive tests, and scored significantly lesser in *SPT* performance of the first phase plateau, than *no-Rule group*. The significant lower rate of *Hits-2* on the second plateau, as soon as the significant higher rate of *Choices-2* and the lower (non significant trend) *Bias-2*, for the *Rule group* were also in agreement with the hypothesis. Moreover (Tables 2.7 and 2.8), *Rule complexity* covaries with *Mat-Raw* ( $r(43) = .33, p = .03$ ), *Mat-CI* ( $r(43) = .32, p = .035$ ), *Choices-1* ( $r(43) = -.34, p = .027$ ), and *Bias-1* ( $r(43) = -.35, p = .02$ ).

The most striking differences were founded when comparing *Max group* with *Rule group*, which was a subgroup of non-Max. As seen in Table 2.10b, of course besides the variables related with the selection (*Rule Complexity*, indicators of first plateau, and maybe *All Hits*), all the executive tests showed the most extreme differences between groups. Most importantly, here all the comparisons were by the Mann-Whitney test (two-tailed).

#### *Comments on the Self-report of the SPT-rule*

Some clarifications are needed here. First, only two participants out 53 were fairly aware of the absence of rule in third phase. The 18 participants belonging to *no-Rule group* were not aware of this absence, but rather they thought be unable to find the rule. Furthermore, the score in *Rule complexity* variable by the only two participants that were aware of the absence of rule in third phase was '0' and '2'. In short, we wish highlight that it is a different thing be unable to find a rule and be aware of its absence. Hence, we may conclude that only one –or at last two– participants out 53 (2–4% of the whole sample) were aware of that absence of rule, and, on the other hand, 11 out 53 (21%) induced fairly superstitious rules. Second, it is worthy to mention that the *SPT* performance of the ten participants that could not be classified in *Rule complexity* variable resembled that of *no-Rule group*, and also mention that the *SPT* performance of the 14 participants that scored 2-3 in *Rule complexity* variable, was between the performance of *Rule* and *no-Rule* groups (data not shown). Therefore, the results obtained are extensible to the whole sample and so are not invalidated by an eventual reclassification of the 10 + 14 participants non belonging to these selected sub-groups.

Table 2.10a

Differences between Rule and no-Rule groups. Except RHS, all differences are on the hypothesis direction.

	No-Rule (N = 18)		Rule (N = 11)		<i>p</i>
	Mean (SEM)		Mean (SEM)		
Bias-1	28.8	7.3	2.4	8.4	0.01*
Hits-1	70.2	1.7	65.7	1.7	0.04
Choices-1	87.2	1.7	79.6	2.6	0.04
Bias-2	-8.4	9.9	12.0	10.4	0.09 <i>ns</i>
Hits-2	69.2	2.8	61.1	3.7	0.04
Choices-2	19.6	3.2	27.7	3.0	0.05
All Hits	65.3	1.0	62.4	1.5	0.05
Mat-Raw	17.3	1.1	20.9	0.9	0.01*
Mat-IQ	100.0	2.9	118.8	4.2	0.01*
LN-Raw	11.2	0.6	12.8	0.7	0.05
LN-IQ	106.6	2.9	114.1	2.9	0.05
Stroop	7.45	1.7	13.3	2.3	0.025
RHS	23.1	2.0	23.5	2.4	> 0.45 <i>ns</i>

*Mat* indicates Matrix Reasoning test; *LN*, Letter Number Span test; *Raw*, raw score; *IQ*, scaled IQ score; *Stroop*, Interference score; *RHS*, Relative Hand Skill; *All Hits*, global percentage of hits along the SPT.

All the *t*-test were one-tailed.

*ns*: non significant ( $p > 0.05$ ); \*  $p \leq 0.01$ ; the rest:  $p \leq 0.05$ .

Table 2.10b  
*Differences between Maximizers and Rule group.*

	Max (N = 12)		Rule (N = 11)		t-test	Mann-Whitney
	Mean (SEM)		Mean (SEM)		<i>p</i>	<i>p</i>
Bias-1	55.7	6.3	2.4	8.4	< 0.001**	< 0.001**
Hits-1	76.0	1.3	65.7	1.7	< 0.001**	0.001**
Choices-1	94.4	0.9	79.6	2.6	< 0.001**	< 0.001**
Bias-2	-9.4	9.9	12.0	10.4	0.15ns	0.60ns
Hits-2	68.3	3.9	61.1	3.7	0.20ns	0.44ns
Choices-2	20.2	3.8	27.7	3.0	0.14ns	0.25ns
All Hits	67.3	0.5	62.4	1.5	0.009*	0.004*
Mat-Raw	15.3	1.9	20.9	0.9	0.016	0.016
Mat-IQ	97.5	5.3	111.8	4.2	0.049	0.03
LN-Raw	10.0	0.6	12.8	0.7	0.007*	0.01*
LN-IQ	101.7	2.8	114.1	2.9	0.007*	0.01*
Stroop	4.9	2.8	13.3	2.3	0.029	0.03
RHS	24.7	2.8	23.5	2.4	0.74ns	1.00ns
Rule	1.9	0.4	5.4	0.2	< 0.001**	< 0.001**

*Mat* indicates Matrix Reasoning test; *LN*, Letter Number Span test; *Raw*, raw score; *IQ*, scaled IQ score; *Stroop*, Interference score; *RHS*, Relative Hand Skill; *All Hits*, global percentage of hits throughout the SPT.

Most importantly, all the tests were two-tailed.

*ns*: non significant ( $p > 0.05$ ); \*  $p \leq 0.01$ ; \*\*  $p \leq 0.001$ ; the rest:  $p \leq 0.05$ .



## RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 3: “Esquizofrénicos”

### RESULTADOS 3a

As seen in Table 3.1, the groups differed significantly in the SPT and the executive scores: the patients with schizophrenia performed poorly the SPT, LN and Stroop in comparison to the normal control group.

Table 3.1  
*Demographic information: mean (sd)*

	Normal group	Schizophrenic group
Age (yrs):	34.2 (10.3)	32.6 (8.0)
Education (yrs):	11.6 (3.0)	9.5 (2.4)
Sex ratio (male)	38 %	73 %
Left-handedness ratio	8.6 %	9.3 %
Duration of illness (yrs)	—	9.4 (7.8)
Estimated IQ <sup>a</sup>	102.0 (14.6)	101.9 (13.7)

*a*: IQ in the normal group was estimated by Matrix Reasoning test of WAISIII, and premorbid IQ in schizophrenic group was estimated by Vocabulary test of WAISIII, both standardised to the Spanish population by age.

The LN score did not correlate with the Stroop score in patients ( $r = .06$ ;  $p = .63$ ) but it did in the normal group ( $r = .47$ ;  $p < .0001$ ). The percentage of choices on the right on the first plateau was independent of LN and Stroop scores in patients ( $r = -.19$ ;  $p = .11$ ;  $r = -.18$ ;  $p = .15$ , respectively), in contrast with the normal group, in which *Choices* inversely correlated with the executive measures mentioned ( $r = -.41$ ;  $p = .003$ ;  $r = -.41$ ;  $p = .002$ , respectively): that is to say, participants with poorer executive ability were better at the SPT only in the normal group. The overall success rate throughout the task inversely correlated with the executive scores in the normal group (LN:  $r = -.31$ ;  $p = .025$ ; Stroop:  $r = -.35$ ;  $p = .001$ ), but did not correlate in patients (LN:  $r = -.05$ ;  $p = .70$ ; Stroop:  $r = -.10$ ;  $p = .38$ ). *Choices* on the first plateau inversely correlated with *rule complexity*, which was only measured in the normal group ( $r(52) = -.37$ ,  $p = .007$ ). Also in the normal group, and although each one of the executive measures did not significantly correlate with rule

complexity, the combined executive score did ( $r(47) = .29, p = .047$ ). In summary, the normal subjects who found the most complex rules, had a higher combined executive score, and were less successful (see Figure 3.1).

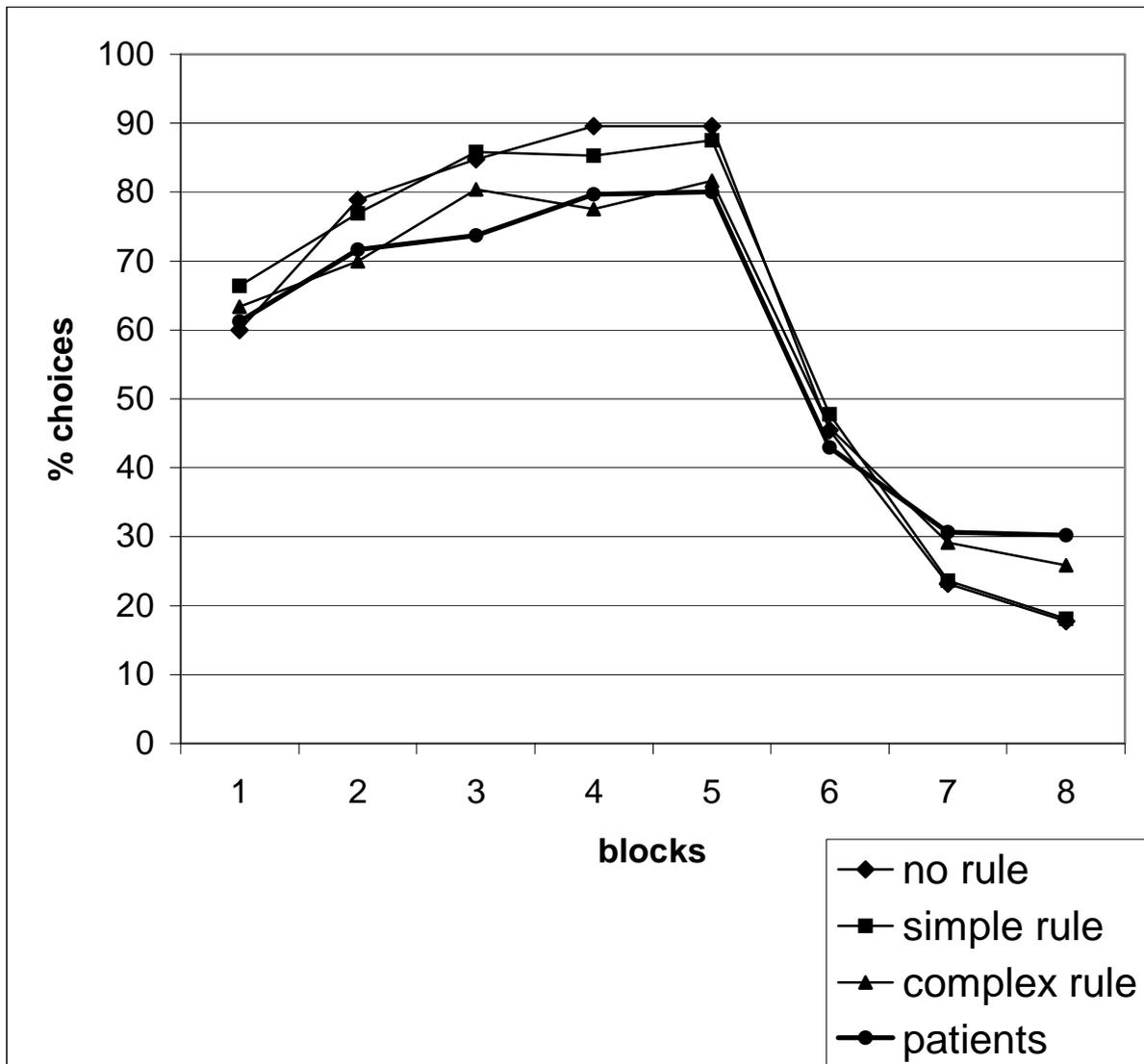


Figure 3.1. Percentage of Choices on the right per blocks of 20 trials. Blocks 1-5 form the first phase, and 6-8 the second phase. The normal control group is categorised by rule complexity = 0-1 (no rule), 2-4 (simple rule), or 5-6 (complex rule). Note the similar SPT profile of the patient group and the normal subgroup that found complex rules.

Rule complexity was classified in three categories (see method): 22 normal participants out of 52 (42%) did not find a rule, 19 (37%) found only very simple rules, and 11 (21%) found complex rules. Now, by separating complex-rulers from the rest of the normal participants, we obtained additional support that the combined executive score was higher in rulers ( $t(45) = 2.36, p = .002$ ). Unfortunately, it was not possible to measure the “rule complexity” variable in patients. In patients, we only managed to determine that 20 out of 24 patients found some kind of rule (83%) versus 4 patients who found no rule (17%;  $SD = 1.8$ ). Although these percentages cannot be compared with those of the normal group for methodological reasons, this result might indicate a high percentage of rulers, which is consistent with what we can be seen in the figure: the profile of SPT performance in the patient group is similar to the profile of the normal ‘complex-rulers’ subgroup. In both cases, *Choices* apparently tend to the matching value (80%) on the first plateau. To assess this similarity we performed a one-way ANOVA for *Choices* on each plateau across these four groups (the three normal subgroups mentioned plus the patient group). The results showed a group effect for *Choices* on the first plateau ( $F(2, 126) = 7.5, p = .0005$ ) and on the second plateau ( $F(2, 126) = 7.4, p = .004$ ). They also showed a group effect for *All Hits* (overall success throughout the task) ( $F(2, 126) = 3.3, p = .022$ ). *Post hoc t*-tests indicated that there were no significant differences for *Choices* between patients and the normal “complex-rule” subgroup on the first plateau ( $p = .54$ ) or on second plateau ( $p = .48$ ). The same is true for the overall success rate ( $p = .97$ ). Of course, the differences were significant between the patient group and the other two subgroups in all cases (data not shown). Thus, the performance of patients on the SPT was statistically indistinguishable from that of the normal ‘complex-rulers’ subgroup, but different from that of the other two normal subgroups.

Finally, it should be noted that the complete normal group showed a matching profile on the second plateau (*Choices* = 20%;  $t(57) = 1.06; p = .29$ ) whereas the patient group showed a significant trend to persevere (*Choices* > 20%;  $t(57) = 6.48; p < .0001$ ). Of course, the patient group is significantly different from the whole normal group (Table 3.2) although indistinguishable from the subgroup of normal rulers.

Table 3.2  
*Differences between Normal and Schizophrenic groups on SPT and executive tests*

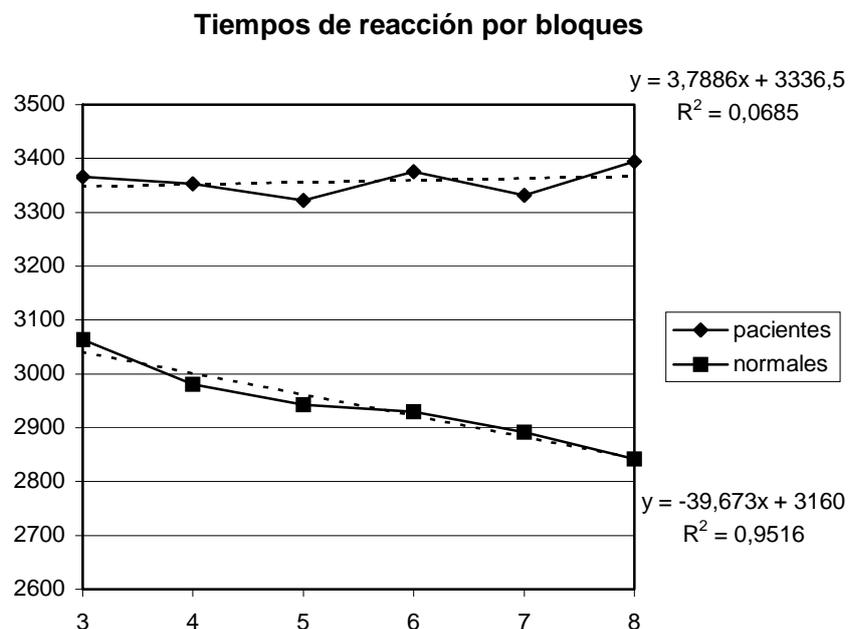
		Normal group (N = 58)		Schizophrenic group (N = 75)		<i>p</i>	<i>d</i>
		Mean	(SEM)	Mean	(SEM)		
First plateau	(Blocks 3-5)						
	Hits	70.1	.8	67.3	1.0	.04	.35
	Choices	85.5	1.0	77.9	1.3	<.0001	.75
Second plateau	(Blocks 7-8)						
	Hits	67.8	1.5	61.9	1.2	.003	.54
	Choices	21.9	1.6	30.4	1.6	.0003	.65
Overall	All Hits	65.5	.7	62.7	.8	.009	.47
Executive	Stroop	8.2	1.2	- 2.4	1.0	< .0001	1.27
	LN	107.7	1.8	89.1	1.6	< .0001	1.42

*Hits* indicates % success on blocs 3-5 or 7-8. *Choices* indicates % choices on the right. *All Hits* indicates % success overall in the SPT task. Stroop and LN are the executive Stroop test and Letter Number span test, respectively. All *t*-tests are two-tailed. Cohen's *d* effect size is included.

### RESULTADOS 3b

Aquí presentaremos una serie de resultados complementarios de este experimento con el grupo de pacientes con esquizofrenia, a modo de anexo. Estos resultados los hemos separado por su complejidad y difícil interpretación.

En primer lugar, los tiempos de reacción (TR's) del grupo esquizofrénico son superiores a los del grupo normal en unos 400 ms. Eliminando del cálculo los dos primeros bloques, obtenemos unos tiempos promedio (bloques 3-8) de 3359 milisegundos (SEM = 69) para el grupo esquizofrénico, frente a los 2942 (SEM = 60) del grupo normal, diferencia que fue significativa ( $p < 0.001$ ). Aunque lo más interesante es la evolución de los TR's a lo largo de la tarea. Como muestra la Figura 3.3, los TR's del grupo normal disminuyen a lo largo de la prueba a razón de unos 40 ms por bloque de manera constante ( $r = 0.98$ ) desde unos 3080 ms a unos 2840 ms, mientras que el grupo esquizofrénico permanece en torno al valor promedio de 3360 ms.



*Figura 3.3* Tiempos medios de reacción por bloques. La recta de puntos se deduce del ajuste de los valores de los TR's medios por bloque.

En segundo lugar, el examen de la sintomatología psiquiátrica, mediante la escala PANNS, distinguió una sintomatología positiva, otra negativa y una psicopatología general. La positiva no proporcionó covariación alguna con la ejecución de las pruebas, incluida la TPS. La sintomatología negativa, en cambio, presentó una covariación negativa con los aciertos totales (Aciertos:  $r(75) = -0.34$ ;  $p = 0.003$ ) y con los indicadores de la meseta de la primera fase (bloques 3-5): Aciertos:  $r(75) = -0.23$ ;  $p = 0.04$ ; Patrón:  $r(75) = -0.30$ ;  $p = 0.01$ ; Sesgo:  $r(75) = -0.40$ ;  $p < 0.001$ ). Por otra parte, esta sintomatología negativa covarió negativamente con los años de escolaridad [ $r(75) = -0.38$ ;  $p = 0.001$ ], el test de Vocabulario [ $r(75) = -0.43$ ;  $p < 0.001$ ] y el test de Letras y Números (LN) [ $r(75) = -0.26$ ;  $p = 0.03$ ]. La psicopatología general covarió positivamente sólo con el tiempo de reacción medio [ $r(75) = 0.27$ ;  $p = 0.02$ ]. Los años de evolución de la enfermedad correlacionó negativamente con la primera meseta [Aciertos:  $r(75) = -0.24$ ;  $p = 0.04$ ; Patrón:  $r(75) = -0.24$ ;  $p = 0.04$ ], negativamente con la tarea Stroop [ $-0.29$ ;  $p = 0.01$ ] y positivamente con el tiempo de reacción medio [ $0.27$ ;  $p = 0.02$ ]. La medicación, en unidades equivalentes de haloperidol, sólo correlacionó con los años de evolución [ $0.32$ ;  $p = 0.007$ ].

En tercer lugar, de la muestra de 75 pacientes sólo hubo 5 maximizadores, apenas un 6.7% (que cumplieron el requisito de maximización descrito en el método) frente a los 12 maximizadores (un 20.7%) de la muestra de 58 normales, una diferencia que es significativa [ $z = 2.33$ ;  $p = 0.01$ ]. Lo curioso es que estos 5 maximizadores del grupo esquizofrénico obtuvieron la peor puntuación en la tarea Stroop,  $-8.3$  ( $SEM = 3.5$ ), cuando los 70 pacientes restantes obtuvieron  $-2.0$  ( $1.0$ ), diferencia que fue significativa en el contraste unilateral ( $p = 0.05$ ).

En contraste, los 7 pacientes zurdos obtuvieron la mejor puntuación en la tarea Stroop,  $4.8$  ( $4.6$ ), frente a los 68 restantes (diestros) que obtuvieron una puntuación de  $-3.2$  ( $0.9$ ), diferencia que fue significativa ( $p = 0.01$ ). Asimismo, la puntuación de lateralidad en el Inventario de Edimburgo correlacionó con la de la tarea Stroop [ $r(74) = 0.24$ ;  $p = 0.04$ ], indicando que cuanto más zurdo era un paciente mejor resultado obtuvo en la tarea Stroop.

Considerando los indicadores de Probability Matching (PM), es interesante mencionar que la tarea Stroop correlacionó con la medida de PM12 (las dos mesetas: bloques 4,5,7 y 8):  $r(74) = -0.26$ ;  $p = 0.03$ . Esto quiere decir que cuanto mejor era la ejecución en la tarea Stroop, más cerca de PM era la ejecución en las mesetas de la TPS. El Inventario de Edimburgo correlacionó con PM1 (meseta 1: bloques 4 y 5):  $r(75) = -0.23$ ;  $p = 0.05$ . Asimismo,

dividiendo la muestra de pacientes por la mediana de los indicadores PM1, PM2 y PM se obtiene que el subgrupo de pacientes que más se aproxima al probability matching realizan mejor la tarea Stroop y son más zurdos. Véase la Tabla 3.3. Asimismo, como puede observarse en esta tabla, la sintomatología positiva tiene una cierta tendencia al matching en la primera meseta, mientras que la sintomatología negativa tiene tendencia a alejarse del matching y no precisamente hacia la maximización, por la covariación negativa con los aciertos, descrita más arriba.

Tabla 3.3  
*Diferencias entre subgrupos Matching y no-Matching.*

	Matching		No-Matching		bilateral	unilateral
	Mean (SEM)		Mean (SEM)		<i>p</i>	<i>p</i>
PM1:	n = 32		n = 43			
Stroop	-0.7	0.7	-3.7	1.0	<i>ns</i>	0.05
Edimburgo	16.8	2.5	11.8	1.0	<i>ns</i>	0.03
P-PANSS	14.6	0.7	12.4	1.2	<i>ns</i>	0.05
PM2:	n = 37		n = 38			
N-PANSS	16.1	1.0	18.7	1.1	<i>ns</i>	0.04
Cron	7.8	1.2	11.0	1.3	<i>ns</i>	0.04
PM:	n = 35		n = 40			
Stroop	-0.7	1.4	-4.0	1.3	<i>ns</i>	0.04
Edimburgo	16.2	2.3	12.0	1.1	<i>ns</i>	0.04
Cron	7.3	1.2	11.3	1.3	0.03	

P-PANSS y N-PANSS indican las subescalas de síntomas positivos y negativos, respectivamente, de la escala PANSS. *Cron*: indica los años de evolución de la esquizofrenia. Ver texto.

*ns*: no significativo ( $p > 0.05$ )

En cuarto lugar, la memoria de trabajo parece desconectada del efecto Stroop. Si consideramos ahora la puntuación directa del test de Letras y Números (LN-raw), encontramos una correlación positiva, como debía de ser, pero no significativa:  $r(68) = 0.19$ ;  $p = 0.13$ , aún controlando la edad [ $r(65) = 0.16$ ;  $p = 0.18$ ]. En cambio, las correlaciones respectivas en el grupo normal mostraron ser significativas:  $r(52) = 0.61$ ;  $p < 0.001$  [controlando la edad:  $r(49) = 0.56$ ;  $p < 0.001$ ]. Por su parte, a diferencia de la ejecución en la

tarea Stroop, LN-raw parece covariar inversamente con la sintomatología negativa (ver más arriba), con los años de evolución de la enfermedad [ $r(69) = -0.24$ ;  $p = 0.05$ ], y positivamente con el test de Vocabulario (WAIS-III) [ $r(69) = 0.38$ ;  $p = 0.001$ ] y con los años de estudio [ $r(69) = 0.38$ ;  $p = 0.001$ ]. Por supuesto, la correlación entre las puntuaciones del test de Vocabulario y los años de estudio es notable:  $r(75) = 0.60$ ;  $p < 0.001$ .

Por último, como podemos observar en la Tabla 3.4, los hombres de la muestra tenían una mayor capacidad de memoria de trabajo y una mayor sintomatología negativa que las mujeres. Aquí se puede apreciar que la ejecución TPS de las mujeres fue superior, a pesar de ser matching. Concretamente, el coeficiente de correlación de Spearman entre el sexo y el porcentaje de aciertos en la primera meseta fue  $\rho(75) = 0.25$  [ $p = 0.03$ ] favorable a las mujeres. Esto es debido a que la ejecución de los hombres fue sub-matching, probablemente debido al predominio de sintomatología negativa.

Tabla 3.4  
*Diferencias entre hombres y mujeres con esquizofrenia*

	Hombres		Mujeres		bilateral
	n = 55		n = 20		p
	Mean (SEM)		Mean (SEM)		
N-PANSS	18.4	0.9	14.8	1.4	0.03
LN-raw	8.6	0.3	7.0	0.5	0.01
Meseta-1:	n = 35		n = 40		
Aciertos	66.0	1.2	71.0	1.8	0.03
Patrón	76.4	1.6	81.9	2.3	0.068 ns
Sesgo	-7.4	3.7	8.0	6.8	0.04

N-PANSS indica la puntuación en la subescala de síntomas negativos de la escala PANSS.  
LN-raw indica el test de Letras y Números en puntuaciones directas.  
ns: no significativo ( $p > 0.05$ )

# DISCUSIÓN



## Discusión 1

Advertencia: Presentamos aquí la discusión del experimento piloto. Tres objetivos nos guiarán su discusión: En primer lugar, se trata de replicar la tendencia al patrón de probability matching, sin cuyo resultado no sería posible avanzar en la investigación. Una vez logrado esto y de manera obligada, será una discusión centrada en la búsqueda del detalle, de cualquier pista que sirva para saber qué buscar en relación con la explicación del efecto matching. Es por tanto una filosofía de la discusión diferente a la usual, pero necesaria en un experimento piloto: no pasar nada por alto. Sin embargo, no puede extraerse conclusión sólida alguna de muestras tan pequeñas, por lo que los resultados analizados no servirán para otra cosa que para hacernos pensar. En tercer lugar, buscamos indicios que *globalmente* nos indiquen una implicación aproximada de las capacidades cognitivas, afectivas y de lateralidad.

El primer hallazgo importante, antes de cualquier otra consideración, concierne a la replicación del patrón mismo de probability matching. Los 13 participantes tendieron a responder a cada opción con frecuencias relativas que igualaban la probabilidad de ser correcta cada opción (véase la Figura 1.2). Cuando sobreviene una inversión de las probabilidades, los participantes mostraron una tendencia asintótica al patrón de probability matching (Figura 1.1).

Como se mostró en los **Resultados 1**, es conveniente distinguir los primeros ensayos por su característica de ser preparatorios. Teniendo en cuenta tanto la fase completa de 100 ítems como la fase ‘corregida’ (C), se decidió dejar fuera de consideración los 40 primeros ítems (los dos primeros bloques). La necesidad de descartar estos ítems es que ellos podrían estar creando un resultado de probability matching espurio: en los primeros ítems los sujetos comienzan repartiendo por igual sus intentos a ambos lados. Esto hace que la frecuencia de sus decisiones a la derecha esté por debajo del 80%. Al promediar este patrón con la parte posterior, podríamos hacer aparecer un promedio del 80% en un sujeto que terminara maximizando.

Sin embargo, una vez eliminados los primeros 40 ítems, seguimos encontrando una tendencia al mantenimiento en el patrón de probability matching (84.4% sobre 80%), aunque obviamente, hay un Sesgo significativo a desplazarse el patrón promedio hacia la maximización. A la larga, debería seguir este ascenso (Edwards, 1961; Bereby-Meyer y Erev, 1998). Esta resistencia a abandonar el patrón de respuesta ‘matching’ ha sido observada frecuentemente (Birnbaum and Wakcher, 2002). Como se concluía en una revisión (Vulkan, 2000), aunque el patrón matching es un resultado empírico, no es un resultado robusto, como hemos detallado en la sección 2.2 de la introducción.

Lo interesante es que los seres humanos tengan precisamente esta desganada a abandonar el patrón matching. La prueba TPS es sensible al efecto. No nos detendremos aquí en las implicaciones teóricas, que ya hemos desarrollado a lo largo de la segunda parte de la introducción: el efecto matching.

Del resto de los resultados nos interesan dos cosas: en primer lugar, desgranar al máximo todas las posibles sugerencias de cara a elegir objetivos provechosos. En segundo lugar, incluso más importante, recolectar un resultado global que emane del conjunto en una dirección concreta.

1- Los **tiempos de reacción** (TR) a través de las fases correlacionan y sus valores medios no difieren significativamente. Es por ello una sorpresa que, como se ve en la Tabla 1.8, el TR en la fase de inversión sea más sensible que el de la fase directa para predecir la interferencia del efecto Stroop, el test de letras y números (LN) y la habilidad manual absoluta (L y R): a TR's más cortos mejor ejecución en dichas pruebas.

Como hemos visto, estos mismos tests correlacionan con la edad, como también lo hacen los TR's. Esto podría indicar que la edad sea el predictor principal de los resultados. Sin embargo, como puede verse en la Tabla 1.8, el TR de la fase inversa es de alguna forma un mejor predictor que la propia edad para la ejecución de estos tests (el TR de la fase directa corregida es peor predictor que el TR de la fase inversa; incluso peor para LN y R; peor incluso que la edad). De confirmarse estas indicaciones en muestras más amplias dispondríamos de una medida estable de cada participante (TR de la fase inversa) sensible a variables conceptualmente relevantes, con posible utilidad clínica (Zahn, 1970; Baxter y Liddle, 1998).

2- No se hallaron diferencias entre **sexos** de tipo general, salvo que las mujeres de la muestra tardaron más en reaccionar a la inversión de probabilidades. Las diferencias son significativas en el boque 6, como puede visualizarse en la Figura 1.2. Podría interpretarse este retraso en el sentido de necesitar un mayor número de ensayos para producir la inversión. Aunque puede ser un defecto por una muestra sesgada y lo más probable es que aún esté por detectarse las variables relevantes de este retraso, habría que considerar la variable sexo en futuros diseños. En cualquier caso, existe evidencia en niños humanos y en monos rhesus mostrando una

diferencia entre los sexos en tareas de inversión en que no había un componente probabilístico (Overman et al., 1997). Según esta evidencia, las hembras desarrollarían menos el córtex orbitofrontal que los machos. Por otra parte las hembras desarrollarían mejor el córtex inferotemporal, ejecutando mejor las tareas de discriminación concurrente. Esta sería una indicación indirecta para sospechar una posible implicación del córtex orbitofrontal en la ejecución de la TPS.

No obstante lo dicho, la edad y los TR's largos durante la fase de inversión también correlacionan con esta dificultad para adaptarse a la inversión de probabilidades.

No hay que perder de vista en esta cuestión otra posibilidad más pedestre: como puede verse en la Figura 1.2, las mujeres maximizan en la primera fase más que los varones. Podría quizá haber, sencillamente, una tendencia mayor a responder al lado derecho, con independencia de la fase; o bien, los sujetos que han sido más reforzados durante la primera fase, se resistirán más tiempo a cambiar de lado. Tampoco hemos de abandonar otro detalle: los hombres de la muestra tenían más marcada la dominancia manual que las mujeres.

3- En lo referente a la lateralidad cerebral, es interesante observar que los tres participantes que produjeron los patrones más extremos en la primera meseta (bloques 3-5), fueron los mismos que tuvieron una menor dominancia manual relativa, en comparación con los tres participantes que produjeron los patrones menos extremos en la misma fase, quienes fueron significativamente más marcados en la dominancia manual (Tabla 1.9). Así, los participantes con una dominancia manual más marcada realizaron un patrón del 75% en comparación con los menos dominantes, 92%. Si la habilidad manual relativa (RHS) pudiera considerarse como un indicador indirecto de la dominancia *cerebral* relativa<sup>1</sup>, el hemisferio izquierdo (el dominante) estaría implicado en el patrón de matching y el derecho en la maximización, en acuerdo con los resultados de Wolford, Miller y Gazzaniga (2000)<sup>2</sup>. Sería interesante la aplicación de técnicas de neuroimagen en este sentido.

4- Las correlaciones entre los principales indicadores de la TPS de cada fase con los de cada bloque, así como los correspondientes coeficientes  $\alpha$  de Cronbach, indican la consistencia

---

<sup>1</sup> En este sentido habría que notar que la lectura de nombres (W) y la habilidad manual relativa (RHS) correlacionaron positivamente.

<sup>2</sup> Véase la sección 4.8.

interna de cada fase, lo que viene a justificar la eliminación de los primeros 40 ítems. Según esto, las dos fases no sólo miden algo, sino que miden cosas diferentes.

En este sentido, hay correlaciones internas entre las diferentes partes del test de Stroop y las del RHS. Las puntuaciones globales del GHQ-28 también correlacionan con tres de las cuatro subescalas (las dos medidas globales del GHQ pueden considerarse redundantes). Las escalas de ansiedad del GHQ y del HAD correlacionan. En general, los participantes puntuaron bajo en los cuestionarios afectivos, con excepción de la subescala de ansiedad del HAD (Tabla 1.5), lo que nos permite buscar el impacto en la TPS de esta variable emocional..

En este caso, los participantes que puntuaron más en ansiedad difirieron de los que puntuaron menos en que los primeros tardaron más en invertir el patrón (Tabla 1.10), es decir, la ansiedad podría tener que ver con la perseverancia del patrón al cambiar de fase. Como hemos comentado en la introducción (sección 2.12), la ansiedad y la cognición son procesos interdependientes (Eysenck, 1995; Peretti, 1998).

Finalmente, parece que las mejores capacidades cognitivas (evaluadas mediante Stroop y LN) funcionan en contra de la buena ejecución de la TPS en el último bloque de la tarea. Y lo mismo que con los tests ejecutivos sucede con la puntuación de la subescala G-C del Cuestionario de Salud de Goldberg. Una inspección posterior de las respuestas a esta escala por los sujetos que mejor resultado obtuvieron en la TPS halló que habían respondido en el sentido negativo a ítems tales como los siguientes:

- “¿Se ha sentido capaz de tomar decisiones?”
- “¿Ha pensado que Vd. es una persona importante?”
- “¿Se ha sentido satisfecho con su manera de hacer las cosas?”

Estas respuestas más bien parecen indicar una baja confianza en sí mismos, independientemente de los síntomas de depresión. En este sentido, los participantes con una mala ejecución en el test de Letras y Números (LN), en el Stroop, o en la parte C del mismo, han mostrado una tendencia no significativa a puntuar alto en G-C en nuestra muestra de 8.

Tomando en conjunto todas estas observaciones, encontramos un denominador común: Cuando un sujeto tiene una peor capacidad cognitiva, *o cree tenerla* (alta puntuación en G-C), entonces terminan con una mejor realización de la TPS. Esta lectura subjetiva de la propia capacidad de toma de decisiones, que no olvidemos correlaciona con la capacidad real, podría tener una interesante interpretación en relación con la variable “complejidad” del problema.

Esta interpretación proporciona, al menos, una posible explicación de estos paradójicos resultados. Veámoslo:

Aparentemente, el patrón de ejecución de la TPS es el matching, pero parece ser un patrón inestable, que eventualmente derivará más pronto o más tarde en un patrón de maximización. Como ha mostrado McCormack (1959), la “complejidad” estimular podría ser un factor crítico en acortar la fase de probability matching, es decir, a mayor complejidad en la tarea de predicción, más pronto se cambia a la estrategia de maximización. Ahora bien, la complejidad del problema es algo relativo, no absoluto: ante un mismo problema, los participantes más capaces percibirán una complejidad menor que los menos capaces. Aquellos sujetos que se sienten más capaces se lanzarán a tratar de acertar el 100%, lo cual requiere un patrón matching (Walsh, 2000). Sin embargo, cuando un sujeto sabe o cree que es incapaz de hacerlo, podría desistir de resolver el problema y “limitarse” a maximizar, esto es, contestar sólo en el lado más probable. Lo hará, pues, a su pesar; y sin embargo acertará más. Una interesante puntualización es que cuando el sujeto opta por la maximización, esto implica que el sujeto admite que no puede controlar los resultados que van apareciendo esporádicamente en el lado menos probable. La conciencia de esta incertidumbre podría tener un importante papel en este cambio de estrategia (Morse y Rundquist, 1960).

De hecho, si hubiera una regla que sirviese para predecir los resultados correctos, elegir siempre el mismo lado no sería la mejor estrategia —*a menos que la regla fuese demasiado compleja para el sujeto*.

En resumen:

Este estudio piloto ha reproducido los resultados de Grant et al. (1951) en el sentido de que los seres humanos se adhieren al patrón de probability matching. Las medidas producidas en la TPS tienen congruencia interna siendo, no obstante, independientes entre sí. El tiempo de reacción medio a lo largo de los bloques 3-8 (y especialmente, en la inversión, 6-8), el patrón medio de la fase corregida (bloques 3-5), y el patrón medio de la fase de inversión (bloques 6-8), parecen ser medidas consistentes y diferentes: Poseemos el instrumento de medida.

Globalmente, hemos hallado indicios de una relación inversa entre las medidas cognitivas y el rendimiento en la TPS. Asimismo, hemos de contar con la posible influencia de variables afectivas, como la ansiedad-estado y auto-percepción de la propia competencia. Lo mismo se aplica a la variable sexo. Así, aunque algunos resultados, tomados individualmente, pueden resultar ser falsos positivos, tomados en conjunto estaríamos en la

interpretación que otorga un valor de supervivencia para el comportamiento de matching, desde un punto de vista novedoso.

Queda pues justificado, y alcanzado, el objetivo de este estudio piloto al producir y asentar las indicaciones básicas del diseño de futuros experimentos con muestras amplias.

**Discusión 2:** El segundo experimento, el realizado con población normal, requiere una discusión individualizada focalizada por objetivos.

### Validez interna

Es necesario subrayar que la tarea de dos opciones que hemos aplicado genera los resultados<sup>3</sup> aleatoriamente, lo cual a menudo es pasado por alto. Como se puede ver en la Tabla 2.1 de **Resultados 2a**, los resultados proporcionados por la TPS se ajustan, a posteriori, a una distribución binomial, lo que garantiza que los resultados se comporten como variables aleatorias de Bernouilli independientes entre sí.

Pseudoaleatorizar los resultados es una práctica común que puede sesgar la ejecución hacia el matching. Por ejemplo, si de cada tramo de 5 ensayos salen siempre 4 de ellos a la derecha, uno puede aprender que cuando sale el de la izquierda sólo tiene que dar a la derecha. Y si lleva cuatro a la derecha, el siguiente saldrá a la izquierda con certeza. Algunos autores han criticado la mencionada violación de independencia estadística, concluyendo incluso que debería desconsiderarse toda la literatura psicológica sobre probability matching. Después de todo, la falacia del jugador no sería una falacia (Fiorina, 1971)<sup>4</sup>.

En la TPS los resultados son independientes entre sí, por lo que no priman el patrón de probability matching.

### 2.a Objetivos de interés neuropsicológico

Los datos del **experimento 2** (“Normales”) aportaron cinco hallazgos principales, cuatro de los cuales fueron descritos en **Resultados 2a**, que discutiremos a continuación, y el quinto descrito en **Resultados 2b**, y que discutiremos en el apartado siguiente. Finalmente, discutiremos algunos resultados adicionales del experimento 2, que fueron mostrados en **Resultados 2c**. El primer resultado principal es el perfil general de la Tarea de Predicción Simple (TPS): el total de los sujetos normales parecen mostrar una cierta resistencia a la maximización —una meseta en el perfil de ejecución de la TPS—, pero rebasando el probability matching (Figura 2.1). Además, la variable *Patrón* (porcentaje de elecciones a la derecha) sólo es indiferente de la variable *Frecuencia* de los resultados (porcentaje de

---

<sup>3</sup> Es necesario aclarar que, en ocasiones, usamos el término ‘resultados’ (outcomes) como la respuesta del ordenador a la elección del sujeto en la TPS. Recordamos la terminología: el sujeto *elige* (Izquierda/Derecha); el ordenador da un *resultado* (Izquierda/Derecha) y, como consecuencia, *Acierto* o *Falla*.

<sup>4</sup> Véase la sección 2.7 de la introducción para un razonamiento más cuantitativo.

resultados a la derecha) para los bloques de la primera meseta. El segundo resultado principal tiene que ver con las diferencias individuales: este patrón cuasi-matching se desdobra, de hecho, en dos patrones diferenciados. Específicamente, a lo largo de la primera meseta (bloques 3-5), los buscadores de reglas realizaron un estricto patrón de probability matching, a diferencia de los no buscadores, quienes derivaron significativamente hacia la maximización. La *Complejidad de la Regla* covaría inversamente con *Patrón* y *Sesgo* en la meseta de la primera fase. El tercer hallazgo es que los participantes que produjeron un alto número de *Nulos* derivaron hacia la maximización. Los buscadores de reglas cometieron menos *Nulos* que los no buscadores. Finalmente, el tiempo de reacción (*TR*) después de un fallo fue mayor que después de un acierto. El *TR* también fue más largo antes de responder al lado malo que al lado bueno. Ya que la ratio de género en cada subgrupo no fue significativamente distinta del de la muestra total, todas las conclusiones deberían ser atribuidas a ambos sexos.

La primera meseta indica una desgana general a maximizar, en la línea esperada por la literatura. Pero esto no es una mera replicación porque en la TPS *los resultados son independientes entre sí*, evitando así el sesgo experimental de “cargar los datos” hacia probability matching, lo cual no ha sido corregido aún en muchos experimentos actuales.

El principal hallazgo del presente estudio es que hay una estrecha relación entre el rendimiento en la TPS y la generación de reglas. Hemos mostrado que el efecto matching puede explicarse por las reglas complejas más que por estrategias alternativas, como la de “gano-permenezco/pierdo-cambio” (win-stay/lose-shift). Es más, cuanto menor era la complejidad, mayor fue el grado de maximización. Aunque este resultado no es sorprendente, los estudios previos no han prestado suficiente atención a este tema. En nuestra opinión, este efecto matching necesita ser tomado en cuenta en los futuros diseños de toma de decisiones. Es de interés la observación de que al menos el 97% de la muestra no se percató de que los últimos 60 ítems (la tercera fase) eran *siempre* exitosos, independientemente de la propia ejecución del sujeto. Por otra parte, el 58% de los participantes encontraron reglas supersticiosas. No es raro que los sujetos encuentren patrones espurios (véanse las secciones 2.10 y 4.1 de la introducción). Tomados en conjunto, estos resultados parecen mostrar que los seres humanos, dando por sentada una conducta causal definida, están inclinados a buscar reglas incluso cuando no las hay. En este caso, es irracional perseverar buscándolas porque el número de aciertos es menor, lo cual tiene obvias consecuencias en el terreno de la toma de

decisiones. No obstante, algunas cuestiones menores relacionadas con los auto-informes de la complejidad de la regla permanecen por resolverse, como por ejemplo, a qué fase deberían referirse las reglas encontradas por los participantes. Como la TPS, en su forma presente, no proporciona límites claros entre las fases, no podemos asignarles funciones distintivas. Las dos primeras fases podrían animar a los sujetos a buscar reglas, mientras que la tercera fase podría jugar un papel decisivo para fijar la regla porque reduce incertidumbre<sup>5</sup>. En cualquier caso, los mecanismos implicados necesitan ser interpretados con precaución<sup>6</sup>. Otra cuestión abierta tiene que ver con la posibilidad de que fueran los participantes mismos, en lugar de los jueces, los que evaluaran la complejidad de la regla. No obstante, hay indicios de que la autoevaluación versus la evaluación por jueces pueda alterar la medida (Evans et al, 2005, p. 662).

Edmund Fantino<sup>7</sup> (13 de noviembre de 2004) describe nuestro hallazgo de una manera clara:

Este artículo presenta un interesante, incluso ingenioso, experimento sobre probability matching y el uso de reglas. Yo he estado entre los que han mantenido que la mala aplicación de las reglas recae en el núcleo de gran parte de la irracionalidad en la toma de decisiones (Fantino, 2004). En el artículo con Esfandiari (citado por los autores) mostramos que la búsqueda de una regla óptima contribuye al probability matching. El presente manuscrito va más allá de los esfuerzos publicados al mostrar que los sujetos que producen reglas complejas después de la fase final del experimento son los mismos más inclinados al probability matching en las fases iniciales. El artículo es también fortalecido por sus interesantes datos sobre los tiempos de reacción...

*Nulos* y *TR* son posibles medidas de interés neuropsicológico durante la ejecución de la TPS. Se halló una correlación significativa entre *Nulos* y maximización. En particular, aquellos participantes que encontraron las reglas más complejas son los que cometieron menos cantidad de *Nulos*. Así, la impulsividad, en tanto que evaluada por los intentos ejecutados durante el intervalo entre estímulos, podría interpretarse como incompatible con la habilidad de encontrar reglas. Esto podría tener una importancia considerable tanto en la rehabilitación y el seguimiento como en la prevención secundaria (detección precoz).

---

<sup>5</sup> Consúltense la explicación de la sección 2.10 de la introducción, y para el concepto puede revisarse la sección 1.2 de la introducción. Los conceptos están desarrollados en Unturbe (2003 y 2004).

<sup>6</sup> Para implicaciones del análisis conductual véase Fantino (2004) y la explicación de la sección 2.9 de la introducción.

<sup>7</sup> Como revisor para la revista *Neuropsychology* del artículo donde desarrollamos este punto. El texto continuaba: "... Thus, I recommend eventual acceptance in the journal".

Encontramos una reducción gradual en el tiempo de reacción (*TR*) a medida que la tarea progresa, lo cual parece indicar un aprendizaje. Más importante es que hallamos una diferencia muy estable de unos 151 milisegundos entre el *TR* después de un acierto y el *TR* después de un fallo. Esto es, toma más tiempo responder después de un fallo que de un acierto, como era de esperar desde el trabajo seminal de Rabbit (1981). Esta demora tras el fallo sugiere un procesamiento más complejo. Desde el marco de la teoría ‘time-on’ de Libet (véase, p.e., Libet, 1996; 1999), el resultado podría significar que los sujetos se percatan más fácilmente después de un fallo que de un acierto, pero más investigación es necesaria (véase también, Hajcak et al, 2004; Hajcak et al, 2006; y la explicación de la sección 2.11 de la introducción). No obstante, el *TR antes de responder* está más relacionado con la toma de decisiones debido probablemente a que el procesamiento adicional tras los fallos hacen posible discriminar entre los lados ‘buenos’ y ‘malos’. Recientemente, Cohen, Heller, and Ranganath (2005), usaron *fMRI* para demostrar una implicación del córtex cingulado y del orbitofrontal cuando se eligen las opciones de alto riesgo frente a las de bajo riesgo, y que exhiben patrones similares de activación y curso temporal, aunque con distintos patrones de conectividad funcional: el córtex cingulado anterior se ocuparía en una red neural implicada en el control conductual, mientras que el córtex orbitofrontal se ocuparía en una red neural implicada en la planificación, la memoria de trabajo y en calcular decisiones. Ambas redes podrían solaparse en las regiones 23 y 32 de Brodmann, “posiblemente relacionadas con planificación y control de respuestas motoras, y aspectos emocionales de la toma de decisiones” (p. 68). El efecto matching podría ayudar a diferenciar funcionalmente dichas áreas. En general, el efecto matching y especialmente el *TR*, podrían ayudar a entender las respuestas conductuales en situaciones de la vida diaria en individuos normales y, muy especialmente, en otras poblaciones (abusadores de alcohol y estimulantes, pacientes con trastorno de déficit atencional con hiperactividad, daño cerebral, comportamiento suicida, etc.; Bechara, Damasio y Damasio, 2003; Jollant et al, 2005; Garavan y Stout, 2005; Toplak, Jain y Tannock, 2005). Un *TR* de anticipación más largo al lado malo que al lado bueno, en sujetos sanos, ha sido descrito por Bechara et al (1996) usando el Iowa Gambling Task<sup>8</sup> (que incluye castigos monetarios en una secuencia pseudoaleatoria). El fallo en la ejecución en dicha tarea se ha encontrado relacionado con el daño del córtex prefrontal ventromedial (Bechara et al, 1999). En otra versión de la tarea [Gambling Task], se encontró un *TR* más

---

<sup>8</sup> Una descripción del Iowa Gambling Task puede hallarse en la sección 4.6 de la introducción.

largo en pacientes con daño selectivo orbitofrontal (Rogers et al, 1999; Manes et al, 2002). Tomados estos resultados en conjunto sugieren que la pérdida de la diferencia relativa entre los tiempos de anticipación podría ser una medida sensible a perturbaciones prefrontales, especialmente en los circuitos que implican el córtex orbitofrontal.

Todos estos resultados han de situarse en el marco de la literatura de probability matching. Aunque las metodologías pueden variar considerablemente, hay unos cuantos casos de interés neuropsicológico. Los pacientes amnésicos pueden aprender a la misma tasa que los sujetos normales en una tarea de aprendizaje probabilístico de clasificación (Knowlton, Squire y Gluck, 1994), mientras que los pacientes con enfermedad de Huntington (Knowlton, Squire, Paulsen et al, 1996) y pacientes no demenciados con enfermedad de Parkinson estaban seriamente deteriorados para la misma tarea probabilista (Knowlton, Mangels y Squire, 1996). Por tanto, como sugieren Squire y Zola (1996, “Estos hallazgos apoyan la idea de que la tarea de clasificación probabilista es semejante al aprendizaje de hábitos, que en los animales experimentales parece depender de la integridad del núcleo caudado” (p. 13515). Considerando esta doble disociación, el patrón de probability matching —una respuesta típica de las tareas probabilísticas— podría estar relacionado con un procesamiento no declarativo. En un experimento más reciente, usando otra tarea probabilística con pacientes amnésicos, se concluía lo siguiente: “el aprendizaje probabilístico no depende de las estructuras cerebrales que soportan la memoria declarativa” (Ptak et al, 2001, p. 993). En este sentido, mientras los pacientes prefrontales ventromediales nunca decidieron ventajosamente al realizar el Iowa Gambling Task —a pesar de que informaron que sabían cuál era la elección correcta—, los sujetos sanos al realizar la misma tarea decidían ventajosamente *antes* de percatarse de la estrategia ventajosa (Bechara, Damasio, Tranel y Damasio, 1997; Bechara, Damasio y Damasio, 2000). No obstante, se ha encontrado evidencia diferente para la percepción subjetiva en sentido contrario para los sujetos normales: percibían la estrategia ventajosa antes de su comportamiento ventajoso (Maia y McClelland, 2004, 2005; Bowman et al, 2005; Evans et al, 2005; Sanfey y Cohen, 2004), “probablemente debido a que hemos empleado una medida de experiencia subjetiva diferente de la de Bechara et al.” (Evans et al, 2005, p. 662).

Diferentes áreas de investigación han considerado al hemisferio izquierdo como responsable de la capacidad para generar hipótesis (Gazzaniga, 1985) y de aplicar reglas

(Goldberg, 2001; Goldberg et al, 1994). En unos interesantes experimentos<sup>9</sup>, se aplicó la tarea probabilística de dos opciones a pacientes con lesión frontal unilateral e, incluso, se adaptó la prueba para que la realizaran sujetos con cerebro dividido (que habían sufrido una operación en que se cortó su cuerpo calloso). Los resultados fueron congruentes con que el hemisferio izquierdo era responsable del probability matching, mientras que el hemisferio derecho lo era de la maximización (Wolford, Miller y Gazzaniga, 2000). Aunque aportan evidencia adicional que vincula la capacidad de generar hipótesis al hemisferio izquierdo, Wolford et al. no demuestran directamente la vinculación entre probability matching y la generación de hipótesis, sino que la dan por supuesta, al igual que Walsh (2000).

En la segunda fase, la fase de inversión, la flexibilidad para cambiar el patrón de respuesta con la inversión de probabilidades podría estar alterada en trastornos como la enfermedad de Parkinson (Swainson et al, 2000), el trastorno obsesivo-compulsivo y pacientes con lesión orbitofrontal (Rumbaugh, 1997), o sesgado por un cerebro sexualmente dimórfico (Overman, Bachevalier, Schuhmann y McDonough-Ryan, 1997). Según un estudio, la inversión de probabilidades podría implicar el circuito fronto-estriatal (Cools, Clark, Owen y Robins, 2002).

---

<sup>9</sup> Véase la sección 4.8.

## 2.b La influencia “negativa” de la capacidad ejecutiva

Los hallazgos, tomados a parte, de los **Resultados 2b** sugieren que los participantes mejor preparados no tuvieron éxito en la realización de la Tarea de Predicción Simple (TPS) y que, asimismo, esto no puede ser explicado por variables emocionales, edad o comportamiento perseverante. Entre otras cosas, la edad estaba controlada en las puntuaciones estandarizadas del test de Matrices (Mat) y el test de Letras y Números (LN).

En conjunto, estos resultados indican que la mejor ejecución (maximización) en la tarea de dos opciones es predicha por una baja capacidad en las funciones ejecutivas, una vez controlado el efecto de las variables emocionales y la edad. Esto podría ser porque los sujetos con una mayor capacidad ejecutiva estarían ocupados de buscar reglas y, por tanto, adoptarían una estrategia de probability matching. Este patrón puede considerarse subóptimo (irracional) sólo en el caso especial en que la dificultad de hallar una regla supere la capacidad de los sujetos, como es el caso. Así, incapaces de resolver el problema, los sujetos perseveran infructuosamente en su resolución. Este era uno de los principales objetivos del experimento. Un problema (aparentemente resoluble) sin solución tiene la ventaja de homogeneizar la situación para la muestra: podemos garantizar que nadie resolverá el problema. Críticamente, las diferencias entre los participantes dependen de si abandonan la búsqueda *antes* o *después*; los que abandonen primero tendrán más éxito que los que abandonen después. Sin embargo, los segundos estaban —como esperábamos— mejor preparados para buscar reglas. No obstante, debería puntualizarse que, si el problema tuviese una solución, los sujetos mejor preparados podrían eventualmente tener éxito. En este caso, ocuparse en matching podría ser la mejor estrategia, incluso mejor que la maximización (80%), ya que encontrar la regla significa un 100% de éxito. De hecho, programas informáticos dedicados a hallar reglas optimizan su ejecución cuando usan la estrategia de probability matching (Sabes y Jordan, 1996)<sup>10</sup>.

Es de la máxima importancia discutir, ahora, con alguna profundidad los resultados obtenidos por el grupo de Stanovich (Stanovich, 1999; Stanovich y West, 1998a, 1998b, 1999, 2000; West y Stanovich, 1991). Uno de sus estudios se focalizó en dos diferentes problemas de una tarea probabilista de elección (West y Stanovich, 2003) que implicó 1557 participantes, divididos en tres experimentos. En promedio, los participantes prefirieron

probability matching. Sin embargo, a diferencia de nuestros resultados, aquellos participantes que prefirieron maximizar, tuvieron una más alta capacidad cognitiva que los participantes que mostraron una tendencia al matching. A pesar de las aparentes similitudes entre las dos formulaciones que dan resultados contradictorios, se trata de dos paradigmas experimentales abiertamente diferentes, si no contrarios. Por su importancia, estudiémoslo con detenimiento.

Una diferencia menor fue que ellos usaron las puntuaciones del Scholar Aptitude Test (SAT) como medida de la capacidad cognitiva en lugar de tests ejecutivos. Sin embargo, como ellos afirman, el SAT satura fuertemente en el factor psicométrico *g* y está fuertemente asociado con la memoria de trabajo, “el indicador quintaesencial de la capacidad computacional en la ciencia cognitiva” (West y Stanovich, 2003, p. 245). Como nosotros hemos usado precisamente estos indicadores como medidas directas (test de Matrices y test de Letras y Números), las diferencias en la medida de la capacidad cognitiva no deberían ser críticas.

Dos diferencias fundamentales separan, no obstante, los dos tipos de experimento en dos paradigmas experimentales diferentes. **En primer lugar**, todos los experimentos del grupo de Stanovich están en la línea de la literatura de heurísticos y sesgos: esto es, ellos formulan preguntas teóricas en las que se establece un problema en una situación académica, tests de lápiz y papel, típicos de examen. Por ejemplo el *problema de los dados*, que se usó en los dos primeros experimentos, comienza así: “Un dado con 4 caras rojas y 2 verdes se lanza 60 veces. Antes de cada lanzamiento se le pedirá predecir el color que mostrará una vez lanzado...” (West y Stanovich, 2003, p. 245). Los participantes tienen que elegir la mejor opción dentro de cuatro posibles estrategias a seguir. Este problema se realizó en los dos primeros experimentos del artículo mencionado contando con 455 y 715 sujetos respectivamente. En el tercer experimento, que contó con una muestra de 422 sujetos, intervenía una tarea probabilística diferente, cuyo aspecto guarda unas enormes similitudes con el nuestro: la *tarea ensayo por ensayo*<sup>11</sup> se planteó así: “un mazo de cartas tiene sólo 10 cartas: 7 de las cartas tienen la letra A en el otro lado...y 3 letras la letra B” (West y Stanovich, 2003, p. 248). Se pedía a los participantes que adivinasen, carta por carta, la letra de cada una de las 10 al volverla boca arriba, pero *sin el feedback de los resultados*. Realmente, los participantes “no dieron vuelta a ninguna carta, ni recibieron feedback

---

<sup>10</sup> Véase la sección 2.9 de la introducción.

<sup>11</sup> Las instrucciones están explicitadas en la sección 2.5 de la introducción.

alguno”<sup>12</sup> (Stanovich, comunicación personal). Este punto es el que marca la diferencia entre dos paradigmas radicalmente distintos. Es difícil sorprenderse de que los sujetos con mayor capacidad cognitiva (evaluada por el SAT) resuelvan mejor los problemas académicos que los menos capacitados —incluyendo problemas de probabilidad. Pero esto no significa necesariamente que estos mismos sujetos se comporten así en la vida real, donde el comportamiento está más relacionado con la toma de decisiones, y hay un feedback continuo. De hecho, una medida de conocimiento declarativo no dice nada sobre el conocimiento procedimental. Lo que usted hace no es lo mismo que lo que usted *tendría* que hacer (Maxwell, Masters y Eves, 2003; Squire y Zola, 1996). En última instancia, en referencia a la distinción de Kahneman entre la utilidad de decisión y la utilidad experimentada, Trepel et al (2005) enfatiza que lo que uno espera observar y su correspondiente impacto emocional podría diferir significativamente de lo que uno experimenta eventualmente cuando el resultado se le es presentado y el subsiguiente impacto emocional de ese resultado. “Esta observación pone en cuestión si la toma de decisiones en situaciones con resultados hipotéticos es similar a la toma de decisiones cuando el individuo experimenta consiguientemente los efectos de la opción seleccionada.... Esto exige una investigación más sistemática donde se compare el papel de los substratos neurales cuando se toman decisiones sin presentarse resultados versus cuando se pide a los individuos seleccionar de un rango de opciones disponibles dentro del contexto de experimentar explícitamente la recompensa o el castigo asociado a esas opciones” (Paulus, 2005, pp. 4-5). No podemos pasar por alto esta diferencia entre ambos paradigmas experimentales.

**En segundo lugar**, las instrucciones dadas a los sujetos en la —“declarativa”— tarea probabilista de West y Stanovich avisan que los resultados están aleatorizados con una imagen que no deja lugar a dudas (un dado que se lanza; el mazo de cartas bien barajado), eliminando lógicamente la condición de incertidumbre en aquellos participantes que eran capaces de aplicar sus conocimientos de probabilidad —sesgando necesariamente la muestra como consecuencia de ello. Recordemos que la conciencia de incontrolabilidad por parte del sujeto puede ser un factor a la hora de derivar hacia el patrón de maximización (Morse y Rundquist, 1960; véase la sección 2.6 de la introducción y también lo comentado en la Discusión-1). La eliminación de esta información sólo es posible en una tarea

---

<sup>12</sup> En la tarea de ensayo por ensayo: “They do not turn each card, and they do not receive feedback” (Keith Stanovich, comunicación personal).

“procedimental” donde el sujeto tenga que obtenerla por sus propios medios. Ahora bien, si en una tarea probabilística “procedimental” eliminamos esta información sobre las probabilidades de los resultados los sujetos tienen que elegir entre buscar una regla o no hacerlo: una situación radicalmente distinta frente a la de cómo optimizar sin regla. Por supuesto, en nuestra TPS esta información no se proporcionó expresamente.

¿Qué podemos aprender sobre esta disparidad entre los resultados de estos dos diferentes paradigmas experimentales del mismo problema de probabilidad? Asumiendo que en cada paradigma la (misma) tarea probabilística mide cosas diferentes, podemos considerar a ambos paradigmas como complementarios. En una palabra, tomando juntas ambas aproximaciones y admitiendo que los resultados de West y Stanovich (2003) serían los mismos si se usaran directamente los tests ejecutivos en lugar del SAT —aún no demostrado—, entonces los sujetos con una mayor capacidad ejecutiva serán, a la vez, mejores en la tarea probabilística *declarativa* y peores en la tarea probabilística *procedimental*, que los sujetos con una menor capacidad ejecutiva. Hay que subrayar que en ningún caso podemos hablar de irracionalidad inherente al ser humano. Como hemos mostrado en la sección 2.6 de la introducción, en nuestro caso, puede mostrarse que el patrón de probability matching no es irracional en principio. A este respecto la contribución del grupo de Stanovich no debería considerarse como incompatible sino complementaria. Una interpretación integrada podría ofrecer un entendimiento más claro en el ámbito del modelo Declarativo/Procedimental (véase la revisión de Ullman, 2004). No obstante, cada paradigma limita la generalización de los resultados del otro. En la TPS, la irracionalidad tendría que ver con el *grado de persistencia* en la estrategia de probability matching, una vez que el sujeto se muestra incapaz de encontrar la regla. Nuestra interpretación es, entonces, que aquellos sujetos más capaces de buscar reglas ejecutarían la TPS *peor* que los menos capacitados, *incluso aunque* los mismos sujetos más capacitados pudieran ser mejores resolviendo problemas “declarativos” de probabilidad. Como Stanovich (2002, pp. 172-3) reconoce, incluso después de controlar la capacidad cognitiva, las diferencias individuales muestran que las disposiciones mentales (factores de personalidad) tienen aún un amplio margen para servir de predictores de la capacidad de razonamiento. Es decir, la irracionalidad no es patrimonio de los menos capacitados y no está vedada a los más listos.

Resumiendo: ¿Por qué somos *frecuentemente* irracionales?<sup>13</sup> Algunos autores primero respondieron: “porque todos somos irracionales”. En un segundo paso, otros autores, quienes asumieron la racionalidad universal, respondieron: “porque los experimentos están irracionalmente diseñados y mal interpretados”. En un tercer paso, Stanovich y su grupo respondieron que “los menos capaces cognitivamente es más probable que se comporten más irracionalmente”; aunque Stanovich apostilla, enseguida, que la capacidad cognitiva es un predictor muy débil y que la irracionalidad precisa de otras variables para su explicación. En un cuarto paso, nosotros respondemos que incluso los más capaces podrían a menudo ser irracionales, “porque están ocupados buscando reglas y formando hipótesis, esperando en última instancia un 100% de éxito, en tareas donde ese esfuerzo se demuestra inútil”.

El último paso nos recuerda al mono incapaz de soltar el plátano con el que le tienen sujeto sus captores. Conductas tan claramente irracionales contradicen el tercer paso y sólo lo complementan en los términos descritos arriba. Desde el punto de vista del segundo paso, los sujetos en nuestro acercamiento podrían ser considerados como racionales ya que persiguen un 100% de éxito. Sin embargo, sólo una fracción de la muestra fue “racional” según esta definición; el resto fue racional según la definición habitual de optimización del rendimiento en la tarea. Por otra parte, nuestros resultados podrían interpretarse como apoyando una irracionalidad inherente al ser humano, como dirían los autores del primer paso. No obstante, dándole la vuelta al argumento, no podemos considerar irracionales a las dos fracciones de la muestra al mismo tiempo. Sea cual sea la definición de racionalidad que elijamos entre estas dos opciones, una parte será considerada racional y la otra irracional.

La vida real nos suministra con un mar de casos de comportamiento irracional que no se puede explicar por un menor conocimiento o un menor CI. Sugerimos que sean precisamente estos casos los propiamente considerados “irracionales”, ya que el comportamiento subóptimo de los deficientes mentales ya está suficientemente explicado<sup>14</sup>. Lo que proponemos es que es más apropiado considerar como irracional aquellas conductas de la gente inteligente *que podrían ser óptimas* pero que no lo son. De acuerdo con esta definición, la irracionalidad podría depender del “engancharse” buscando reglas y formando hipótesis. Esto podría tener, en ocasiones, un tinte dramático. Es bien conocido que durante sus último

---

<sup>13</sup> Puede consultarse la sección 1.1 de la Introducción para profundizar en estas cuestiones.

<sup>14</sup> Y, a lo mejor, no llegan a las mismas cotas de irracionalidad social de los “inteligentes”.

40 años el Dr. Albert Einstein estuvo buscando una teoría unificada de campo — abrumadoramente considerada un callejón sin salida. Sin embargo: ¿y si hubiese una solución? Exactamente esto fue lo que ocurrió con su mayor éxito (y el de la ciencia), la Teoría de la Relatividad General: antes de lograr descubrirla fue, abrumadoramente, considerada un callejón sin salida. Muchos de los mayores logros de la ciencia y la tecnología han sido alcanzados atravesando aparentes “callejones sin salida”. En una palabra, lo que algunos autores pueden considerar irracional en un individuo podría no serlo para la sociedad.

## 2.c Otros resultados: relaciones

Los hallazgos obtenidos en los **Resultados 2c** (que se limitan a los 53 sujetos **diestros** de la muestra<sup>15</sup>) nos brindan la oportunidad de discutir aspectos más globales: las relaciones entre resultados ya analizados. En primer lugar, los 12 sujetos que cumplieron el criterio de maximización en la primera meseta (ver Método) puntuaron menos que los 41 sujetos restantes en inteligencia fluida y memoria de trabajo.

El 23% (12 de 53) de la muestra cambió relativamente pronto a la maximización, obteniendo mejores puntuaciones en la primera meseta (bloques 3-5). Sin embargo, ellos también obtuvieron las peores puntuaciones directas en inteligencia fluida y memoria de trabajo (Tabla 2.6). Un ligero efecto de la edad podría intervenir en el sentido de que los maximizadores eran en promedio más mayores que el resto, aunque las diferencias no fueron significativas. En cualquier caso, como se ilustra en la Figura 2.6, los restantes 41 participantes (con mejores capacidades ejecutivas) se aproximaron al probability matching, aunque todavía persiste una pequeña pero significativa separación.

Como ya hemos visto en el apartado 2.a de la discusión, los sujetos que hallaron las reglas más complejas ejecutaron un estricto patrón de probability matching en la meseta de la primera fase (Figura 2.7). Ahora aportamos asimismo el dato de que estos mismos sujetos (21%) fueron mejores en las 3 pruebas ejecutivas comparados con los que no hallaron reglas (34%), los cuales derivaron hacia la maximización (véase la Tabla 2.10a). Además, la *Complejidad de la regla* correlacionó positivamente con la ejecución en la prueba de Matrices (Tabla 2.8) y negativamente con Patrón y Sesgo en la primera meseta (Tabla 2.7). No es sorprendente que los sujetos que hallaron reglas más complejas fueran los que tenían mayor capacidad ejecutiva, lo sorprendente es que estos mismos sujetos rindiesen menos en la TPS. Probablemente, la capacidad para construir reglas podría ser relativamente independiente de la utilidad de estas reglas. Esta podría ser la razón de que los humanos sean malos “aprendedores” de la TPS (véase la sección 4.3 de la introducción).

Al comparar el subgrupo de 12 maximizadores con el de los 11 que hallaron las reglas más complejas, las diferencias fueron abrumadoras como lo muestra la tabla 2.10b. Los dos subgrupos quedaron caracterizados por una doble disociación: unos eran maximizadores, pobres en habilidades ejecutivas y no hallaron reglas; otros eran igualadores (matching), altos

---

<sup>15</sup> No obstante, estos resultados siguen siendo válidos para la muestra completa.

en capacidades ejecutivas y buscadores de reglas. No hubo ningún sujeto en toda la muestra que fuese maximizador y encontrase reglas complejas.

Estos resultados, tomados en conjunto, podrían estar indicando la existencia de una dimensión en la que cada uno de estos dos subgrupos se ubicase en los extremos opuestos. La cualidad del ‘continuo’ entre los extremos estaría corroborada por las correlaciones mostradas entre las variables (Tabla 2.8).

Una palabra sobre la lateralidad. Acerca de la posibilidad de asociar cada modo de comportamiento (matching/maximización) a un hemisferio cerebral nuestro estudio nos dio un resultado negativo o, al menos, no concluyente. La competencia de cada hemisferio en tanto que evaluada por la tarea de Habilidad Manual Relativa (*Right Hand Skill*; RHS) no mostró diferencias significativas. Quizá, como una mejora para futuros experimentos, la contribución hemisférica del sujeto podría evaluarse aplicando esta tarea RHS (o mejor el finger-tapping test) con tareas concurrentes especializadas para cada hemisferio (véase, p.e., O'Boyle, Gill, Benbow, y Alexander, 1994). Además, la correlación negativa entre las puntuaciones de la tarea RHS y del test de Matrices, que dependió especialmente de habilidad de la mano izquierda (los sujetos eran diestros), podría interpretarse como una participación crítica del hemisferio cerebral derecho en la ejecución del test de Matrices<sup>16</sup>. En este sentido, Prabhakaran, Smith, Desmond, Glover, y Gabrieli (1997), examinando la activación cerebral mediante fMRI durante la ejecución del test de Matrices Progresivas de Raven (similar al test de Matrices), encontraron muchas activaciones en regiones asociadas con la memoria de trabajo como el córtex frontal bilateral. Más específicamente, el razonamiento figurativo activó áreas implicadas en la memoria de trabajo espacial y de objetos (que incluyó el frontal derecho) y el razonamiento analítico activó áreas adicionales implicadas en la memoria de trabajo verbal (que incluyó el frontal izquierdo), procesos ejecutivos y procesos asociativos independientes del dominio. Según estos autores, los resultados sugieren que el razonamiento fluido está mediado por un compuesto de sistemas de memorias de trabajo.

Finalmente, la correlación observada entre el test de Matrices y el test de Letras y Números (LN) (Tabla 2.8), podría reflejar una propiedad necesaria para el razonamiento fluido: el mantenimiento de las imágenes mentales. Además, la alta correlación entre la tarea Stroop y el test LN podría reflejar, a su vez, una propiedad necesaria para la memoria de

---

<sup>16</sup> No estamos diciendo que esté implicado sólo el hemisferio derecho en la ejecución de la tarea de Matrices, sino que su participación fue crítica para un mejor rendimiento.

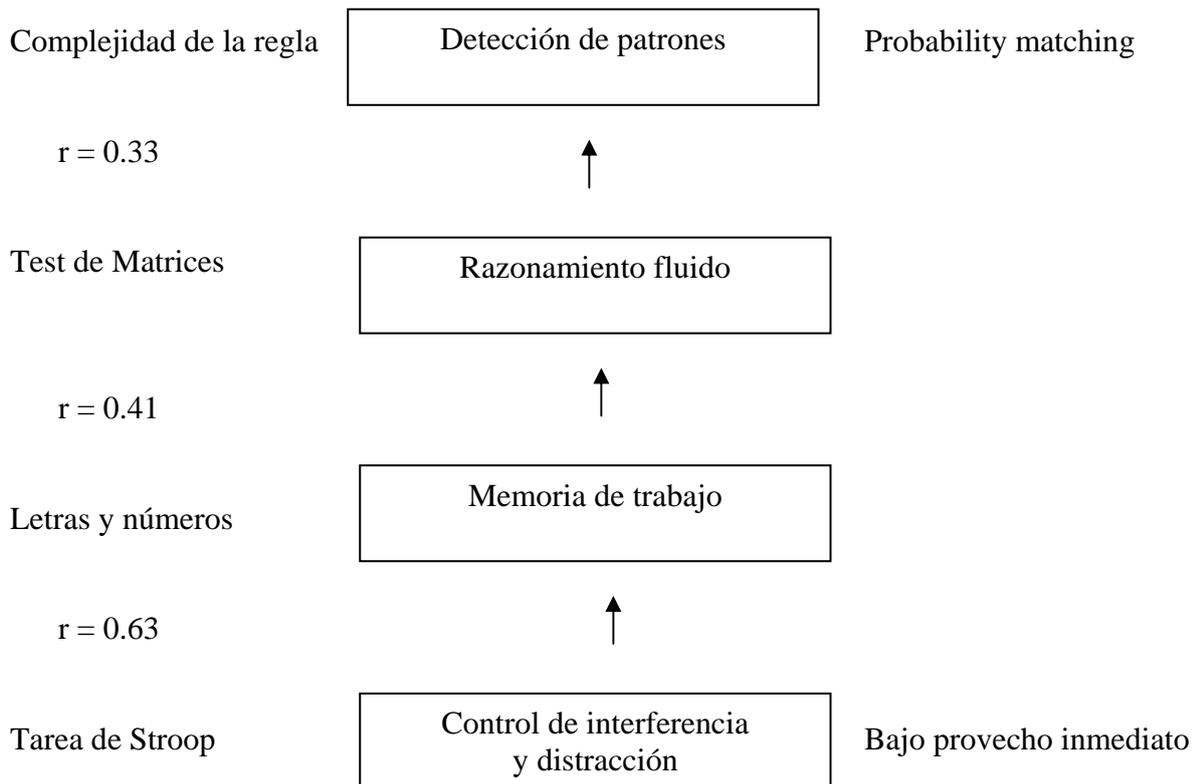
trabajo: la preservación de las imágenes mentales de la interferencia y la distracción. Estos resultados están en acuerdo con los de la literatura (véase la sección 2.7 de la introducción).

Tomando en consideración la relativa independencia observada entre la ejecución del test de Matrices y de la tarea Stroop (la correlación no fue significativa; Tabla 2.8), vamos a interpretar unas diferencias sutiles entre las respectivas capacidades medidas por estas tareas. Primero, el hecho de que la tarea Stroop (Tabla 2.7) fue la única que correlacionó con el número total de éxitos a lo largo de toda la prueba (All Hits), podría indicar una capacidad más bien general para controlar la interferencia y la distracción en oposición al provecho inmediato (aunque no necesariamente por medio del probability matching). Segundo, como el test de Matrices correlacionó significativamente con la ejecución en la primera meseta de la TPS, podría interpretarse más bien como una capacidad específica para buscar reglas que implicaría una focalización en el probability matching. De hecho la Complejidad de la Regla covaría sólo con la ejecución del test de Matrices y la primera meseta (Tablas 2.9 y 2.8, respectivamente).

Como una forma tentativa para organizar y visualizar estos resultados, hemos dispuesto las tres funciones ejecutivas a lo largo de una dimensión especificidad-generalidad en la Figura 4. Así, mientras el extremo “generalidad”, situado en la parte inferior de la Figura, implica una inhibición general de las conductas prepotentes y potencialmente interfirientes, el extremo “especificidad” implica, además, probability matching. Cuanta mayor sea la vecindad entre las capacidades ejecutivas a lo largo de esta dimensión, tanto más correlacionarán entre sí. De hecho, como puede observarse en la Tabla 2.8, si nos saltamos un paso desaparecen las correlaciones. Aclarado esto, podemos considerar que esta dimensión tiene una propiedad “jerárquica” pues las capacidades ejecutivas en una situación inferior son necesarias para las superiores. Por supuesto, esto no tiene que ver con la complejidad intrínseca de cada estrato. De hecho la inteligencia fluida es considerada una capacidad más compleja que las otras. Tampoco esta “jerarquía” tiene trascendencia estructural, sino más bien se trataría del diagrama de flujo adoptado por el sistema cognitivo por las demandas de la tarea.

Resumiendo: aunque este conjunto de resultados requiere una investigación de mayor envergadura, proporcionan evidencia suficiente para ligar la producción de reglas con las funciones ejecutivas, en el sentido de que los sujetos con una mayor capacidad ejecutiva

estarían más predispuestos a la labor de detección de patrones y reglas supersticiosas. La implicación de las distintas funciones ejecutivas en este cometido está por esclarecer, si bien una posibilidad especulativa, mostrada en la Figura 4, explicaría globalmente nuestros resultados sin contradecir la evidencia de la literatura.



*Figura 4.* Disposición de funciones ejecutivas a lo largo de una dimensión de especificidad progresiva. La disposición está jerarquizada para la tarea en el sentido de que las capacidades inferiores son necesarias para el buen funcionamiento de las superiores. Sólo fueron significativas las correlaciones entre las puntuaciones de las tareas que aparecen contiguas en la figura.

***El Experimento 2 presenta una serie de limitaciones:***

Primero, aunque el objetivo natural de la TPS sería el de formar parte de las pruebas neuropsicológicas, en el presente experimento hemos administrado la prueba a una población de sujetos normales. Nuestro objetivo era examinar el efecto matching. Por consiguiente, una vez el diseño se haya probado como útil, podría administrarse a poblaciones clínicas. Segundo, el patrón de probability matching debe interpretarse meramente como *manifestación* de procesos cognitivos subyacentes. De momento no hay suficiente evidencia para interpretarse como un *componente* cognitivo adicional en el proceso de toma de decisiones. Tercero, en su versión actual, la TPS no es inmediatamente adaptable como test para el diagnóstico neuropsicológico; algunas mejoras deberían hacerse en asuntos como la auto-evaluación de la complejidad de la regla, y la pseudo-aleatorización, que podría volver a tomarse en consideración con objeto de reducir la incertidumbre de la medida (p.e. la misma secuencia de resultados para todos los sujetos). Cuarto, algunas dimensiones psicológicas y conductuales no han sido examinadas aquí: por ejemplo, la impulsividad, la extroversión y el ánimo, que podrían tener un impacto negativo en la toma de decisiones (deliberación reducida, preferencia por resultados arriesgados), en casos de manía o depresión (Murphy et al, 2001), e incluso rasgos de personalidad como las disposiciones mentales (Stanovich, 1999, véase sección 1.1 de la introducción). Aunque los factores emocionales no mostraron influir en nuestros resultados, no podemos negar su participación en la toma de decisiones. Al contrario, es bien conocido que los factores motivacionales están implicados en los procesos de toma de decisiones. Lo que hicimos en nuestro estudio fue controlar estos factores emocionales más que manipularlos. De hecho los sujetos de la muestra puntuaron bajo en los tests emocionales. No obstante, sería interesante tener en cuenta la posible relación entre los factores emocionales y cognitivos (véase la sección 2.12 de la introducción).



El tercer experimento, con población esquizofrénica, es discutido en relación con el segundo, de población normal.

### **Discusión 3a: Inesperado efecto matching**

Cuatro importantes hallazgos emergen del total de resultados recabados por los experimentos 2 y 3. Primero, los pacientes con esquizofrenia, tienen un pobre rendimiento en la ejecución de la Tarea de Predicción Simple (TPS), en el test de Letras y Números (LN) y en la tarea de Stroop en comparación al grupo control normal. Segundo, los participantes normales pobres en capacidad ejecutiva fueron peores en hallar reglas y tuvieron un mejor rendimiento en la TPS que los participantes normales con mayor capacidad ejecutiva. Tercero, las puntuaciones de TPS, LN y Stroop no correlacionaron en esquizofrenia. Cuarto, los pacientes realizaron la TPS con un rendimiento similar a los participantes normales que encontraron reglas complejas, y fueron diferentes del resto del grupo normal.

Los datos del grupo normal eran consistentes con la hipótesis de que ellos buscaban reglas para resolver la TPS (Fantino y Esfandiari, 2002), porque la percibían como una tarea basada en reglas. Los participantes normales que tenían alta capacidad ejecutiva encontraron reglas complejas, ejecutaron un patrón de probability matching y tuvieron peor rendimiento en la TPS que los menos capaces. Este estudio sobre el efecto matching parece indicar que los sujetos normales podrían encarar los problemas de probabilidad buscando reglas bajo la guía de módulos ejecutivos. Sin embargo, los datos sobre el grupo de pacientes crean algunas dificultades conceptuales. Para empezar, los participantes normales con una menor capacidad ejecutiva realizaron mejor la TPS. Si esta afirmación se mantuviese para los pacientes, en promedio ellos deberían realizar mejor la TPS que el grupo normal. Esto se fundamentaría en que, siendo los pacientes más pobres en memoria de trabajo y atención ejecutiva (en tanto que evaluadas por los tests LN y Stroop, respectivamente), no percibirían la TPS como los sujetos normales buscadores de reglas, de manera que no usarían reglas sino una estrategia de maximización. Esta estrategia haría, en consecuencia, al grupo esquizofrénico más exitoso en la TPS que al grupo normal. Sin embargo, los pacientes rindieron inesperadamente peor en la TPS: ¿Dónde está el error?

La pobre ejecución de los esquizofrénicos en la TPS es contraria a nuestra hipótesis. El misterioso principal resultado de este estudio es el siguiente: los pacientes (quienes tienen menos capacidad ejecutiva) parecen ser generadores de reglas, tal como la gente normal con alta capacidad ejecutiva. Este inesperado efecto matching no es amortiguado por la disfunción ejecutiva de la esquizofrenia, a diferencia del grupo normal (la ejecución de la TPS por los pacientes fue independiente de sus capacidades ejecutivas). Mientras la gente normal que está “preparada” para resolver problemas se ocupa de buscar reglas bajo una guía ejecutiva, los sujetos con esquizofrenia se ocupan de buscar reglas sin guía alguna, excepto quizá casualidades formales, patrones espurios, etc. Los pacientes esquizofrénicos podrían estar “preparados” para encontrar reglas supersticiosas. Los resultados nos fuerzan a concluir que los pacientes encuentran reglas *sin* la guía de módulos ejecutivos.

Aunque novedosos, estos resultados no contradicen los estudios previos. De hecho han sido observados pero no bien entendidos. Por ejemplo, Wilder, Weinberger y Goldberg (1998), usaron el Iowa Gambling Task<sup>17</sup> para concluir un, también, inesperado funcionamiento intacto del condicionamiento operante en la esquizofrenia sobre la base del hecho de que el grupo normal y el esquizofrénico realizaron un rendimiento similar. Otros autores han hallado los mismos resultados (Ritter et al, 2004; Evans et al, 2005). Nuestros resultados podrían considerarse consistentes y complementarios con los de estos autores. Además, ellos encuentran un resultado “paradójico” con relación a los niveles de educación en muestras normales (Evans et al, 2004). Por ejemplo, Wilder et al (1998) detectan que, en el grupo normal, “el patrón de hallazgos implicaría a la educación avanzada *como perjudicial para la tarea*, lo que no parece enteramente plausible” (p. 173, la cursiva es nuestra). No obstante, nuestro marco proporciona una interpretación plausible: el efecto matching podría explicar porqué los individuos normales cognitivamente más capacitados eran los menos exitosos.

Nuestro trabajo podría tener implicaciones para el trastorno del pensamiento. Mientras que se han hecho numerosos estudios de la validez de diferentes escalas y déficit de memoria de trabajo en esquizofrenia, pocos investigadores han buscado determinar la naturaleza cognitiva del mecanismo que podría subyacer al trastorno de pensamiento. La TPS podría ser otra herramienta complementaria más para el estudio de los mecanismos cognitivos que subyacen a este trastorno. Por ejemplo, asumiendo que la capacidad para generar reglas sea

---

<sup>17</sup> Una descripción del Iowa Gambling Task puede hallarse en la sección 4.6 de la introducción.

un módulo cognitivo relativamente periférico de los procesos de pensamiento, el trastorno del pensamiento podría no ser secundario a fallos basados en la memoria de trabajo (Aloia, Gourovitch, Picar, Weinberger y Goldberg, 1998) sino más bien secundario a una *desconexión* entre las funciones ejecutivas y el módulo de generación de reglas; un salto cualitativo que rompe el continuum. La conducta cognitiva se tomaría un atajo para evitarse los agotadores procesos ejecutivos.

Los datos presentados sugieren que la TPS es percibida como una tarea basada en reglas (sin serlo) tanto por sujetos con esquizofrenia como por sujetos normales con alta capacidad ejecutiva. Mientras que el pensamiento normal podría ser controlado por funciones ejecutivas, el trastorno de pensamiento podría ser controlado por patrones espurios. La disfunción ejecutiva esquizofrénica podría estar compensada, en muchos casos, con el sistema de producción de reglas arbitrarias.

Aloia et al (1998, p. 1677) han mostrado que “el trastorno de pensamiento podría estar relacionado con un deterioro del funcionamiento semántico, más que con deterioros en la memoria de trabajo o funciones atencionales”, lo cual abre la puerta a investigar las posibles relaciones de nuestros resultados con las anomalías del priming semántico.

Los resultados de este estudio podrían tener también implicaciones para importantes hipótesis dentro de la literatura<sup>18</sup> que intentan explicar el fenómeno delirante como resultado de una deficiencia racional, lógica o cognitiva, conectando con las concepciones de Jaspers y Kurt Schneider. El fuerte enganche en conclusiones mal inferidas es una característica típica de los delirios, los cuales son muy abundantes en el subtipo paranoide de esquizofrenia.

---

<sup>18</sup> Por ejemplo, el trabajo de Philippa Garety se ha focalizado en el entendimiento y trabajo terapéutico con creencias delirantes y ha examinado el papel del razonamiento y de los procesos emocionales (Garety y Hemsley, 1994; Freeman y Garety, 2004).

### **Discusión 3b:** Otros resultados de difícil interpretación

No directamente bajo el foco de los principales objetivos de esta tesis, hemos recabado algunos datos en **Resultados 3b** que requieren algún tipo de comentario, pese a su complejidad y difícil interpretación.

En primer lugar, los tiempos de reacción (TR) medios fueron unos 400 milisegundos mayores en los esquizofrénicos que en los normales. Destacamos la constancia de los TR's a lo largo de la tarea en el grupo esquizofrénico, en comparación con la reducción gradual del grupo normal. Esto significa que lo que al principio de la tarea (bloque 3) era un incremento de 300 ms, termina siendo (bloque 8) un incremento de más de 500 ms. Se trata de una lentitud de una gran relevancia. Por ejemplo, puede invertir el sentido de funcionamiento de un importante número de circuitos neurales, dando una base neurofisiológica a explicaciones neuropsicológicas de la sintomatología psiquiátrica como las descritas en las secciones 3.1 y 3.3 de la introducción. En el grupo esquizofrénico, el TR medio correlacionó con la subescala de psicopatología general de la PANSS y con los años de evolución de la enfermedad (el TR aumentó con la psicopatología y con la cronicidad). Sin embargo, aunque la medicación correlacionó positivamente con la cronicidad, no correlacionó con el TR, ni con nada más, lo que podría indicar que la medicación no puede explicar la parte principal de la varianza de los TR, sino más bien la cronicidad y la psicopatología.

En segundo lugar, la sintomatología positiva, medida en la escala PANSS, no correlacionó con ningún indicador de la TPS ni con los tests ejecutivos ni con Vocabulario ni con los años de estudio. Posiblemente se deba el hecho de que esta sintomatología estaba parcialmente compensada por el uso de la medicación. No obstante, queda como indicación que los 32 pacientes que más se acercaron al matching en la primera meseta (bloques 4 y 5), tendieron a una sintomatología positiva más acusada que los 42 que se alejaron más de dicho matching. En contraste, la sintomatología negativa correlacionó inversamente con los años de estudio, Vocabulario, la memoria de trabajo (test de Letras y Números: LN), que disminuyeron con el aumento de la sintomatología. Asimismo, este aumento de la sintomatología negativa también fue en detrimento de la ejecución en la TPS, disminuyendo no sólo el número de aciertos tanto en la primera meseta como a lo largo de toda la prueba sino disminuyendo también el incremento temporal entre los TR's realizados después de fallos y después aciertos. En el caso esquizofrénico, no deberíamos confundir una ejecución menos óptima con una ejecución matching, tal como hacíamos en el caso del grupo normal,

puesto que en el caso esquizofrénico un cierto número de sujetos que realizan una ejecución que puede llegar a ser incluso sub-matching, concretamente, esquizofrénicos residuales con predominio negativo. Finalmente, los sujetos con más años de evolución realizaron peor la tarea de Stroop.

En tercer lugar, hay indicios de que la atención selectiva (Stroop) interviene en la demora de la ganancia inmediata también en el grupo esquizofrénico, ya que cuanto mayor es la puntuación en el Stroop, más cercana al probability matching es la ejecución en las dos mesetas de la TPS (bloques 4,5,7 y 8). Por otra parte, los 7 zurdos del grupo esquizofrénico ejecutaron la tarea Stroop mejor que los diestros y se aproximaron al matching a lo largo de toda la TPS (PM12) también más que los diestros. No difirieron de los diestros en el matching de la primera meseta porque estos también ajustaron probabilidades. Sin embargo, el grado de lateralidad motora (Inventario de Edimburgo) sí correlacionó con el matching de la primera meseta (PM1) en el sentido de que cuanto más desplazada hacia la izquierda, más cercana al matching fue la ejecución de la TPS en la primera meseta (bloques 4 y 5). También correlacionó el grado de lateralidad con la atención selectiva, confirmando que cuanto más zurdo era un sujeto, mejor realizaba la tarea Stroop. Sin embargo, la interpretación de estos resultados está sujeta a una profunda complejidad. Por ejemplo, ¿por qué los zurdos ejecutaron mejor la tarea de Stroop y se aproximaron más al matching en los bloques 4 y 5? Y también, desde otro punto de vista, ¿por qué los que minimizan PM1 y PM, esto es, los sujetos matching, ejecutaron mejor la tarea Stroop y tendieron a ser más zurdos?

En cuarto lugar, la atención selectiva (Stroop) parece desvinculada de la memoria de trabajo (LN) en la esquizofrenia. Si por un lado la atención selectiva aparece relacionada positivamente con el matching, es sensible al deterioro con la cronicidad y mejora en los zurdos, por su parte, la memoria de trabajo es sensible al deterioro en la sintomatología negativa, puntúan mejor en Vocabulario y tienen más años de estudio. En cualquier caso, LN no tuvo nada que ver con la ejecución de la TPS. Este desajuste entre la atención selectiva y la memoria de trabajo, cada una con sus funciones asociadas, podría ser una indicación de cómo profundizar en futuras investigaciones en la ruptura del continuo cognitivo funcional mencionado en la discusión 3a.

Finalmente, es necesario comentar que el hecho de que la muestra de pacientes tuviese un predominio de hombres con sintomatología negativa y con una mayor capacidad de memoria de trabajo, no influyó en la relación entre ambas variables. Esto es debido a que la

correlación entre la sintomatología negativa y la memoria de trabajo fue precisamente la contraria: la mayor gravedad en la sintomatología negativa repercutió en una *menor* capacidad de la memoria de trabajo a lo largo de toda la muestra. De esta manera, y dado que LN no tuvo trascendencia alguna en la ejecución de la TPS, la peor ejecución de la TPS en la primera meseta de los hombres podría deberse simplemente a la mayor gravedad de su sintomatología negativa.

***El estudio presenta una serie de limitaciones:***

La muestra de sujetos con esquizofrenia fue asimétrica en género (73% varones), y abrumadoramente asimétrica en diagnóstico (80% de subtipo paranoide), pero no fue sesgada artificialmente. En cualquier caso, los resultados fueron básicamente los mismos que cuando se usó sólo el subtipo paranoide (datos no mostrados). Aunque este estudio se focalizó en el inesperado resultado del efecto matching en esquizofrenia, las conclusiones deberían hacer referencia específica al subtipo paranoide. Otros subtipos diagnósticos deberían investigarse, usando, incluso, otros tests ejecutivos. Por ejemplo, el perfil TPS de los cuatro pacientes diagnosticados con subtipo residual parece ser insensible, o indiferente, a los aciertos y fallos, mostrando dicho perfil un aspecto desordenado (datos no mostrados). Sin embargo, el tamaño de la muestra es demasiado pequeño para sacar conclusiones. Tampoco hemos profundizado en la relación entre los tests ejecutivos (y especialmente el rendimiento en la TPS) con el estado sintomático, aunque un experimento reciente utilizando el Iowa Gambling Task no encontró relación con la sintomatología positiva ni con la negativa (Evans et al, 2005). Si se prolongase la duración de la TPS, los perfiles obtenidos de los buscadores de reglas normales y de los pacientes quizá podrían tener un curso diferente que posibilitara diferenciar entre ellos. Esto podría evaluarse incrementando el número de ensayos: los pacientes perseverarían en el patrón de matching mientras que los sujetos normales se despreocuparían del matching, terminando por maximizar (Edwards, 1961; Bereby-Meyer y Erev, 1998). Otras limitaciones tienen que ver con el reducido número de tests ejecutivos administrados, por razones prácticas; y con la posibilidad de auto-evaluar la complejidad de la regla por parte de los propios sujetos, especialmente los pacientes con esquizofrenia. Recientemente, se ha

encontrado otro resultado inesperado con población esquizofrénica: los pacientes no sólo rendían similarmente a los normales en el Iowa Gambling Task sino que también mostraron una sustancial y rápida conciencia de las opciones ventajosas; siendo la experiencia subjetiva significativamente mejor predictor incluso en los pacientes con esquizofrenia que en los sujetos normales (Evans et al, 2005). La consideración de estos puntos podría repercutir en la generalizabilidad de los resultados. En orden a explorar directamente las relaciones entre el trastorno del pensamiento y la TPS sería oportuno, en futuros diseños una evaluación sistemática del trastorno como por ejemplo el Thought Disorder Index (Nestor et al, 1998). También en futuros diseños debería considerarse los tiempos de reacción. El tiempo de reacción podría ser una medida discriminadora desde el punto de vista clínico. Por ejemplo, T.P. Zahn (1970) ha mostrado que en comparación con los sujetos controles sanos, el tiempo de reacción esquizofrénico está deteriorado por la propia irregularidad de las condiciones del estímulo. En este sentido, Baxter y Liddle (1998, p. 239) encontraron que los pacientes esquizofrénicos con enfermedad persistente, la pobreza psicomotora estaba asociada a la lentitud de respuesta en una tarea de elección probabilista de dos opciones, en la que la respuesta apropiada no estaba dictada por la situación estimular.

## REFERENCIAS

- Aloia, MS, Gourovitch, DM, Picar, D, Weinberger, DR y Goldberg, TE (1998). Cognitive substrates of thought disorder, II: Specifying a candidate cognitive mechanism. *American Journal of Psychiatry*, *155*, 1677-84.
- Baxter, RD y Liddle, PF (1998). Neuropsychological deficits associated with schizophrenic syndromes. *Schizophrenia Research*, *30*, 239-249.
- Bechara, A, Damasio, H y Damasio, AR (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, *10*, 295-307.
- Bechara, A, Damasio, H y Damasio, AR (2003). Risky business: emotion, decision-making, and addiction, *Journal of Gambling Studies*, *19*, 23-51.
- Bechara, A, Damasio, H, Damasio, AR y Lee, GP (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, *19*, 5473-5481.
- Bechara, A, Damasio, H, Tranel, D y Damasio, AR (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, *275*, 1293-1295.
- Bechara, A, Tranel, D, Damasio, H y Damasio, AR (1996). Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex, *Cerebral Cortex*, *6*, 215-225.
- Bereby-Meyer, Y y Erev, I (1998). On learning to become a successful loser: A comparison of alternative abstractions of learning processes in the loss domain. *Journal of Mathematical Psychology*, *42*, 266-286.
- Birnbaum, MH y Wakcher, SV (2002). Web-based experiments controlled by JavaScript: An example from probability learning. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *34*, 189-199.
- Bowman, CH, Evans, CEY, & Turnbull, OH (2005). Artificial time constraints on the Iowa Gambling Task: The effects on behavioral performance and subjective experience. *Brain and Cognition*, *57*, 21-25.
- Cohen, MX, Heller, AS y Ranganath, C (2005). Functional connectivity with anterior cingulate and orbitofrontal cortices during decision-making. *Cognitive Brain Research*, *23*, 61-70.
- Cools, R, Clark, L, Owen, AM y Robbins, TW (2002). Defining the neural mechanisms of probabilistic reversal learning using event-related fMRI. *Journal of Neuroscience*, *22*, 4563-4567.
- Edwards, W (1961). Probability learning in 1000 trials. *Journal of Experimental Psychology*, *64*, 385-394.
- Evans, CEY, Kemish, K y Turnbull, OH (2004). Paradoxical effects of education on the Iowa Gambling Task. *Brain and Cognition*, *54*, 240-244.

- Evans, CE, Bowman, CH y Turnbull, OH (2005). Subjective awareness on the Iowa Gambling Task: the key role of emotional experience in schizophrenia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 656-664.
- Eysenck, H J (1995). *Genius: the natural history of creativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fantino, E (2004). Behavior-analytic approaches to decision making. *Behavioural Processes*, 66, 279-288.
- Fantino, E y Esfandiari, A (2002). Probability matching: encouraging optimal responding in humans. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56, 58-63.
- Fiorina, PM (1971). Critique and comments: a note on probability matching and rational choice. *Behavioral Science*, 16, 158-166.
- Freeman, D y Garety, PA (2004). *Paranoia: The Psychology of Persecutory Delusions*. Hove: Psychology Press.
- Garavan, H y Stout, JC (2005). Neurocognitive insights into substance abuse. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 195-201.
- Garety, PA y Hemsley, DR (1994) *Delusions: Investigations into the Psychology of Delusional Reasoning*. Hove: Psychology Press Maudsley Monographs.
- Gazzaniga, MS (1985). *The Social Brain*. New York: Basic Books. Edición en castellano: *El cerebro social*. Madrid: Alianza Editorial, 1993.
- Goldberg, E (2001). *The Executive Brain: Frontal Lobes and the Civilized Mind*. Oxford University Press.
- Goldberg, E, Harner, R, Lovell, M, Podell, K y Riggio, S (1994). Cognitive bias, functional cortical geometry, and the frontal lobes: laterality, sex, and handedness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 276-296.
- Grant, DA, Hake, HW y Hornseth, J.P. (1951). Acquisition and extinction of a verbal conditioned response with differing percentages of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology*, 42, 1-5.
- Hajcak, G, McDonald, N y Simons, RF (2004). Error-related psychophysiology and negative affect. *Brain and Cognition*, 56, 189-197.
- Hajcak, G, Moser, JS, Holroyd, CB y Simons, RF (2006). The feedback-related negativity reflects the binary evaluation of good versus bad outcomes. *Biological Psychology*, 71, 148-154.
- Jollant, F, Bellivier, F, Leboyer, M, Astruc, B, Torres, S, Verdier, R, Castelnau, D, Malafosse, A y Courtet, P (2005). Impaired decision making in suicide attempters. *American Journal of Psychiatry*, 162, 304-310.
- Knowlton, B J, Mangels, J A y Squire, LR (1996). A neostriatal habit learning system in humans. *Science*, 273, 1399-1402.

- Knowlton, B J, Squire, LR y Gluck, M (1994). Probabilistic classification learning in amnesia. *Learning and Memory*, 1, 106-120.
- Knowlton, B J, Squire, LR, Paulsen, J S Swerdlow, N, Swenson, M y Butters, N (1996). Dissociations within nondeclarative memory in Huntington's disease. *Neuropsychology*, 10, 538-548.
- Libet, B (1996). Neural time factors in conscious and unconscious mental functions. En: SR Hameroff, AW Kaszniak, & AC Scott (Eds.), *Toward a Science of Consciousness: The First Tucson Discussions and Debates* (pp. 337-347). London: MIT Press.
- Libet, B (1999). Do we have free will? *Journal of Consciousness Studies*, 6, 47-57.
- Maia, TV y McClelland, JL (2004). A re-examination of the evidence for the somatic marker hypothesis: What participants really know in the Iowa gambling task. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 16075-80.
- Maia, TV y McClelland, JL (2005). The somatic marker hypothesis: still many questions but no answers. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 162-164.
- Manes, F, Sahakian, B, Clark, L, Rogers, R, Antoun, N, Aitken M y Robbins, T (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, 125, 624-639
- Maxwell, J P, Masters, RS y Eves, FF. (2003). The role of working memory in motor learning and performance. *Consciousness and cognition*, 12, 376-402.
- McCormack, P (1959). Spatial generalization and probability learning in five-choice situation. *American Journal of Psychology*, 72, 135-138.
- Morse, EB y Rundquist, WN (1960). Probability matching with an scheduled random sequence. *American Journal of Psychology*, 73, 603-7.
- Murphy, FC, Rubinsztein, JS, Michael, A, Rogers, RD, Robbins, TW, Paykel, ES, et al (2001). Decision-making cognition in mania and depression. *Psychological Medicine*, 31, 679-693.
- Nestor, PG, Shenton, ME, Wible, C, Hokama, H, O'Donnell, BF Law, S, & McCarley, RW (2000). A neuropsychological analysis of schizophrenic thought disorder. *Schizophrenia Research*, 41, 473-5.
- O'Boyle, MW, Gill, HS, Benbow, CP, and Alexander, JE (1994). Concurrent finger-tapping in mathematically gifted males: evidence for enhanced right hemisphere involvement during linguistic processing. *Cortex*, 30, 519-26.
- Overman, WH, Bachevalier, J, Schuhmann, E y McDonough-Ryan, P (1997). Sexually dimorphic brain development: a comparative perspective. En: NA Kransegor, GR Lyon, & PS Goldman-Rakic (Eds.), *Development of the Prefrontal Cortex* (pp. 337-357). London: Paul H. Brookes.
- Peretti, CS (1998). Anxiety and cognition disorders. *Encephale*, 24, 256-259.

- Prabhakaran V, Smith JA, Desmond JE, Glover GH y Gabrieli JD (1997). Neural substrates of fluid reasoning: an fMRI study of neocortical activation during performance of the Raven's Progressive Matrices Test. *Cognitive Psychology*, 33, 43-63.
- Paulus, MP (2005). Neurobiology of decision-making; Quo vadis? *Cognitive Brain Research*, 23, 2-10.
- Ptak, R, Gutbrod, K, Perrig, W y Schnider, A (2001). Probabilistic contingency learning with limbic or prefrontal damage. *Behavioral Neuroscience*, 115, 993-1001.
- Rabbit, PMA (1981). Sequential reactions. En: D. Holding (Ed.), *Human skills* (pp. 153-175). New York: Wiley.
- Ritter, LM, Meador, Woodruff, J H y Dalack, GW (2004). Neurocognitive measures of prefrontal cortical dysfunction in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 68, 65-73.
- Rogers, RD, Everitt, DJ, Baldacchino, A, Blackshaw, AJ, Swainson, R, Wynne, K, Baker NB, Hunter, J, Carthy, T, Booker, E, London, M, Deakin, JFW, Sahakian, BJ y Robbins, TW. (1999). Dissociable deficits in the decision-making cognition of chronic amphetamine abusers, opiate abusers, patients with focal damage to prefrontal cortex, and tryptophan-depleted normal volunteers: evidence for monoaminergic mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 20, 322-339.
- Rumbaugh, DM (1997). Competence, cortex, and primate models: a comparative primate perspective. En: NA Kransegor, GR Lyon, & PS Goldman-Rakic (Eds.), *Development of the Prefrontal Cortex* (pp. 117-139). London: Paul H. Brookes.
- Sabes, PN y Jordan, MI (1996). Reinforcement learning by probability matching. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 8, 1080-1086.
- Sanfey, AG y Cohen, JD (2004). Is knowing always feeling? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 16709-10.
- Squire, LR y Zola, SM (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 93, 13515-13522.
- Stanovich, KE (1999) *Who is rational? Studies of individual differences in reasoning*. Erlbaum.
- Stanovich, KE (2002). Rationality, intelligence, and levels of analysis in cognitive science: is dysrationalia possible? En: Robert J Sternberg. *Why smart people can be so stupid*. Yale University. Edición en castellano: Racionalidad, inteligencia y niveles de análisis en la ciencia cognitiva: ¿es posible la disracionalidad? (pp 161-177) En: *Por qué las personas inteligentes pueden ser tan estúpidas*. Ed: Robert J Sternberg. Barcelona: Crítica, 2003.
- Stanovich, KE y West, RF (1998a). Individual differences in rational thought. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 161-188.
- Stanovich, KE y West, RF (1998b). Who uses base rates and  $P(D/\sim H)$ ? An analysis of individual differences. *Memory & Cognition*, 26, 161-179.

- Stanovich, KE y West, RF (1999). Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding/acceptance principle. *Cognitive Psychology*, 38, 349-385.
- Stanovich, KE y West, RF (2000). Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate? *Behavioral & Brain Sciences*, 23, 645-726.
- Swainson, R, Rogers, RD, Sahakian, B J, Summers, BA, Polkey, CE y Roberts, TW (2000). Probabilistic learning and reversal deficits in patients with Parkinson's disease or frontal or temporal lobe lesions: possible adverse effects of dopaminergic medication. *Neuropsychologia*, 38, 596-612.
- Toplak, ME, Jain, U y Tannock, R (2005). Executive and motivational processes in adolescents with Attention-Deficit-Hyperactivity Disorder (ADHD). *Behavioral and Brain Functions*, 1, 1-12.
- Trepel, C, Fox, CR y Poldrack, RA (2005). Prospect theory on the brain? Toward a cognitive neuroscience of decision under risk. *Cognitive Brain Research*, 23, 34-50.
- Ullman, MT (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231-70.
- Unturbe, J (2003). Comportamiento de control y reducción de incertidumbre. *Psiquis*, 24, 159-166.
- Unturbe, J. (2004). Sobre el análisis funcional del pensamiento irracional: una aportación desde el marco del conductismo radical. *Psicología Conductual*, 12, 101-133.
- Vulkan, N (2000). An economist's perspective on probability matching, *Journal of Economic Surveys*, 14, 101-118.
- Walsh, V (2000). Hemispheric asymmetries: a brain in two minds. *Current Biology*, 10, R460-R462.
- West, RF y Stanovich, KE (1991). The incidental acquisition of information from reading. *Psychological Science*, 2, 325-330.
- West, RF y Stanovich, KE (2003). Is probability matching smart? Associations between probabilistic choices and cognitive ability. *Memory & Cognition*, 31, 243-251.
- Wilder, KE, Weinberger, DR y Goldberg, TE (1998). Operant conditioning and the orbitofrontal cortex in schizophrenic patients: unexpected evidence for intact functioning. *Schizophrenia Research*, 30, 169-74.
- Wolford, G, Miller, MB y Gazzaniga, MS (2000). The left hemisphere's role in hypothesis formation. *The Journal of Neuroscience*, 20, RC64, 1-4.
- Zahn, TP (1970). Effects of reductions in uncertainty on reaction time in schizophrenic and normal subjects. *Journal of Experimental Research in Personality*, 4, 135-143.

# PERSPECTIVAS

Un cierto número vías de futura investigación quedan abiertas tomando nuestro estudio como punto de partida. Habida cuenta del marco interdisciplinar del mismo las vías serán múltiples y de ámbitos muy diferentes.

En primer lugar, en el ámbito neuropsicológico se abre un posible campo de aplicaciones de la Tarea de Predicción Simple (TPS). Una primera posibilidad, ya aludida en las páginas anteriores, tiene que ver con la aplicación a sujetos con trastorno del núcleo caudado como la enfermedad de Parkinson o el trastorno de Huntington. Su característico perfil de respuesta podría estudiarse, así como el de sujetos con diferentes lesiones frontales. En todos estos casos se prevé algún tipo característico de disfunción. También sería importante confirmar la ejecución conservada en sujetos amnésicos debido a daño hipocámpico.

En segundo lugar, en el ámbito de los sesgos y heurística de la toma de decisiones bajo incertidumbre creemos que se hace necesaria la formalización, en lo posible, de las pruebas “declarativas” existentes en contexto “procedimental” (p.e, del tipo del Iowa Gambling Task), pues las conclusiones podrían variar, o al menos, tener una generalización de los resultados experimentales más perfilada. Somos, con el doctor Keith Stanovich, favorables a una revisión de toda la literatura desde la perspectiva de las diferencias individuales. Además, creemos que el efecto matching debería ser considerado no sólo en las tareas de toma de decisiones sino, en general, en las de aprendizaje de conceptos. Esto resolvería la interpretación de ciertos resultados aparentemente paradójicos.

En tercer lugar, en el ámbito de la neurofisiología y la neuroimagen, se plantean dos líneas de investigación complementarias: (i) indagar en las bases neurales del procesamiento en la ejecución de la TPS en sujetos normales; (ii) dada la importancia de la TPS para la conducta irracional, estudiar las desviaciones del patrón de ejecución normal en psicopatologías, así como las posibles alteraciones de su procesamiento cerebral.

Respecto al primer punto, recientemente se ha indagado con neuroimagen (RMf, TEP), lesiones selectivas de áreas cerebrales, medidas electrofisiológicas (EEG, RPG) e incluso experimentos con sujetos con cerebro dividido encontrándose que, al realizar decisiones bajo incertidumbre, parece que están implicadas áreas tales como el núcleo caudado, el córtex prefrontal ventromedial, el prefrontal dorsolateral y el córtex cingulado (con una diferente

contribución de cada hemisferio) y no parece estarlo, el hipocampo (entre otros muchos: Bechara et al, 2000; Elliott et al, 1999; Wolford et al, 2000; Ptak et al, 2001; Huettel et al, 2002; Paulus et al, 2002). No obstante la explosión de resultados, estos no son claros en lo referente a la función concreta de cada área.

La Magnetoencefalografía (MEG) es una técnica de medición de los campos magnéticos que se derivan del natural flujo de corriente en las dendritas de las neuronas piramidales de la corteza cerebral. Esta técnica permite ofrecer mapas espacio-temporales de la actividad cerebral con error de milímetros en la localización espacial y en tiempo real, milisegundo a milisegundo. Si a los datos anteriores añadimos que es una técnica completamente no invasiva, a diferencia de la TEP (inyección de radionucleido emitiendo radiación ionizante) o la RMf (emisión de un campo magnético igual o superior a 1.5 Tesla), la MEG solventa gran parte de los problemas tradicionales presentados por el resto de técnicas de neuroimagen, contestando no sólo a las preguntas de dónde y cuando se produce la actividad cerebral, sino cómo se relacionan entre sí las diferentes regiones cerebrales durante un proceso cognitivo específico.

Hasta donde sabemos sólo hemos encontrado una referencia en la literatura sobre el uso de la MEG en una tarea de toma de decisiones (Braeutigam et al, 2001) relacionada con la compra entre diferentes marcas de productos parecidos de supermercado. Esta perspectiva podría aclarar la función concreta de las diferentes áreas implicadas, lo cual sería un excelente punto de partida para la segunda línea de investigación: la detección de funciones cerebrales específicas alteradas en psicopatologías concretas (como p.e. el trastorno obsesivo-compulsivo) en tareas de decisión bajo incertidumbre. Existen datos que relacionan esta patología con una posible dificultad en la TPS y con el córtex ventromedial (Nielen, 2002; Cavedini, 2002). En este caso hemos encontrado también sólo una referencia en la literatura sobre el uso de la MEG con fines diagnósticos en este trastorno (Lopez-Ibor Alcocer et al, 2000) y no está relacionado con tareas de decisión bajo incertidumbre.

Nuestro diseño tiene la novedad adicional de que, debido a las características de la informatización de la TPS, se pueden observar (además de los tradicionalmente llamados potenciales evocados por los resultados de la decisión) los potenciales de preparación en una situación donde no hay claves físicas discriminativas, con lo que esperamos visualizar el proceso ejecutivo mismo.

En cuarto lugar, queda pendiente una investigación exhaustiva sobre la auto-evaluación de la regla. Sabemos que, según el equipo de Damasio, los sujetos normales interrogados durante la tarea Iowa Gambling no eran conscientes de estar tomando las decisiones correctas, mientras que otros autores (Maia y McClelland, 2004, 2005; Bowman et al, 2005; Evans et al, 2005; Sanfey y Cohen, 2004), han encontrado lo contrario, posiblemente debido a que en el segundo caso se pedía una auto-evaluación que obligaba a interrogarse uno a sí mismo de lo que se hacía antes de responder. Por otra parte, en el primer caso, el experimentador interrogaba al sujeto y juzgaba su opinión sin forzarle a tomar una decisión al respecto. Se hace necesario incluir ambos tipos de evaluación para un estudio comparativo.

En quinto lugar, sería muy interesante realizar un estudio en el que incluir al término de la realización de la TPS se aplicase su versión “declarativa” (West y Stanovich, 2003). Sólo esta demostración, mejor que las palabras, podrán término al pseudo-debate declarativo-procedimental en esta prueba.

En sexto lugar, en el ámbito de los modelos de simulación cognitivos podrían diseñarse modelos más simples que los usuales debido a la simplicidad de la tarea. Luego podrían someterse a prueba dejando unos pocos parámetros libres que han de ajustarse sujeto a sujeto, a la manera del trabajo de Busemeyer y Stout (2002). Una vez dado con un modelo aceptable podríamos aplicarlo a casos psiquiátricos y hallar parámetros característicos. Estos, al ser calculables mediante ajuste con las respuestas de un sujeto concreto, podrían servir para el diagnóstico.

En séptimo lugar, en el ámbito de la psicología clínica se puede investigar las raíces de la preocupación. Hay estudios que demuestran que la intolerancia a la incertidumbre y la preocupación están altamente relacionadas y que esta relación no es un resultado de la varianza compartida con la ansiedad y la depresión (Dugas et al, 1997; Freeston et al, 1994). Dado que los síntomas de ansiedad y depresión están significativamente relacionados a la preocupación (Brown, Antony y Barlow, 1992), estos hallazgos apuntan al importante papel que la intolerancia a la incertidumbre podría jugar en la preocupación. Además, nuevos resultados apuntan a un factor causal de la intolerancia a la incertidumbre sobre el desarrollo y mantenimiento de la preocupación. Teniendo en cuenta el papel jugado por la incertidumbre y su reducción en la búsqueda de reglas y patrones, consideramos del máximo interés la aplicación de la TPS en combinación con una medida de esta intolerancia en estos

estudios; una medida como por ejemplo la Escala de Intolerancia a la Incertidumbre (Buhr y Dugas, 2002).

En octavo lugar, está el ámbito de la psiquiatría y, especialmente, el aquí iniciado de la esquizofrenia. Remitimos a lo desarrollado en la discusión 3b donde se planteaban diversas cuestiones que permanecen sin respuesta, se indicaba la inclusión de la TPS en las nuevas vías de estudio sobre los delirios, y se proponían algunas modificaciones y planteamientos de profundización en estudio de los procesos cognitivos de control alterados.

En último lugar, pero no menos importante, estaría la aplicación a la psicopatología no tanto desde el punto de vista diagnóstico sino de que lo que podría aportar la investigación de la implicación que podría tener el propio efecto matching en trastornos como el del juego patológico. Dentro de la dinámica cognitivo-conductual de los sujetos con este trastorno podría estar implicada la ilusión de obtención de patrones, donde el efecto matching podría haberse desatado en situaciones de juego concretas. De ser así, el estudio de las variables que influyen en este efecto tendría una importancia capital en la terapia.

## Referencias

- Bechara, A., D. Tranel y H. Damasio (2000): Characterization of the decision making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain*, 123, 2189-2202.
- Bowman, CH, Evans, CEY, & Turnbull, OH (2005). Artificial time constraints on the Iowa Gambling Task: The effects on behavioral performance and subjective experience. *Brain and Cognition*, 57, 21-25.
- Braeutigam, S, et al (2001). Magnetoencephalographic signals identify stages in real-life decision processes. *Neural Plast*, 8, 241-254.
- Brown, TA, Antony, MM y Barlow, DH (1992). Psychometric properties of the Penn State Worry Questionnaire in a clinical disorder sample. *Behaviour Research and Therapy*, 30, 33-37.
- Buhr, K y Dugas, MJ (2002). The intolerance of uncertainty scale: psychometric properties of the English version. *Behaviour Research and Therapy*, 40, 931-945.
- Busemeyer, J.R. and Stout, J.C. (2002). A contribution of cognitive decision models to clinical assessment: decomposing performance on the Bechara Gambling Task. *Psychological Assessment*, 14, 253-262.

- Cavedini, P, et al. (2002). Decision Making heterogeneity in obsessive-compulsive disorder: ventromedial prefrontal cortex function predicts different treatment outcomes. *Neuropsychologia*, 40, 205-211.
- Dugas, MJ, Freeston, MH y Ladouceur, R (1997). Intolerance of uncertainty and problem orientation in worry. *Behaviour Research and Therapy*, 21, 593-606.
- Elliott, R, Rees, G y Dolan RJ (1999). Ventromedial prefrontal cortex mediates guessing. *Neuropsychologia*, 37, 403-411.
- Evans, CE, Bowman, CH y Turnbull, OH (2005). Subjective awareness on the Iowa Gambling Task: the key role of emotional experience in schizophrenia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27, 656-664.
- Freeston, MH, Rhéaume, J, Letarte, H, Dugas, MJ y Ladouceur, R (1994). Why do people worry? *Personality and Individual Differences*, 17, 791-802.
- Huettel, et al (2002). Perceiving patterns in random series: dynamic processing of sequence in prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 5, 394-6.
- Lopez-Ibor Alcocer, MI, Ortiz Alonso, T, et al (2000). Nuevos avances en el diagnóstico del trastorno obsesivo-compulsivo. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 28, 304-310.
- Maia, TV y McClelland, JL (2004). A re-examination of the evidence for the somatic marker hypothesis: What participants really know in the Iowa gambling task. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 16075-80.
- Maia, TV y McClelland, JL (2005). The somatic marker hypothesis: still many questions but no answers. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 162-164.
- Nielen, MM, et al (2002). Decision Making performance in obsessive-compulsive disorder. *J. Affective Disorders*, 69, 257-260.
- Paulus, MP, et al (2002). Error rate and outcome predictability affect neural activation in prefrontal cortex and anterior cingulate during decision-making. *Neuroimage*, 15, 836-846.
- Ptak, R, et al (2001). Probabilistic contingency learning with limbic or prefrontal damage. *Behavioral Neuroscience*, 115, 993-1001.
- Sanfey, AG y Cohen, JD (2004). Is knowing always feeling? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 16709-10.
- West, RF y Stanovich, KE (2003). Is probability matching smart? Associations between probabilistic choices and cognitive ability. *Memory & Cognition*, 31, 243-251.
- Wolford G, MB Miller y MS Gazzaniga (2000): The Left Hemisphere's Role in Hypothesis Formation, *Journal of Neuroscience*, 20, RC64, 1-4.



# CONCLUSIONES

*Nada es más difícil y, por consiguiente, más precioso que saber decidir*

Napoleón Bonaparte



El **objetivo general** de esta tesis era investigar el **efecto matching** en relación con el **funcionamiento ejecutivo** y, en concreto, con la **generación de reglas**. Para ello, era necesario diseñar una tarea que reprodujera el efecto, estudiar el funcionamiento ejecutivo individual y detectar las reglas generadas.

Por ello, el trabajo sobre el primer objetivo específico —el diseño de la Tarea de Predicción Simple (TPS)— ha dado lugar a una tarea probabilística de dos opciones con una serie de características distintivas. Por tanto, nuestra primera conclusión tiene un marcado carácter metodológico.

- 1- La TPS no debe ser concebida como una simple tarea probabilística de dos opciones, su peculiar diseño puede iluminar la relación entre probability matching y la generación de reglas. Debido a que los sucesos son independientes, la TPS adquiere una mayor validez interna. La tarea proporciona también unas cuantas medidas cognitivas y conductuales que incluyen el tiempo de reacción, impulsividad y flexibilidad a la inversión. Por tanto, la TPS podría ser otro instrumento integrado más para investigar los procesos generales en funciones ejecutivas tales como el aprendizaje de reglas, y para diagnosticar aspectos neuropsicológicos de enfermedades mentales. Además, la TPS podría adaptarse como medida neurofisiológica durante el intervalo entre estímulos de dos segundos. (La TPS en su formato actual dispone de la posibilidad de elegir el tiempo para el intervalo entre estímulos.)
- 2- Se reprodujo el efecto matching: Los sujetos normales tardaron en maximizar, a pesar de que disminuían su rendimiento y este resultado no dependió de la edad, de variables emocionales ni se debió a un resultado espúrio. La aparición de mesetas en el perfil de ejecución de cada fase y la ausencia de sensibilidad de la ejecución a la varianza de frecuencias de resultados en la meseta de la primera fase fundamentan esta apreciación.
- 3- Se mostró que el efecto matching está directamente relacionado con la generación de reglas. Mostramos que los sujetos que producen reglas complejas después de la fase final del experimento son los mismos más inclinados al probability matching en las fases iniciales.
- 4- Se investigó el efecto matching: Los sujetos que más tardaron en maximizar (los de peor rendimiento en la TPS) fueron los que puntuaron más alto en las funciones ejecutivas. Esto es congruente con la hipótesis de que los cognitivamente más capacitados perseveraron más en la estrategia de probability matching.
- 5- En relación con las dos conclusiones anteriores, el subgrupo de sujetos que cumplieron el criterio de maximización mostró una capacidad cognitiva opuesta al

subgrupo de sujetos que hallaron las reglas más complejas: éstos fueron significativamente superiores en memoria de trabajo, en atención selectiva y en inteligencia fluida que aquellos.

- 6- Se halló un incremento del tiempo de reacción antes de responder al lado “malo” respecto del lado “bueno”, así como un incremento tras un fallo respecto a un éxito. Asimismo, se encontró una relación positiva entre la impulsividad detectada por las ejecuciones *Nulas* y la maximización. Estos resultados podrían servir de línea base para detectar deficiencias en pacientes.
- 7- Encontramos, de acuerdo con la literatura, que el grupo esquizofrénico rinde significativamente peor en memoria de trabajo y atención selectiva que el grupo normal.
- 8- Los sujetos esquizofrénicos, inesperadamente producen también efecto matching. El efecto es superior al del grupo normal, por lo que el rendimiento es peor. En concreto, el perfil de ejecución de la TPS del grupo esquizofrénico fue equivalente al del subgrupo normal que generó las reglas más complejas. Este resultado es paradójico en el sentido de que los pacientes (quienes tienen menos capacidad ejecutiva) parecen ser generadores de reglas, tal como la gente normal con alta capacidad ejecutiva. Los pacientes encuentran reglas y patrones *sin* la guía de los módulos ejecutivos.
- 9- A diferencia del grupo normal, las puntuaciones en memoria de trabajo y atención selectiva no correlacionaron en el grupo esquizofrénico. En cambio, mientras la sintomatología negativa mermaba la memoria de trabajo, el patrón de matching a lo largo de las dos mesetas fue más preciso en los pacientes con una mayor atención selectiva y tendieron a ser zurdos. También, los sujetos con patrón matching en la primera meseta tendieron a tener una mayor sintomatología positiva. Por otra parte, no se halló ningún efecto de lateralidad en el grupo normal.
- 10- Los tiempos de reacción (TR) en el grupo esquizofrénico se mantuvieron estables a lo largo de toda la tarea, mientras que los TR del grupo normal disminuyó a medida que avanzaba la misma. En promedio el TR del grupo esquizofrénico empezó siendo un 9%

más largo y terminó siendo un 18% mayor que el del grupo normal, y parece depender del grado de psicopatología y los años de evolución de la enfermedad.

- 11- Admitiendo que el mecanismo productor de reglas no sea otra cosa que un productor ciego de patrones espurios, los sujetos normales contendrían este caudal por medio de una intervención ejecutiva. Los sujetos normales de alta capacidad ejecutiva podrían verse enganchados buscando activamente reglas en tareas probabilistas. Los menos capacitados se implicarían menos en esta tarea de búsqueda y se conformarían con el 80% de éxito. Sin embargo, los pacientes con esquizofrenia (o al menos el subtipo paranoide) tendrían un funcionamiento desinhibido del módulo generador de patrones, el cual operaría fuera de control, sin la guía del funcionamiento ejecutivo, que está deteriorado y no funciona de manera unitaria.

**EN CONCLUSIÓN:** La inclinación a no desertar para abrazar la estrategia óptima, más que una anomalía se debe probablemente a una ventaja adaptativa proporcionada por una especialización filogenética reciente para detectar patrones, producir reglas y probar hipótesis, poniendo orden en el caos, extrayendo información comunicable a partir de sucesos aparentemente desconectados. Esta habilidad es una ventaja en situaciones problemáticas cuando hay relaciones causales, y nos permite predecir, controlar e interpretar sucesos y comportamientos, incluyendo los propios. Sin embargo, podría ser desventajoso engancharse en este ciego proceso “racional” cuando la complejidad del problema excede la capacidad de los sujetos. En este caso, los sujetos sanos deberían “desertar” y cambiar a una estrategia más óptima.

Especialmente en el caso esquizofrénico, los resultados muestran una gran complejidad, probablemente debido al solape de diferentes trastornos dentro del grupo esquizofrénico. Mientras que el pensamiento normal podría ser controlado por funciones ejecutivas, el trastorno de pensamiento podría ser controlado por patrones espurios. La disfunción ejecutiva esquizofrénica podría estar compensada, en muchos casos, con el sistema de producción de reglas arbitrarias.



## Abstracts

De esta tesis se han extraído una serie de trabajos, los cuales se convirtieron en artículos. Sus resúmenes los presentamos a continuación. En general, todos ellos se han enviado a revistas para su publicación, sufriendo numerosos rechazos y críticas, lo que supuso innumerables cambios, transformaciones y, lo más importante, mejoras.



# *Is Probability Matching an Executive Process? a pilot study*

*Jesús Unturbe y Josep Corominas*

## *Abstract*

In this exploratory study, a computerized test– the Simple Prediction Task (SPT) – was designed in which the participant have to decide between two options, one of which is the correct one. Because the outcome is produced randomly weighed by a fixed probability, the response cannot, *with certainty*, guess the correct option at each attempt. When the SPT was applied to a sample of 13 participants, the pattern of perform was that 'probability matching': matching the option rate with its probability of being correct. Other neuropsychological and emotional measures were also recorded. An exhaustive statistical analysis is performed for the sake of a descriptive landscape. In general, the statistical analysis showed that the better scores in SPT the worse cognitive abilities. Because the 'probability matching' pattern is non-maximizing, this pattern could have, in some circumstances, a more 'high' surviving value than the mere reinforcement. Despite the small sample, the results pointed out the utility of this experimental probabilistic contingencies paradigm and the possibility of apply it in neuroimage studies to investigate the neuroanatomical basis of the underlying processes.

*Key words: probability matching, executive functions, decision making, Stroop, working memory.*

## *Resumen*

En este estudio exploratorio se diseñó un test informatizado (la Tarea de Predicción Simple, SPT) en el que el participante tiene que decidir entre dos opciones, una de las cuales es la correcta. Debido a que el resultado se produce aleatoriamente con un peso probabilístico, el participante no puede adivinar, *con certeza*, la opción correcta en cada intento. Cuando se pasó la SPT a una muestra de 13 participantes, el patrón de ejecución fue el de 'ajuste de probabilidades': igualando la tasa de respuesta a cada opción con su probabilidad de ser correcta. Se realizaron, asimismo, otras medidas neuropsicológicas y emocionales. Se llevó a cabo un análisis estadístico exhaustivo con objeto de obtener un panorama descriptivo. En general, el análisis estadístico mostró que una mejor puntuación en la SPT se correspondía con *peores* habilidades cognitivas. Dado que el patrón de 'ajuste de probabilidades' no es maximizador, podría tener un valor de supervivencia más 'elevado' que la mera obtención de refuerzo, en algunas circunstancias. A pesar de lo pequeño de la muestra, los resultados indican la utilidad de este paradigma experimental de contingencias probabilísticas y la posibilidad de aplicarlo en estudios de neuroimagen para investigar las bases neuroanatómicas de los procesos subyacentes.

*Palabras clave: ajuste de probabilidades, funciones ejecutivas, toma de decisiones, Stroop, memoria de trabajo.*



*Probability matching as a new neuropsychological way to assess executive rule-generating ability*

*Jesús Unturbe y Josep Corominas*

*Abstract*

Probability matching is a “non-optimal” strategy consisting of selecting each alternative in proportion to its reinforcement contingency. However, matching is related to hypothesis testing, in an incidental, marginal, and methodologically disperse manner. Although some authors take it for granted, the relationship has not been demonstrated. Fifty-eight healthy participants performed a modified, bias-free probabilistic two-choice task, the Simple Prediction Task (SPT). Self-reported spurious rules were recorded and then graded by two independent judges. Participants who produced the most complex rules selected the probability matching strategy, and were therefore less successful than those who did not produce rules. The close relationship between probability matching and rule-generating makes SPT a complementary instrument for studying decision-making, which might throw some light on the debate about irrationality. The importance of the reaction times, both before and after responding, is also discussed.

*Key words: Simple Prediction Task; Probability matching; Decision making; Hypothesis-testing; Uncertainty reduction.*



*Probability matching as a paradigm of irrationality: is executive ability a handicap for probabilistic task performance?*

*Jesús Unturbe y Josep Corominas*

*Abstract*

Probability matching is a typical, suboptimal strategy that human beings use to deal with probability problems. In accordance with the interpretation that probability matching might be an indication of the cognitive activity of searching for or testing rules, we have designed a study to demonstrate that the performance of a simple probabilistic task (two-choice task) depends on the capacity to search for rules, which is assessed by three executive tests. The results show that executive ability predicts how the probabilistic task is performed: the greater the executive capacity, the worse the task performance. We interpret this result along the expected lines: subjects with higher scores in executive tests were reluctant to optimize in the probabilistic task because they were engaged in searching rules, which involves a suboptimal probability matching pattern. The consequences for the literature on irrationality and some apparent incongruities with other results are discussed.



*Probability matching and executive functioning:  
implications for rule learning and decision making*

*Jesús Unturbe y Josep Corominas*

*Abstract*

In a two-choice probabilistic task paradigm the subjects have to choice between two options, but the outcome is produced randomly weighed by a fixed probability  $p$  or  $1-p$  for either option (e.g.,  $p = 80\%$ ). The *Maximizing* strategy optimises the gain, by choosing only the stimulus with the highest reinforcement contingency, obtaining 80% of hits. However, a well-established empirical fact in probability learning is that humans tend to use a non optimising strategy, *Probability Matching*, consisting to select each alternative in proportion to its reinforcement contingency (e.g., 80% responses to a stimulus with 80% reinforcement contingency), obtaining only 68% of hits. Many efforts have been made to explain this striking violation of rational choice theory. In this study 53 healthy participants performed the Simple Prediction Task and several cognitive and emotional tests. The results showed that Maximizers were worse in Stroop task, Working Memory and Fluid Reasoning respect to Matching subjects, who found superstitious rules. We conclude that *matching anomaly* may be advantageous for human species. Implications for cognitive theories, decision making, neuropsychology, and clinical psychology are discussed.



## *Unexpected matching effect in schizophrenic patients*

### *on a probabilistic task: implications for thought disorder*

*Jesús Unturbe y Josep Corominas*

#### *Abstract*

Probability matching is a typical, suboptimal strategy that human beings use to deal with probability tasks. The matching effect consists of engaging in searching for rules despite a low hit rate. By using the Simple Prediction Task (SPT) we had previously detected that normal subjects fell into the matching effect to the extent that they scored higher in executive abilities. In the present study, we examined the performances of 58 normal subjects and 75 patients with schizophrenia on the SPT, and two executive tests, the Letter-Number Span test (LN) and the Stroop test. As expected, patients with schizophrenia were impaired on LN and Stroop. However, they produced effect matching like normal subjects who had greater executive ability. This unexpected matching pattern in schizophrenic patients is advanced as a preliminary result in this study, and its theoretical consequences, and its possible implications for thought disorder are discussed.

*Key words: Probability Matching; Thought Disorder; Schizophrenia; Executive Functions*



## *Comportamiento de control y reducción de incertidumbre*

*Jesús Unturbe*

### *Resumen*

Se describe el comportamiento de control como el elemento crítico que hace que la conducta específicamente humana sea funcional. La operativizamos como la conducta de predicción, control e interpretación de otras conductas, propias o ajenas: de autocontrol o interacción social, respectivamente. Conjeturamos que sigue las mismas leyes del aprendizaje pero con la reducción de incertidumbre como refuerzo. Interpretando este tipo de refuerzo como creación de información, establecemos un puente con el cognitivismo, especialmente con el ejecutivo central. El comportamiento de control, moldeado a lo largo de la historia individual, conforma lo que denominamos personalidad. Todos los trastornos psicológicos siempre implican, y son implicados por, el comportamiento de control, por lo que es imprescindible su consideración dentro de un análisis funcional.

*Palabras clave: predicción, control, interpretación, incertidumbre, autocontrol*

### *[Behavior of control and uncertainty reduction]*

#### *Abstract*

Control behavior is described as the critical element that makes functional the specific human behavior. It is operativized as behaviors of prediction, control and interpretation of other behaviors, whether belonging to himself or to others: self-control or social interaction, respectively. We conjecture that this control behavior is regulated by the same laws of learning but with uncertainty reduction as reinforcement. Interpreting this kind of reinforcement as creation of information, allows to stablish a bridge with the cognitivism, particularly with the central executive. Control behavior is shaping through the individual history and conforms the so-called personality. Since all the psychological disorders always imply, and are implied by, the control behavior, its consideration is indispensable in a functional analysis.

*Keywords: prediction, control, interpretation, uncertainty, self-control.*



*Sobre el análisis funcional del pensamiento irracional:  
una aportación desde el marco del conductismo radical*

*Jesús Unturbe*

*Resumen*

Se describe cómo se originan y mantienen las ideas irracionales (esto es, la conducta cognitiva disfuncional de autocontrol), a pesar de que la conducta manifiesta resultante tenga consecuencias aversivas. El análisis funcional de las ideas irracionales, como el de cualquier otra conducta, requiere una descripción de sus contingencias de refuerzo. Proponemos un nuevo tipo de refuerzo primario para la conducta cognitiva de autocontrol: una generación *creíble de orden*. *Orden*, en el sentido de reducción de complejidad e incertidumbre, y *creíble*, en el sentido de ser coherente con otras interpretaciones disponibles para el sujeto en el contexto dado (contexto que puede ser emocional). Exponemos, asimismo, cómo intervienen las nociones de autoestima e ilusión de control, debidamente operativizadas. La dificultad de extinción de las ideas irracionales es tratada mediante las técnicas conductistas (aplicadas al ámbito cognitivo) e ilustrada con el procedimiento de la Terapia Racional Emotiva. La dilucidación de los principios básicos del aprendizaje implicados en el pensamiento irracional redundará en un mejor manejo de los trastornos más resistentes al tratamiento y en la prevención de recaídas

*[On the functional analysis of the irrational thinking:  
a contribution from radical behaviorism framework]*

*Abstract*

We describe how the irrational thinking (i.e. self-control disfunctional behavior) is created and maintained, in spite of the aversive consequences of apparent behavior. Functional Analysis of irrational thinking, as that of any other behavior, requires a description of its contingencies of reinforcement. We propose a new kind of primary reinforce for cognitive behavior of self-control: a credible production of order, where order is understood as a reduction of complexity and uncertainty. This is also to be credible; that is, coherent with other interpretations available for the subject in a given context -which might also be an emotional context. We also expose the implication of notions such as self-esteem and illusion of control, properly operativized. The difficulty of the extinction of irrational thinking is faced by behaviorist methods -applied to the cognitive realm- and is enlighten by the procedure of Rational Emotive Therapy. The clarification of basic principles of learning involved in irrational thinking will contribute to manage the most resistant disorders for treatment, and in relapse prevention.