



## Artículo

---

### Toma de decisión en una tarea simulada de control de procesos

DOLORES DÍAZ-CABRERA\*  
GLADYS ROLO

---

#### RESUMEN

Esta investigación se enmarca dentro de la orientación de toma de decisión naturalista. Específicamente, nuestros objetivos fueron primero, evaluar cómo las personas generan un proceso de decisión-acción para resolver una tarea; segundo, identificar las características de la ejecución en la toma de decisión naturalista; y tercero, examinar la influencia de las aptitudes espacial y verbal en la toma de decisión. Con tal fin se simuló mediante ordenador un sistema de regulación interactiva de la temperatura corporal, presión arterial y nivel de glóbulos rojos en sangre de un paciente médico, tomando en cuenta los principios que definen a los ambientes complejos. La ejecución y el rendimiento en la tarea simulada fue evaluado en setenta y siete participantes, clasificados a partir de las puntuaciones obtenidas en una prueba de visualización y una prueba de comprensión verbal. Los resultados indican algunos aspectos asociados a una ejecución adecuada así como a un buen rendimiento, entre las que destaca la búsqueda de información; tener en cuenta las demoras en los efectos de las acciones y la anticipación de los cambios posibles del sistema. En contraste, nuestros resultados sólo indican algunas relaciones parciales entre aptitud espacial y ejecución y rendimiento en la tarea.

#### ABSTRACT

This research is framed within the context of a naturalistic decision-making approach. Specifically, our objectives were: first, to evaluate how people generate a decision-action process in a task; second, to identify if some characteristics related with naturalistic decision-making are present in the study participants; and third, to examine the influence of verbal and spatial aptitudes. For these objectives, a patient temperature regulation system was selected as the simulated task that measured body temperature, blood pressure and red blood cell count. We took into account the characteristics of complex environments. Performance in the simulated task was evaluated in seventy-seven participants selected from scores obtained

---

\* Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología. Universidad de La Laguna. Campus de Guajara, 38205. La Laguna. Tenerife.  
Fax: 922.31.74.61. Tfno.: 922.31.75.23/24. E-mail: mddiaz@ull.es.

from verbal comprehension and visualization tests. The results indicate some characteristics of a successful performance such as the importance of information searches; the taking into account of delays in the effects of the actions; the anticipation of possible system changes. However, our results only indicate some relationships between spatial aptitude and task simulated performances.

### **PALABRAS CLAVE**

Proceso de Toma de Decisión, Acercamiento Naturalista, Simulación de tareas por ordenador, Aptitud verbal y espacial.

### **KEY WORDS**

Decision-Making Process, Computer Simulation, Naturalistic Approach, Verbal Aptitude, Spatial Aptitude.

## **INTRODUCCIÓN**

El enfoque de toma de decisión naturalista representa un paradigma relativamente reciente en el estudio de los procesos de toma de decisión en condiciones de trabajo reales (Kaempf y Orasanu, 1997). El principal objetivo de esta perspectiva es estudiar cómo las personas trabajando, individualmente o en grupos, en ambientes dinámicos, inciertos y que cambian con rapidez, identifican y evalúan su situación, toman decisiones y realizan acciones cuyas consecuencias son significativas para ellos y para las organizaciones en las que trabajan (Zsombok, 1997).

Este énfasis en la toma de decisiones en contextos reales implica tener en cuenta las características propias de los ambientes naturales como son: (a) las situaciones de incertidumbre asociada con información incompleta y, con frecuencia, contradictoria; (b) la presión temporal; (c) la de-

mora de la retroalimentación después de las acciones; (d) los objetivos contrapuestos; (e) las condiciones dinámicas que cambian continuamente; (f) las metas competitivas; etc. (Cannon-Bowers, Salas y Pruitt, 1996).

En el contexto del paradigma de la toma de decisión naturalista, nuestro estudio tiene como objetivo evaluar el proceso de toma de decisión realizado por sujetos que no disponen de un aprendizaje previo sobre el sistema, y, por tanto, no cuentan con una representación mental de la estructura interna de la tarea. Con tal fin, se diseñó una tarea que simulara un sistema de control y vigilancia, y que reflejara de la manera más exacta posible algunas condiciones reales.

Algunos aspectos teóricos del acercamiento naturalista se contraponen a los principios de la teoría clásica de decisión (para una revisión exhaustiva ver Orasanu y

Connolly, 1993). Así, en primer lugar, el paradigma naturalista destaca la idea de que la gente en situaciones reales genera una única respuesta con una alta probabilidad de resolver el problema. A primera vista, esta forma de actuar puede parecer una conducta irresponsable o arriesgada, sin embargo, hay que considerar que en muchas situaciones complejas y mal definidas hay más de una respuesta correcta. En los ambientes naturales, generalmente, es muy difícil determinar cuál es la mejor línea de acción a seguir, incluso, a posteriori. Muchas vías llevarán a la misma meta o a metas paralelas y satisfactorias que, generalmente, implican una reducción del tiempo empleado, del riesgo y/o de los recursos disponibles. Los conceptos de “respuesta satisfactoria” versus “respuesta óptima” fueron señalados ya por March y Simon, en su crítica a la Teoría Clásica de la Decisión (March y Simon, 1961).

En segundo lugar, otra característica introducida por el paradigma naturalista hace referencia a la diferenciación, en el proceso de toma de decisión, entre la función de diagnóstico de una situación y la función de selección de una línea de acción. Es decir, cuando los decisores se enfrentan a una situación específica, deben primero evaluar qué está sucediendo, a qué tipo de problema se están enfrentando, qué consecuencias pueden derivarse de esa situación, y finalmente, decidir qué acción o acciones serán realizadas. De aquí se desprende el énfasis en el estudio no sólo del evento de decisión sino, también, el interés por el ciclo global de decisión (Lipshitz, 1993).

Una tercera característica del paradigma naturalista implica que razonamiento y acción se entremezclan. Así, el ciclo de

decisión supone que el decisor piensa un poco, actúa un poco, luego evalúa los resultados, y piensa y actúa algo más. En el estudio que presentamos a continuación, todos los sujetos debían partir de la misma condición de desconocimiento, y debían adquirir la información necesaria a medida que resolvían la tarea. Para poder actuar, al menos, con cierta eficacia, era importante que los sujetos experimentales desarrollaran una representación clara de la situación y conocieran las características de la tarea. Con este objetivo, se utilizó una tarea simulada por ordenador.

Al usar una tarea simulada se pretendía obtener información sobre las siguientes cuestiones: ¿cómo toman decisiones las personas no expertas en una tarea?, ¿qué tipo de ciclo de decisión permite terminar la tarea con éxito?, y ¿por qué algunas personas son capaces de responder a estructuras complejas sin tener un entrenamiento previo, mientras que otras no? Dado que no hubieron sesiones de entrenamiento, los participantes en el estudio no tenían experiencia previa ni con el sistema específico ni con la tarea.

La simulación, es un método en el que se une el control riguroso de las variables, característico del método experimental, con la naturalidad de los contextos reales. Comprende técnicas como el role-play y las simulaciones experimentales, y estrategias más complejas como las simulaciones libres y las simulaciones realizadas mediante ordenador (Quijano, 1993).

La simulación facilita no sólo el control de la situación de tarea, sino que también (a) permite diseñar las características específicas de la tarea de acuerdo con los objetivos de la investigación; (b) elimina

los riesgos producidos por los errores y el proceso de aprendizaje; (c) permite recoger gran cantidad de datos; (d) posibilita utilizar una muestra más grande con menos limitaciones de tiempo; (e) facilita un mayor control de las variables en contraste con los estudios de campo; y, (f) permite una mayor capacidad de generalización que otras situaciones (Brehmer, 1993).

Una aplicación específica de la simulación de tareas al estudio del proceso de toma de decisiones en ambientes complejos es la técnica de “micromundos simulados” (Dörner, 1990; Hollnagel, 1993). Esta técnica consiste en la simulación por ordenador de sistemas complejos, para estudiar las estrategias que las personas emplean cuando intentan tomar decisiones y controlar sistemas, así como para determinar qué características de los sistemas afectan las decisiones tomadas y el nivel de control alcanzado. Este método surgió como medio para superar las dificultades de las técnicas de investigación de campo aplicadas al análisis del procesamiento y la acción humana en ambientes complejos (p.e., Brehmer y Allard, 1991; Dörner y Schaub, 1994).

En nuestro estudio, se simuló un sistema de regulación de la temperatura de un paciente en un intento de simular un sistema dinámico semejante a un sistema de control de procesos. Uno de los criterios en la selección de esta tarea fue el uso y control de variables familiares para la mayoría de las personas y “cercanas” a la vida cotidiana, tales como temperatura, presión arterial y nivel de glóbulos rojos en sangre. Asimismo, consideramos que los sistemas de control de procesos reflejan con claridad las dimensiones de complejidad que Orasanu y Connolly (1993) identi-

caron como propias de los ambientes de decisión naturalista, unido a la importancia creciente que este tipo de procedimientos tiene en la industria actual (p.e., refinerías de petróleo, industrias químicas, metalurgias, empresas de alimentación).

En el diseño de la tarea simulada, se tuvo en cuenta las características de los ambientes complejos, así como también las experiencias de otros estudios de simulación centrados en la toma de decisión (p.e., Dörner, 1990). Desde esta perspectiva, la tarea diseñada debe incorporar las siguientes características: (a) importantes interacciones entre las variables; (b) efectos demorados de las acciones realizadas; (c) evolución autónoma del propio sistema y sensibilidad ante las acciones realizadas por los participantes; (d) indicaciones de alerta para señalar los desajustes de las variables; (e) existencia de consecuencias importantes del proceso de decisión-acción de los sujetos; y, (f) posibilidad de tener éxito mediante diferentes procedimientos de resolución de la tarea.

Junto a estas características contextuales, la toma de decisión se ve influida, también, por factores personales tales como las capacidades cognitivas, por tanto, nos planteamos estudiar la influencia de las aptitudes verbal y espacial sobre el proceso de decisión. Las aptitudes verbal y espacial son dos factores centrales en la medición de la inteligencia y tienen una relevancia significativa en procesos cognitivos como la percepción y el procesamiento de información (Anderson, 1995; De Vega, 1984).

En el grupo de aptitudes verbales, la investigación se ha centrado en la comprensión verbal definida como el conoci-

miento del significado de las palabras y su relación mutua así como la comprensión de discursos relacionados. Los tests habitualmente usados para medir este factor son los tests de vocabulario (Dunnette, 1976). Con respecto a las aptitudes espaciales, la visualización es considerada como la más relevante dentro del grupo que incluye, también, la orientación espacial y las relaciones espaciales. La visualización ha sido definida como la habilidad para generar una imagen mental, para llevar a cabo una transformación sobre ésta y para retener los cambios producidos en la representación (Mayer y Sims, 1994). Uno de los tests más representativos es el Test de Doblado de Papel (Ekstrom, French, Harman y Dermen, 1976).

Algunos estudios en el área del control de procesos y en la interacción hombre-ordenador (p.e., Egan, 1988) han analizado el papel de las aptitudes como predictores del rendimiento. Con referencia específica al área de toma de decisión, algunos resultados indican la influencia de las aptitudes verbal y espacial en la resolución de problemas intuitivos versus lógicos (Landeweerd, 1979).

Asimismo, resultados de diversos estudios señalan que las imágenes mentales tienen un papel relevante en la formación de una representación mental de la estructura interna de un sistema derivado del contexto de la tarea (De Vega, 1984; Mayer y Sims, 1994). De acuerdo con esta idea, una representación mental de la tarea sería un requisito central para un rendimiento óptimo, y la formación de esta clase de representación sería facilitada por la aptitud espacial.

Los objetivos centrales que pretende-

mos analizar en esta investigación son, en primer lugar, evaluar cómo las personas generan un ciclo de decisión-acción para resolver una tarea en una situación particular, teniendo en cuenta el número de pasos que realizan durante la ejecución de la misma. En segundo lugar, analizar la relevancia de diversas características que parecen estar en la base de una ejecución óptima como son: (a) la importancia de la retroalimentación por parte del sistema, así como las demoras de esta información, en relación con la cantidad de información utilizada y el número de acciones realizadas; (b) el papel de la anticipación al surgimiento del problema, realizando acciones antes de que se produzcan las alarmas que indican la inestabilidad de las variables a controlar; y, (c) la búsqueda de información relevante, una vez aparecen las alarmas, con el fin de recuperar la estabilidad del sistema. Un tercer objetivo de nuestro estudio, consiste en explorar la influencia de las aptitudes verbal y espacial en el proceso de toma de decisión y su influencia en el éxito o fracaso en la realización de la tarea. Y, en cuarto lugar, analizar la utilidad de la técnica de simulación de tareas por ordenador en el estudio de procesos de toma de decisión.

En relación con los objetivos señalados, en nuestro estudio nos planteamos contrastar las siguientes hipótesis generales. Primero, el éxito en la realización de la tarea está relacionado con la cantidad de información que el sujeto maneja durante la ejecución, es decir, el éxito en la ejecución aumentará cuanto mayor sea el número de ocasiones en que el sujeto busque información sobre las variables de la tarea. Segundo, la espera por la retroalimentación del sistema tras la realización de una acción está asociada positivamente con el éxito en la

tarea, esto es, la espera por el efecto de las acciones realizadas aumentará el éxito en la ejecución. Tercero, aquellos sujetos que tienen en cuenta la interacción de las variables de la tarea con los efectos secundarios de las mismas tendrán más éxito. Así, aquellos participantes que tengan en cuenta la relación de la cantidad y tipo de acciones realizadas con los efectos de las mismas alcanzarán el éxito en la tarea. Cuarto, en relación con los factores aptitudinales, la aptitud espacial será un buen predictor del rendimiento; específicamente, los participantes con puntuaciones altas en aptitud espacial obtendrán un mejor rendimiento en la resolución de la tarea que los participantes con puntuaciones bajas en aptitud espacial. Por otra parte, la aptitud espacial será mejor predictor del rendimiento que la aptitud verbal.

## MÉTODO

### Sujetos

La muestra inicial de nuestro estudio estuvo formada por 248 personas de ambos sexos, estudiantes de primer curso de Psicología. A partir de las puntuaciones obtenidas en los tests de aptitud verbal y espacial se seleccionó un total de 121 sujetos, teniendo en cuenta su distribución en cinco grupos, en función de las puntuaciones directas obtenidas por los suje-

tos en los dos tests, de modo que quedaran representados equitativamente entre las posibles combinaciones de niveles de aptitud espacial y verbal.

En el test de aptitud espacial, en una escala de -2 a 18, se establecieron los siguientes puntos de corte: (a) el grupo bajo comprendía a los sujetos con puntuaciones entre -1.13 y 2.13 (correspondiente al percentil 25); (b) el grupo medio estaba formado por los sujetos con puntuaciones entre 2.25 y 4.38; y, (c) el grupo alto incluía a los sujetos con puntuaciones entre 4.63 (correspondiente al percentil 75) y 9.00. Por otra parte, en el test de aptitud verbal, en una escala de 1 a 50, los puntos de corte fueron: (a) el grupo bajo estaba integrado por los sujetos con puntuaciones entre 9 y 17 (correspondiente al percentil 25); (b) el grupo medio tenía las puntuaciones comprendidas entre 18 y 24; y, (c) el grupo alto estaba formado por los sujetos con puntuaciones entre 25 (correspondiente al percentil 75) y 44.

De las 121 personas convocadas para las sesiones de laboratorio, en la resolución de la tarea simulada participaron voluntariamente 77 sujetos, de los cuales 58 eran mujeres y 19 hombres, con edades comprendidas entre los 17 y los 35 años ( $\bar{x} = 20.14$ ,  $DT = 3.82$ ), distribuidos en los cinco grupos de aptitudes como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1.

### Distribución de los sujetos en grupos en la tarea simulada

Grupos	Número de Sujetos
Grupo 1: Espacial Bajo - Verbal Bajo	17
Grupo 2: Espacial Bajo - Verbal Alto	17
Grupo 3: Espacial Alto - Verbal Bajo	17
Grupo 4: Espacial Alto - Verbal Alto	16
Grupo 5: Espacial Medio - Verbal Medio	10

## Material e Instrumentos

### Descripción de la Tarea Simulada

Se simuló mediante ordenador un sistema dinámico de control y vigilancia de un paciente con problemas de salud. El programa de simulación presentaba información sobre un paciente con fiebre, hipertensión y deficiencia de glóbulos rojos; condiciones que necesitaban ser controladas.

Para controlar los síntomas o variables, los participantes en el estudio, podían utilizar cuatro tipos de fármacos aplicando: antibiótico y antitérmico para bajar la temperatura; hierro, para aumentar el nivel de glóbulos rojos; y un diurético para reducir la presión arterial. Como en todo sistema dinámico, estos “medicamentos” interactuaban entre sí, produciendo efectos conjuntos. Así, los antibióticos bajaban la fiebre pero también reducían el nivel de glóbulos rojos. Por su parte, el antitérmico no sólo bajaba la temperatura, sino que también aumentaba la presión arterial.

El sistema simulado respondía lentamente, esto es, después de administrar la medicación había una demora del efecto sobre las variables que tardaba entre 3 y 4 segundos. Sin embargo, cuando varias dosis de un medicamento eran administradas a la vez, o en un corto período de tiempo, la capacidad y velocidad de los efectos sobre las variables críticas aumentaba.

El sistema tenía también alarmas visuales con el fin de avisar de las situaciones críticas cuando las variables excedían del rango de normalidad. No se proporcionaba información automáticamente sobre la variable que estaba actuando anormal-

mente, sino que el sujeto tenía que buscar la variable problema cuando percibía una alarma.

En la parte superior derecha de la pantalla del ordenador, aparecía un reloj digital que iba indicando el paso del tiempo durante la realización de la tarea, que tenía una duración de 9 minutos, y finalizaba con una indicación de “shock del paciente” o “éxito total”, dependiendo de si los sujetos habían sido capaces de mantener y controlar la estabilidad de la temperatura, la presión arterial y los glóbulos rojos durante la tarea. Es importante resaltar que no existía una única secuencia correcta de resolución de la tarea, sino que atendiendo a las características de ejecución en sistemas naturales, diseñamos una tarea que podía ser resuelta de diferentes formas.

En el diseño de la tarea se utilizó el Generador de aplicaciones LAYOUT, versión 3.0 de la empresa Objects Inc., para entorno WINDOWS. Asimismo, se utilizó 6 ordenadores personales compatibles 386 para presentar la tarea en el laboratorio. La tarea simulada se presentó gráficamente, utilizando la codificación cromática en la pantalla para identificar cada uno de los fármacos y de las variables de tarea. Además, la información de las variables “temperatura”, “presión arterial” y “glóbulos rojos” se presentaba en “ventanas” diferentes, cada una de las cuales estaba asociada a una tecla del teclado de ordenador. Sólo se presentaba información sobre una variable cada vez. Así, se intentó estimular una búsqueda activa de información, al tiempo, que nos permitió controlar el número y tipo de información solicitada por los participantes. Con el objeto de facilitar la búsqueda de información, se colocó en cada teclado una plantilla con

los colores y los nombres correspondientes a cada variable. Asimismo, cada una de las teclas de función utilizadas en la tarea tenía una indicación cromática y numérica igual a la variable que le correspondía.

Como puede observarse en la Tabla 2, las variables dependientes usadas en la tarea simulada, permiten establecer un modelo estructurado que relaciona (1) la búsqueda de información, representada por la variable número de informaciones; (2) las acciones realizadas, reflejadas en las variables: número de acciones, media de dosis y número total de pasos; y, (3) los resultados obtenidos durante la realización de la tarea, representados en las variables: tiempo primera alarma, número de alar-

mas, número de alarmas controladas, estabilidad del sistema y rendimiento (éxito o fracaso final).

### Tests de Aptitudes

Para medir la aptitud verbal, se utilizó la prueba Factor V correspondiente al test de Aptitudes Mentales Primarias-PMA (TEA Ediciones, 1979). Para medir la aptitud espacial se utilizó el test de Doblado de Papel correspondiente al Factor de Visualización del Kit del Educational Testing Service (Ekstrom et al., 1976).

### Cuestionario de Datos de Información Sociodemográfica

El cuestionario constaba de cinco items

*Tabla 2*  
**Descripción de las Variables Medidas en la Tarea Simulada**

---

BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	<b>Número de Informaciones:</b> número de veces que el sujeto solicita Información sobre el estado de las variables.
ACCIONES	<b>Número de acciones:</b> número total de dosis de cada fármaco administradas al paciente. <b>Media de dosis:</b> número de dosis de cada fármaco dividido por el número total de acciones realizadas. <b>Número total de pasos:</b> suma del número de Informaciones y el número de acciones.
RESULTADOS	<b>Tiempo primera alarma:</b> tiempo que tarda en aparecer la primera alarma desde el comienzo de la tarea. <b>Número de alarmas:</b> número total de alarmas que aparecen durante la regulación del sistema. <b>Número de alarmas controladas:</b> suma total de alarmas corregidas durante la regulación del sistema. <b>Estabilidad del sistema:</b> suma total del tiempo en que no hay alarmas y el sistema está regulado. <b>Rendimiento:</b> resultado de éxito (1=sobrevive el paciente) o fracaso (0=muerte del paciente) de la tarea simulada.

---



referidos a sexo, edad, curso realizado, si trabajaba o no y, en el caso de contestar afirmativamente, puesto que desempeñaba. Dado que la tarea simulada fue presentada por ordenador, incluimos, también, un ítem sobre frecuencia de uso de entornos gráficos (p.e., Windows), con una escala de respuesta tipo Likert de 1 (nunca) a 5 (muy frecuentemente).

## Diseño

Se trata de un diseño de 2x2, en el que las variables independientes son la aptitud verbal (alta vs. baja) y la aptitud espacial (alta vs. baja). La combinación de las dos variables independientes generó cinco grupos de sujetos como refleja la Tabla 1.

La medida de las variables dependientes se llevó a cabo mediante la ejecución de una tarea realizada por ordenador. Esto nos permitió identificar la búsqueda de información por parte de los participantes (número de informaciones solicitadas), las acciones efectuadas (número de acciones, media de dosis de medicamentos administrados, número total de pasos en la tarea), y los resultados obtenidos (tiempo primera alarma, número de alarmas, número de alarmas controladas, estabilidad del sistema y rendimiento -éxito o fracaso-).

La Tabla 3 es un resumen de un registro generado por el programa de ordenador que incluye junto a los datos de identificación del sujeto, los indicadores de las variables dependientes utilizadas en el estudio. El orden de presentación de los datos en este registro es el siguiente: primero, los datos personales y la frecuencia de uso de entornos gráficos. Segundo, una descripción de cada uno de los pasos rea-

lizados por el sujeto durante la ejecución de la tarea, que incluye: el medicamento administrado, el número de dosis administradas y el tiempo en que se realizó dicha acción; así como, la variable sobre y el tiempo en que se adquirió información. Tercero, información sobre los índices de las variables dependientes del estudio, es decir: rendimiento (éxito total o shock del paciente); número de alarmas surgidas durante la realización de la tarea; número de alarmas controladas; número de informaciones solicitadas así como de acciones realizadas; y, por último, período de tiempo en que se mantuvo la estabilidad del sistema (suma total de los períodos de tiempo sin alarmas menos el tiempo de duración de cada alarma).

## Procedimiento

En dos sesiones previas realizadas en el aula, se llevó a cabo la cumplimentación colectiva de los tests de aptitud verbal y espacial. Se proporcionó unas instrucciones orales a los sujetos en las que se indicaba que necesitábamos conocer sus habilidades verbales y espaciales antes de pasar a la siguiente fase de un estudio de resolución de problemas. Los dos tests fueron administrados de forma consecutiva. La sesión tuvo una duración aproximada de entre 20 y 30 minutos. Se invirtió el orden de presentación de los tests con el fin de controlar los efectos de aprendizaje. Así la mitad de los sujetos cumplimentó en primer lugar el test verbal y, luego, el test espacial, y la otra mitad de los sujetos cumplimentó primero el test espacial e inmediatamente después, el verbal.

El test de aptitud verbal, Factor V, consta de 50 elementos o problemas de elección múltiple; la tarea del sujeto es hallar

*Tabla 3*  
**Ejemplo de registro de la tarea simulada**

Código: 015	Sexo: mujer	Edad: 21	Curso: 1º de Psicología	
Trabaja: no	Nombre del Puesto: ----	Frecuencia de uso de entornos gráficos: 2		
Medicación o Variables	Número de Dosis	Tiempo	Información o Acción	Alarmas
Temperatura		45''	Información	
Antibiótico	1	70''	Acción	
Antitérmico	1	80''	Acción	
Glóbulos Rojos		100''	Información	
Hierro	1	160''	Acción	
Presión Arterial		200''	Información	
Diurético	2	215''	Acción	
Temperatura		340''	Información	
Antibiótico	1	360''	Acción	
Antitérmico	1	375''	Acción	
Glóbulos rojos		650''	Información	
Presión Arterial		700''	Información	
Diurético	2	765''	Acción	
Antitérmico	3	775''	Acción	
Presión Arterial		790''	Información	
Glóbulos rojos		825''	Información	Hipertensión
Temperatura		850''	Información	Hipertensión
Presión Arterial		865''	Información	Hipertensión
Glóbulos rojos		870''	Información	Hipertensión
Antitérmico	2	880''	Acción	Hipertensión
Rendimiento: ÉXITO				
Número de alarmas: 1 (Temp: 0 Glóbulos rojos: 0 Hipert: 1 )				
Nº de alarm. control.: 0 (Temp: 0 Glóbulos rojos: 0 Hipert: 0 )				
Nº de Informaciones: 11 (Temp: 3 Glóbulos rojos: 4 Hipert: 4 )				
Número de acciones: 9 (Antib: 2 Antitérm: 7 Diur: 4 Hierro: 1 )				
Estabilidad del sistema: 825 Segs.				
Tiempo primera alarma: 825 Segs.				
Tiempo de duración de alarmas: Temperatura: 0 Segs.				
Glóbulos rojos: 0 Segs.				
Hipertensión: 75 Segs.				

los sinónimos de las palabras propuestas. En esta prueba la puntuación directa es el número de aciertos, no es preciso hacer recuento de errores ni omisiones. La puntuación directa máxima es de 50 puntos. El tiempo de realización de la prueba fue de 3 minutos.

En cuanto a la prueba de aptitud espacial, el test de Doblado de Papel consta de 20 elementos de elección múltiple, divididos en dos partes, cada una de las cuales consta de 10 elementos. La tarea de los sujetos consiste en hallar la figura que muestra las características correctas cuando el papel está completamente desplegado. La puntuación directa de este test es el número de respuestas correctas menos una fracción del número de figuras marcadas incorrectamente. El tiempo de realización de cada una de las partes de la prueba fue de 2 minutos y medio.

A partir de las puntuaciones obtenidas en los dos tests, se halló la distribución de los 121 participantes en cinco grupos tal y como se señaló en el apartado de Sujetos.

Una semana más tarde, se convocó a los sujetos para que realizaran la tarea de simulación. La resolución de la tarea se llevó a cabo en el laboratorio. En cada sesión participaron como máximo seis sujetos, en función del número de ordenadores disponibles. Los sujetos entraban juntos al laboratorio, y se sentaban en cubículos individuales que les impedían mantener cualquier tipo de contacto visual o verbal.

La tarea simulada y el cuestionario eran administrados individualmente a través del ordenador, lo que permitía que los sujetos pudiesen establecer por sí mismos, el rit-

mo de administración de los ítems, y el tiempo para leer las instrucciones de la tarea. El orden de presentación de la tarea fue el siguiente: en primer lugar, aparecía en pantalla una breve presentación y descripción del estudio; en segundo lugar, se presentaba el cuestionario de información sociodemográfica. Una vez los sujetos habían cumplimentado éste, se presentaban las instrucciones detalladas de la tarea y, seguidamente, aparecía en pantalla la tarea tal como hemos descrito.

En las instrucciones presentadas a través del ordenador, se comenzaba indicando que se trataba de un sistema simulado de vigilancia y control de un paciente y, se explicaba a continuación la historia clínica del mismo, es decir, que presentaba fiebre debido a un proceso infeccioso, que tenía antecedentes de hipertensión arterial, y que su nivel de glóbulos rojos era normal, aunque con cierta tendencia a disminuir. Seguidamente, se le indicaba al participante, con claridad: (1) cuáles eran las variables que debía controlar (temperatura, presión arterial y glóbulos rojos); (2) las teclas que debía pulsar para obtener información sobre estas tres variables; (3) los medicamentos que podía aplicar y las teclas que debía pulsar para tal fin; (4) el efecto de cada uno de los fármacos que podía utilizar y las interacciones que existían entre ellos (p.e.: “La administración de Antitérmico puede aumentar la presión arterial”). Se le explicaba, a continuación, que surgiría un aviso de alerta (en el lado derecho de la pantalla), si existía un desequilibrio en los niveles de las variables. Además, se señalaba que si tras un período de tiempo la acción o acciones realizadas eran inadecuadas, aparecería en el otro lado de la pantalla (izquierda) la palabra “shock”, que indicaba que no se había re-

suelto con éxito la tarea. En caso, que se mantuviera la estabilidad de las tres variables durante un largo período de tiempo, se resolvería con éxito la tarea y aparecería en el lado izquierdo de la pantalla la frase: "éxito total". Por último, se le indicaba que los efectos de los fármacos administrados tardaban unos 3 o 4 segundos en producirse y, por tanto, era importante que esperara y comprobara los efectos que la aplicación de cada dosis producía en las variables.

Asimismo, al comienzo de la sesión de laboratorio se daban unas instrucciones orales a los sujetos, en las que se les indicaba que debían responder el cuestionario y resolver la tarea simulada que se les presentaría a través del ordenador. Se hacía hincapié en la importancia de leer atentamente las instrucciones que aparecían en pantalla, y que debían tomarse el tiempo necesario para responder a las preguntas. Además, se les señalaba que la tarea de simulación tenía un tiempo estándar de resolución, y que podían utilizar una hoja con un breve resumen de las instrucciones de la tarea que tenían en la parte izquierda de la mesa junto al ordenador. En ésta se les resumía el objetivo de la tarea, los nombres y codificación de las variables, y las interacciones entre ellas. Por último, se les señalaba que la investigadora permanecería en el laboratorio durante toda la sesión, y que podrían recurrir a ella cuando tuvieran una duda. La sesión de laboratorio tuvo una duración entre 30 y 45 minutos.

## RESULTADOS

El análisis de los datos del estudio se presenta en dos grandes bloques. En un primer bloque de resultados, se presenta

la relación entre las características de ejecución y el rendimiento en la tarea de simulación. Esta relación se presenta, en primer lugar mediante una descripción cualitativa de los aspectos más relevantes de la realización de la tarea de simulación. Y, en segundo lugar, se muestra la relación de las variables de la tarea simulada entre sí mediante correlación de Pearson.

El segundo bloque de resultados, presenta los datos obtenidos en el análisis de varianza de una vía, realizados con el fin de estudiar la influencia de las aptitudes verbal y espacial en la ejecución de la tarea simulada.

### **Descripción cualitativa de la realización de la tarea simulada**

Realizamos un análisis cualitativo de los registros generados por el ordenador. Un primer resultado a destacar es que no existe una única forma de resolver la tarea, por el contrario, en los registros se observa maneras muy diferentes de regular el sistema, algunas con éxito y otras no. De hecho, unos participantes mantienen el sistema estable realizando un bajo número de acciones y de informaciones, mientras que otros sujetos con el mismo resultado de éxito, necesitaron realizar un mayor número de pasos (buscar más informaciones y realizar más acciones).

De los 77 participantes en la resolución de la tarea simulada, 6 sujetos (7.8%) resuelven la tarea perfectamente y mantienen la estabilidad del sistema, no surgiendo ninguna alarma durante el período total de ejecución de la tarea. Otros 9 participantes (11.7%), resuelven la tarea, también, de forma exitosa aunque durante su ejecución aparecieron algunas alarmas que

resolvieron perfectamente volviendo a colocar las variables dentro de sus rangos de normalidad.

En general, en la ejecución de estos 15 sujetos (19.5%) se puede observar formas de actuación comunes, entre las que podemos identificar cinco pautas concretas de conducta: una primera pauta, indica que estos sujetos proporcionaron las dosis de fármacos de forma espaciada y no más de dos dosis de cada fármaco a la vez. En segundo lugar, estos participantes buscaron información sobre la variable crítica inmediatamente antes y/o después de dar la dosis de medicamento. Una tercera pauta, supone que la mayoría de ellos (11 de los 15 sujetos, es decir, un 73.3%) comenzaron la tarea buscando información sobre el estado de las tres variables antes de dar una dosis de fármaco. Una cuarta forma de actuación de los sujetos muestra que esperaban un tiempo y observaban el estado de las variables antes de dar otra dosis de fármacos. Por último, cuando surgieron alarmas, buscaron información sobre la variable en cuestión, y después proporcionaron el fármaco correspondiente, y continuaron vigilando la variable crítica asiduamente hasta que desaparecía la alarma.

Asimismo, cabe señalar que los sujetos que realizaron la tarea de forma óptima, es decir, que mantuvieron la estabilidad del sistema durante toda la tarea o, al menos, durante una gran parte de la misma, fueron aquellos que al inicio de la tarea dedicaron algunos minutos (entre un minuto y un minuto y medio), a buscar información sobre las tres variables a regular antes de realizar una acción.

Los 62 sujetos restantes (80.5%), presentan una ejecución mucho más irregu-

lar y no terminan con éxito la tarea, es decir, se presenta el “shock del paciente”. En general, estos participantes presentan unas características de ejecución opuestas a las citadas anteriormente. Así, en el análisis de sus registros se observa que realizaron más acciones y buscaron menos información sobre las variables. Asimismo, solían dar más de dos dosis de cada fármaco a la vez y/o de forma muy seguida, sin esperar por los efectos demorados de la medicación, tal como se les había señalado en las instrucciones de la tarea.

La mayoría de sujetos que no alcanzan el éxito en la tarea, no tienen en cuenta los efectos secundarios y las interacciones entre variables, a pesar de contar con la hoja de instrucciones por escrito durante toda la tarea. Cuando aparecía la alarma de una variable en concreto, seguían dando dosis del medicamento que la mantenía fuera de su rango de normalidad y que impedía que se recuperara (p.e., tenían la temperatura baja y continuaban dando al paciente dosis de antitérmico y/o antibiótico).

En general, el análisis de su ejecución en los registros no indica que siguieran un patrón estructurado, sino que parece una ejecución aleatoria, en la que no existe relación alguna entre la búsqueda de información y las acciones realizadas. Además, en algunos casos una vez aparecía en pantalla la señal de alarma de dos o tres variables a la vez, dejaban de dar medicamentos y esperaban a que finalizara la tarea.

### **Relación cuantitativa entre las variables de la tarea simulada**

Se realizaron correlaciones bivariadas de las variables estudiadas con el fin de establecer la posible interacción entre las

Tabla 4  
Correlaciones bivariadas entre las variables de la tarea de simulación

	NINF									
NINF	1.00	NACC								
NACC	.39*	1.00	MDOSIS							
MDOSIS	-.41*	-.36*	1.00	NTPASO						
NTPASO	.95*	.64*	-.45*	1.00	TALARM					
TALARM	.21	.36*	.02	.29*	1.00	TCONTR				
TCONTR	.25*	.21	-.12	.27*	.92*	1.00	TPAL			
TPAL	.05	-.19	-.30*	-.01	-.40*	-.24	1.00	ESTABIL		
ESTABIL	.14	-.20	-.42*	.05	-.41*	-.19	.82*	1.00	RENDIM	
RENDIM	-.29*	.27	.36*	-.15	.32*	.09	-.57*	-.78*	1.00	

*Nota.* Nivel de Significación: \* =  $p < .05$ .

Significado de las abreviaturas de las variables: NINF=número de Informaciones; NACC=número de acciones; MDOSIS=media de dosis; NTPASO=número total de pasos; TALARM=número de alarmas; TCONTR=número de alarmas controladas; TPAL=tiempo primera alarma; ESTABIL=estabilidad del sistema; RENDIM=rendimiento (supervivencia o muerte del paciente).

características de la tarea simulada. En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos.

En primer lugar, los resultados indicaron una correlación negativa significativa entre la variable *rendimiento* relacionada al éxito total o al shock del paciente, y la variable *número de informaciones* ( $r = -.29$ ;  $p < .05$ ), de forma que aquellos sujetos que tuvieron éxito en la tarea buscaron más información sobre las variables durante la realización de la tarea de simulación.

En segundo lugar, se observó una correlación negativa significativa entre la variable *rendimiento* y la variable *estabilidad del sistema* ( $r = -.78$ ;  $p < .05$ ). En este sentido, el éxito en la tarea estuvo asociado con un mayor tiempo sin alarmas.

En tercer lugar, se halló también una

correlación negativa significativa entre la variable *rendimiento* y la variable *tiempo de la primera alarma* ( $r = -.57$ ;  $p < .05$ ), en el sentido de que el éxito en la tarea estuvo relacionado con una aparición más tardía de la primera alarma durante la ejecución.

Siguiendo con la variable *rendimiento*, se encontró una correlación positiva significativa con la variable *media de dosis* ( $r = .36$ ;  $p < .05$ ); es decir, los sujetos que tuvieron éxito administraron menos dosis de medicamentos al paciente.

Asimismo, la variable *número de alarmas* presentó una correlación positiva significativa con la variable *rendimiento* ( $r = .32$ ;  $p < .05$ ), de forma que el éxito en la tarea estuvo relacionado con un menor número de alarmas.

Por otra parte, encontramos una corre-

lación negativa significativa entre la variable *media de dosis* y la variable *número de acciones* ( $r = -.36$ ;  $p < .05$ ), en el sentido de que la media de dosis administrada fue mayor que el número de acciones realizadas. Es decir, los participantes en el estudio tendieron a administrar las dosis de fármaco de forma masiva (más de dos dosis cada vez).

Además, se observó una correlación negativa significativa entre *media de dosis* y la variable *número de informaciones* ( $r = -.41$ ;  $p < .05$ ). De forma que aquellos sujetos que buscaron más información administraron menos dosis de fármacos al paciente.

Finalmente, en relación al *número de informaciones*, se halló una correlación positiva significativa con la variable *número de alarmas controladas* ( $r = .25$ ;  $p < .05$ ) que indica que los sujetos que buscaron más información realizaron un mayor control de alarmas.

En resumen, los datos de la tarea simulada parecen indicar que el éxito está relacionado a una mayor búsqueda de información, una mayor estabilidad del sistema, un menor número de alarmas, y el control del sistema con un menor número de dosis de fármacos. Asimismo, hay relaciones entre el número de dosis administrado, número de acciones y número de informaciones, con la estabilidad del sistema.

### **Relación entre las aptitudes verbal y espacial y el rendimiento en la tarea simulada.**

Se sometió las puntuaciones obtenidas en los tests de aptitud verbal y espacial a

un análisis de consistencia interna (a de Crombach). Este análisis muestra un  $\alpha$  de 0.74 en el test de Doblado de Papel, y a de 0.89 en la prueba Factor V.

Con el fin de estudiar la relación entre las aptitudes y el rendimiento en la tarea con más profundidad, se realizaron los análisis con los 67 sujetos clasificados en los cuatro grupos extremos de aptitudes, es decir, Grupo 1: espacial bajo – verbal bajo; Grupo 2: espacial bajo – verbal alto; Grupo 3: espacial alto – verbal bajo; y, Grupo 4: espacial alto- verbal alto (ver Tabla 1).

Se realizó un análisis de varianza de una vía con el fin de examinar los efectos de las *aptitudes verbal y espacial* sobre la ejecución de la tarea. Se encontraron diferencias significativas con respecto a las variables *número de informaciones*, *número de pasos*, *número de alarmas* y *número de alarmas controladas*. Asimismo, se realizaron pruebas a posteriori (T de Tukey) para cada ANOVA significativo (ver Tabla 5).

Existen diferencias en la variable *número de informaciones* en función del grupo ( $F(3,63) = 4.29$ ;  $p = .008$ ). Realizados los análisis a posteriori se confirmó con la prueba T de Tukey que el grupo con aptitud espacial-verbal alta se diferencia significativamente del grupo con aptitud espacial-verbal baja ( $T = 17.40$ ;  $p < .05$ ), y del grupo con aptitud espacial baja-verbal alta ( $T = 15.29$ ;  $p < .05$ ).

También se observaron diferencias significativas con respecto a la variable *número total de pasos* ( $F(3,63) = 3.25$ ;  $p = .027$ ). En los análisis a posteriori realizados con la T de Tukey se confirman las diferencias

*Tabla 5*  
**Medias en las variables de los grupos en aptitud espacial y verbal**

		Grupo 1 Aptitud Espacial y Verbal bajas	Grupo 2 Aptitud Espacial baja y Verbal Alta	Grupo 3 Aptitud Espacial alta y Verbal baja	Grupo 4 Aptitud Espacial y Verbal altas	F	p
Nº Informaciones	M	25.47 a	27.58 a	32.88 ab	42.87 b	4.29	.008
	DT	14.68	14.78	10.43	19.64		
Nº Total de Pasos	M	40.58 a	45.05 ab	49.64 ab	60.12 b	3.25	.027
	DT	18.42	18.19	12.27	24.65		
Nº de Alarmas	M	1.64 a	2.23 a	2.29 ab	4.31 b	2.89	.041
	DT	1.27	1.16	1.30	5.19		
Nº de Alarmas Controladas	M	.24 a	.47 ab	.47 ab	1.50 b	3.42	.022
	DT	.44	.72	.62	2.28		

**Nota.** Las medias que no comparten el mismo subíndice difieren a un nivel de  $p < .05$ . *No. de Informaciones:* Los valores mínimos y máximos de cada grupo oscilan entre: Grupo 1 (aptitud espacial y verbal bajas)= 8-65; Grupo 2 (aptitud espacial baja y verbal alta)= 5-53; Grupo 3 (aptitud espacial alta y verbal baja)= 13-48; y, Grupo 4 (aptitud espacial y verbal altas)= 11-78. *No. Total de Pasos:* Los valores mínimos y máximos de cada grupo oscilan entre: Grupo 1 (aptitud espacial y verbal bajas)= 15-90; Grupo 2 (aptitud espacial baja y verbal alta)= 10-77; Grupo 3 (aptitud espacial alta y verbal baja)= 18-66; y, Grupo 4 (aptitud espacial y verbal altas)= 24-110. *No. de Alarmas:* Los valores mínimos y máximos de cada grupo oscilan entre: Grupo 1 (aptitud espacial y verbal bajas)= 0-4; Grupo 2 (aptitud espacial baja y verbal alta)= 0-4; Grupo 3 (aptitud espacial alta y verbal baja)= 0-5; y, Grupo 4 (aptitudes espacial y verbal altas)= 1-7. *No. de Alarmas Controladas:* Los valores mínimos y máximos de cada grupo oscilan entre: Grupo 1 (aptitud espacial y verbal bajas)= 0-1; Grupo 2 (aptitud espacial baja y verbal alta)= 0-2; Grupo 3 (aptitud espacial alta y verbal baja)= 0-2; y, Grupo 4 (aptitud espacial y verbal altas)= 0-6.

significativas del grupo con aptitud espacial-verbal alta del grupo con aptitud espacial-verbal baja ( $T = 19.54$ ;  $p < .05$ ).

En la misma forma, la variable *número de alarmas* mostró diferencias significativas ( $F(3,63) = 2.89$ ;  $p = .041$ ). Como puede observarse en la Tabla 5, el grupo de sujetos con aptitud espacial-verbal alta se diferencia significativamente, con una media en número de alarmas superior a la de los sujetos del grupo con aptitud espa-

cial-verbal baja. Estas diferencias fueron confirmadas con los análisis a posteriori realizados con la T de Tukey, observándose diferencias significativas entre los grupos señalados ( $T = 1.42$ ;  $p < .05$ ).

Finalmente, se observaron diferencias significativas en la variable número de alarmas controladas ( $F(3,63) = 3.42$ ;  $p = .022$ ); comprobándose, nuevamente, en los análisis a posteriori con la T de Tukey, que el grupo con aptitud espacial-verbal alta



obtuvo la media más alta, diferenciándose significativamente del grupo con aptitud espacial-verbal baja ( $T = 1.26$ ;  $p < .05$ ).

Sin embargo, no hubo diferencias significativas en las variables *tiempo sin alarmas*, *media de dosis*, *número de acciones* y *estabilidad*. Por último, en cuanto a la relación entre aptitudes y *rendimiento en la tarea* (éxito o fracaso final), no se encontraron relaciones significativas, para ninguno de los cuatro grupos de sujetos.

## DISCUSIÓN

Los resultados más interesantes de nuestra investigación hacen referencia a aquellas características del proceso de toma de decisión que permiten discriminar entre los sujetos que finalizan con éxito la tarea y aquellos otros que fracasan en la realización de la misma. Es importante resaltar que todos los sujetos participantes en el estudio partieron de la misma condición de desconocimiento del sistema a regular. Esta falta de conocimientos implicó la necesidad de obtener información sobre el sistema y su posible desarrollo y, posteriormente, generar hipótesis sobre su estructura interna y elaborar relaciones causales de la situación. El desarrollo de esta representación interna debía ser realizada en los primeros momentos de la tarea, es decir, los sujetos debían ir aprendiendo a medida que actuaban. La capacidad para componer y mantener esta representación mental del sistema, y desde aquí moverse a través de la red de variables, es un requisito en el proceso de toma de decisión.

Esta “estructura interna del sistema”, es una condición esencial de un buen rendi-

miento, especialmente en este tipo de tareas de control de procesos, permitiéndonos prever los efectos secundarios y determinar qué acciones pueden tener otros efectos además de los que se pretende lograr (p.e., reducir la temperatura, mantener el nivel de glóbulos rojos y la presión arterial). Ello implica conocer las interacciones específicas entre las variables. En las instrucciones de nuestra tarea se indicaba que podía haber efectos secundarios, aunque no se especificaba las cantidades de cada fármaco necesarias para producir esos efectos.

Los resultados de nuestro estudio reflejan un grupo de características que parece conducir al éxito en la tarea. Aunque consideramos que hay importantes vínculos entre estas características, las comentaremos por separado por motivos de claridad de la exposición. Una primera característica hace referencia a cómo los sujetos que tenían éxito tendieron a buscar más información sobre las variables y actuaron menos. En este sentido, los resultados indican que estos sujetos dieron menos dosis de fármacos y de forma más espaciada.

Una segunda característica se refiere a la capacidad para asumir la demora en la retroalimentación, es decir, a respetar “tiempos muertos” entre acciones. La distribución de las dosis a lo largo de la tarea sugiere que los sujetos que tuvieron éxito esperaban a que se produjera el efecto de los fármacos, incluidos sus efectos secundarios, antes de realizar una nueva acción. En contraste, los sujetos que no tuvieron éxito parecían no atender a esta demora, a pesar de las instrucciones previas acerca de que el sistema tardaba algún tiempo en reflejar los efectos de los fármacos.

Una tercera característica relacionada con el éxito fue la capacidad para alcanzar una mayor estabilidad del sistema, es decir, un menor número de alarmas y menor cantidad de tiempo en corregirlas cuando éstas aparecen. Aquí, la anticipación era una condición necesaria para evitar las alarmas ya que los sujetos debían evitar que las variables se salieran de los rangos establecidos mediante la administración de dosis de fármacos. Nuestros resultados indican que un conocimiento de las características internas del sistema facilitaba la anticipación de los efectos y, por tanto, una predicción del rendimiento futuro del sistema y, en consecuencia la estabilidad del mismo (Endsley, 1997; Rolo, 1996; Rolo y Cabrera, en prensa).

En contraposición, el proceso de toma de decisión en los sujetos sin éxito en la tarea se aleja de estas características conjuntas. Así, estos participantes realizan: (a) más acciones y una menor búsqueda de información; (b) no se anticipan a las alarmas; (c) no esperan por los efectos de sus acciones, a pesar que se indicaba en las instrucciones que los efectos tomarían tiempo; y (d) no prestan atención a los efectos secundarios ni a la interacción entre las variables. Muchas de estas características pueden ser interpretadas en términos de “fallos en la conducta de clasificación” según Dörner (1990). Por ejemplo, específicamente, el aspecto referido a la falta de atención a los efectos secundarios de las acciones, está relacionado con el “pensamiento causal-lineal” definido por Brehmer (1993).

Estas características que presentan los sujetos sin éxito en el proceso de toma de decisiones en ambientes complejos puede asociarse a una de las “patologías” descri-

tas por Dörner (1990), el “vagabundeo temático”. Esta patología se refiere a la tendencia a cambiar de una meta a otra. Es decir, los participantes intentan primero controlar una variable, y luego otra, pero nunca todas las variables que deben tratar de controlar al mismo tiempo. Así puede explicarse cómo algunos sujetos, en el momento en que aparecía una alarma, administraban dosis de un fármaco sin buscar información en el sistema para comprobar qué variable estaba fuera de su rango de normalidad. Parecía que actuaban de manera aleatoria. Quizá, como plantean Dörner y Schaub (1994), ser capaz de hacer algo en situaciones difíciles, aunque no sea lo correcto, produce buenos sentimientos. Esto es en términos de Dörner (1990) “una ilusión de competencia”.

En síntesis, los resultados obtenidos en el estudio apoyan nuestras hipótesis referidas al papel de la búsqueda de información y la espera por la retroalimentación del sistema tras la ejecución de las acciones. Sin embargo, la hipótesis sobre la importancia de tener en cuenta las interacciones entre las variables no ha podido ser contrastada plenamente.

A su vez, los resultados mostraron sólo ciertas relaciones entre las aptitudes verbal y espacial, por una parte, y el rendimiento en la tarea, por otra. Específicamente, se observó una relación de la aptitud espacial y algunas características significativas relacionadas con un rendimiento de éxito. Características como número de informaciones solicitadas, número de alarmas durante la ejecución, así como también, el número de alarmas controladas aparecen relacionadas con aptitud espacial. En cierta medida se encontró algunas relaciones entre aptitud espacial y

ejecución, pero los datos recogidos no mostraron un apoyo significativo sobre la influencia de estas aptitudes en el rendimiento, no confirmándose nuestra hipótesis al respecto.

Algunas investigaciones han indicado la dificultad de encontrar relaciones sistemáticas entre el rendimiento en la tarea y las taxonomías de aptitudes tradicionales y los tests psicológicos (Brehmer, 1993; León, Rueda y Vega, 1988), quizás debido al tipo de variables estudiadas o al instrumento utilizado. Sería importante estudiar la influencia de otras variables sobre los procesos de toma de decisión, tales como, por ejemplo, impulsividad-conservadurismo, aversión-propensión al riesgo, o factores cognitivos. Algunos modelos de decisión intentan incorporar algunas características individuales nuevas. Un ejemplo es el modelo desarrollado por Beach y Mitchell (Beach, 1993; Lipshitz, 1993), que incluye las imágenes basadas en conocimientos y valores individuales como guías en el desarrollo de planes para enfrentarse a un problema o situación.

Con todo, hay que señalar una serie de limitaciones en el estudio de la toma de decisión como proceso. Como se ha señalado anteriormente, la capacidad para obtener una idea global (o una imagen de las estrategias desarrolladas por los sujetos) demanda la recogida y análisis de los datos como secuencias de etapas relacionadas, en vez de como unidades discretas. En este tipo de procesos, hay una secuencia predominante construida por los sujetos, y cada paso produce una combinación diferente de alternativas posibles, semejante a un juego de ajedrez. Pero, hasta ahora, no contamos con análisis estadísticos bien desarrollados que permitan tal tipo de

evaluación. Si queremos examinar las secuencias múltiples derivadas por los participantes tenemos que evaluarlas, también, desde un punto de vista cualitativo. Aunque tales evaluaciones cualitativas son necesarias para avanzar en este campo, resultan en alguna medida limitadas, entre otras cosas por el número de sujetos participantes y por la naturaleza de las variables estudiadas.

La simulación, como ya se indicó, facilita el diseño y el análisis de situaciones complejas y dinámicas en condiciones de control más riguroso sin perder cierta naturalidad propia de los contextos reales. No obstante, el tipo de tarea de simulación como la utilizada en nuestro estudio sigue resultando limitada respecto a la posibilidad de reflejar fiablemente algunas características de los ambientes complejos. Algunas de estas características están relacionadas con las consecuencias significativas derivadas del éxito o el fracaso en la situación específica, así como con el número de variables utilizadas en la simulación y/o la presión temporal con la que se plantea la tarea. En este sentido, en la tarea simulada en nuestro estudio el éxito o el fracaso no tenía consecuencias significativas, ni para el sistema ni para los participantes en el estudio, más allá de las consecuencias definidas internamente por cada participante como señalan Cannon-Bowers et al (1996). Sin embargo, aspectos como el deseo de resolver bien la tarea, dar una buena impresión, tener éxito u obtener buenos resultados en la resolución de la tarea, no pueden ser contrastados debido a la falta de datos al respecto.

En cuanto a la presión temporal como elemento central de toda investigación en

toma de decisión naturalista, a pesar de que en nuestro estudio se indicaba a los sujetos, que los cambios en el sistema tomaban un tiempo, y durante toda la tarea un reloj digital situado en la parte superior derecha de la pantalla, indicaba el tiempo real consumido, no se observó, sin embargo, efecto significativo alguno de la variable presión temporal. No obstante, en algunos casos, la presentación repetida de las alarmas en la pantalla pudo, en alguna medida, crear una cierta situación estresante para los sujetos.

En cualquier caso, aunque son evidentes las dificultades propias del proceso de diseño de la tarea o tareas que se pretende simular, la riqueza y la gran cantidad de datos que se puede obtener con la utilización de la simulación compensa los inconvenientes previos. Como señalan Roth, Woods y Pople (1992), entre las ventajas de la simulación destaca el hecho de que obliga a los diseñadores a describir los mecanismos con gran detalle y, una vez elaborado el programa, puede ser mejorado, y adaptado para su aplicación a distintos ámbitos de investigación.

Para finalizar, podemos destacar varias conclusiones a partir de los resultados obtenidos en esta investigación. Primera, hay un grupo de características relativas al modo de ejecución que permite diferenciar entre los participantes con éxito y sin éxito en nuestra tarea de regulación. Segunda, no hay una relación clara de las aptitudes espacial y verbal con el rendimiento en la tarea. Y, tercera, consideramos que la técnica de simulación por ordenador es una herramienta de gran utilidad y riqueza para evaluar, en situaciones más controladas, las características de los ambientes naturales.

## BIBLIOGRAFÍA

Anderson, J.R. (1980/1995). *Cognitive Psychology and its implications*. Fourth edition. New York: W.H. Freeman and Co.

Beach, L.R. (1993). Image theory: Personal and organizational decisions. En G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, y C.E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in Action: Models and Methods* (pp. 148-157). New Jersey: Ablex Publishing Co.

Brehmer, B. (1993). Cognitive aspects of safety. En B. Wilpert y T. Quale (Eds.), *Reliability and Safety in Hazardous Work Systems. Approaches to analysis and design* (pp.23-42). Hove: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Brehmer, B. y Allard, R. (1991). Dynamic decision making: the effects of task complexity and feedback delay. En J. Rasmussen, B. Brehmer y J. Leplat (Eds.), *Distributed Decision Making. Cognitive Models for Cooperative Work*. New York: John Wiley and Sons.

Cannon-Bowers, J.A., Salas, E. y Pruitt, J.S. (1996). Establishing the boundaries of a paradigm for decision-making research. *Human Factors*, 38 (2), 193-205.

De Vega, M. (1984). *Introducción a la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.

Dörner, D. (1990). The logic of failure. En D.E. Broadbent, A. Baddeley y J.T. Reason (Eds.), *Human Factors in Hazardous Situations* (pp. 463-473). Oxford: Clarendon Press.

Dörner, D. y Schaub, H. (1994). Errors in

planning and decision-making and the nature of human information processing. *Applied Psychology: An International Review*, 43 (4), 433-453.

Dunnette, M.D. (1976). Aptitudes, abilities and skills. En M.D. Dunnette (Ed.), *Handbook of Industrial and Organizational Psychology* (pp. 473-520). Chicago: Rand McNally College Publishing Company.

Egan, D. E. (1988). Individual differences in human-computer interaction. En M. Helander (Ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction*. New York: North-Holland.

Endsley, M.R. (1997). The role of situation awareness in naturalistic decision making. En C. E. Zsombok y G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 269-283). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Ekstrom, R.B., French, J.W., Harman, H.H. y Dermen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. New Jersey: Educational Testing Service.

Hollnagel, E. (1993). *Human Reliability Analysis. Context and Control*. Londres: Academic Press.

Kaempf, G.L. y Orasanu, J. (1997). Current and future applications of naturalistic decision making in aviation. En C. E. Zsombok y G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 81-90). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Landeweerd, J.A. (1979). Internal representation of a process: fault diagnosis

and fault correction. *Ergonomics*, 12, 1343-1362.

León, O.G., Rueda, R. y Vega, M.A. (1988). Personalidad, diferencias individuales y decisión con riesgo. *Estudios de Psicología*, 36, 73-94.

Lipshitz, R. (1993). Converging themes in the study of decision making in realistic settings. En G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, y C.E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in Action: Models and Methods* (pp.103-137). New Jersey: Ablex Publishing Co.

March, J.G. y Simon, H.A. (1980). *Teoría de la Organización*. Barcelona: Editorial Ariel.(Orig. 1961).

Mayer, R.E. y Sims, V.K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words?. Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, (3), 389-401.

Orasanu, J. y Connolly, T. (1993). The reinvention of decision making. En G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, y C.E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in Action: Models and Methods* (pp.3-20). New Jersey: Ablex Publishing Co.

PMA. *Aptitudes mentales primarias* (1979). Madrid: TEA Ediciones, S.A.

Quijano de Arana, S.D. (1993). *La Psicología Social en las Organizaciones: fundamentos*. Barcelona: PPU.

Rolo, G. (1996). *Toma de decisión en control de procesos. Influencia del contexto y de factores individuales*. Tesis doctoral no

publicada, Universidad de La Laguna, Tenerife.

Rolo, G. y Cabrera, D. (en prensa). Features of decision-making in process control tasks: the relevance of the work context. *Cognitive, Technology and Work*.

Roth, E.M., Woods, D.D. y Pople, H.E.

Jr. (1992) Cognitive simulation as a tool for cognitive task analysis. *Ergonomics*, 3 (10), 1163-1198.

Zsombok, C.E. (1997). Naturalistic decision making: where are we now?. En C. E. Zsombok y G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making* (pp.3-16). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.