

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA EXPERIMENTAL  
Y FISILOGIA DEL COMPORTAMIENTO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
UNIVERSIDAD DE GRANADA

TESIS DOCTORAL

EL PROBLEMA DE LA TORRE DE HANOI.  
INFLUENCIA DE LA FORMA DE PRESEN-  
TACION EN LA EJECUCION DE LOS SU-  
JETOS.

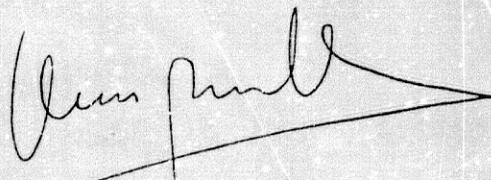
AUTORA : MA DEL CARMEN AYUSO TORRES  
DIRECTOR : DR. D. JOSE LUIS PINILLOS DIAZ

Curso Académico 1986-87

D. JOSE LUIS PINILLOS DIAZ, Catedrático de Psicología Básica de la Universidad Complutense de Madrid,

HACE CONSTAR Que la presente Tesis Doctoral, titulada "EL PROBLEMA DE LA TORRE DE HANOI : INFLUENCIA DE LA FORMA DE PRESENTACION EN LA EJECUCION DE LOS SUJETOS", ha sido realizada, bajo su dirección, por la doctoranda Dña. M<sup>a</sup> DEL CARMEN AYUSO TORRES en el Laboratorio de Psicología Básica del Departamento de Psicología Experimental y Fisiología del Comportamiento de la Universidad de Granada, y que cumple los requisitos necesarios de calidad y originalidad para su defensa.

Y para que conste, expide la presente certificación en Madrid, a veinticinco de julio de mil novecientos ochenta y siete.



Fdo. José Luis Pinillos Díaz

## AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento al Director de esta Tesis, Prof. D. José Luis Pinillos Díaz, no sólo por su ayuda y colaboración en la ejecución de la misma, sino también por la amabilidad con que me ha ayudado siempre que acudí a él a lo largo de los años que llevo dedicada a la docencia universitaria.

A todos mis compañeros de Departamento, pero sobre todo a Alberto Acosta y Pío Tudela por la infinita paciencia con que me han atendido cada vez que he les he pedido ayuda e información.

A Encarnación Ramirez y José Juan Sánchez, Becarios de Investigación del Departamento, que actuaron como jueces en la codificación de las verbalizaciones (y ellos saben lo tediosa que resultó la tarea).

A mi hermana, Mary Jose, que no sólo me ayudó a preparar la base informatizada de datos, sino que lo hizo a costa de sus vacaciones.

Y especialmente, a mi madre, por todo.

Granada, septiembre de 1987

INDICES

INDICE GENERAL

<u>CAPITULO 1. INTRODUCCION TEORICA</u>	1
1 - PROCESAMIENTO DE INFORMACION Y RESOLUCION DE PROBLEMAS .....	4
1.1 - Antecedentes .....	4
1.2 - Primera presentación de una teoría general de resolución de problemas .....	6
1.3 - Desarrollos posteriores de la teoría .....	8
1.3.1 - Características del sistema de procesamiento de información .....	9
1.3.2 - Estructura del entorno de la tarea .....	10
1.3.3 - Espacios del problema .....	11
2 - LOS PROCESOS RELACIONADOS CON "PENSAR EN VOZ ALTA" .....	14
2.1 - El modelo de procesamiento .....	15
2.2 - Variables que pueden producir efectos sobre las verbalizaciones .....	18
2.2.1 - Influencia de las instrucciones .....	18
2.2.2 - Influencia del entrenamiento y de los avisos para no dejar de hablar .....	19
2.2.3 - Diferencias individuales .....	19
3 - EL PROBLEMA DE LA TORRE DE HANOI .....	20
3.1 - Descripción y estructura del problema .....	20
3.2 - Un problema de transformación .....	27
3.3 - Construcción del espacio del problema .....	30
3.4 - Estrategias .....	39
3.5 - La conducta de resolución del problema .....	45
3.5.1 - Manipulación del grado de dificultad .....	45
3.5.2 - Aprendizaje .....	54
3.5.3 - Influencia de las verbalizaciones sobre la ejecución .....	65
4 - OBJETIVOS E HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION .....	68
4.1 - Objetivos .....	68
4.2 - Hipótesis .....	71
<u>CAPITULO 2. METODO</u>	74
1 - SUJETOS .....	75
2 - PROCEDIMIENTO .....	75
3 - DISEÑO .....	82

CAPITULO 3. RESULTADOS

	86
1 - IDENTIFICACION DE ESTADOS .....	88
2 - TRANSCRIPCION DE PROTOCOLOS .....	92
3 - NUMERO DE PASOS .....	94
3.1 - Resultados generales .....	96
3.2 - Orden y Submetas en cada Grupo .....	102
3.3 - Manipulación frente a Representación .....	103
3.4 - Secuencia en el orden de presentación .....	104
3.5 - Resumen de resultados .....	105
4 - LONGITUD DE LAS DESVIACIONES .....	107
4.1 - Resultados generales .....	112
4.2 - Orden y Submetas en cada Grupo .....	114
4.3 - Manipulación frente a Representación .....	116
4.4 - Secuencia en el orden de presentación .....	118
4.5 - Analisis especificos de algunos segmentos de ejecución .	119
4.5.1 - El primer movimiento de las submetas 5C y 4C ...	119
4.5.2 - El patrón de acercamiento a las Submetas 5C y 4C	123
4.6 - Resumen de resultados .....	126
5 - TIEMPO DE EJECUCION .....	131
5.1 - Resultados generales .....	133
5.2 - Orden y Submetas en cada grupo .....	138
5.3 - Manipulación frente a Representación .....	140
5.4 - Secuencia en el orden de presentación .....	143
5.5 - Resumen de resultados .....	145
6 - TIEMPO MEDIO POR MOVIMIENTO .....	148
6.1 - Resultados generales .....	152
6.2 - Orden y Submetas en cada Grupo .....	152
6.3 - Manipulación frente a Representación .....	156
6.4 - Secuencia en el orden de presentación .....	160
6.5 - Características temporales del "patrón de acercamiento a	
las Submetas 5C y 4C" .....	162
6.6 - Resumen de resultados .....	163
7 - NUMERO DE VERBALIZACIONES .....	169
7.1 - Resultados generales .....	173
7.2 - Orden y Submetas en cada Grupo .....	178
7.3 - Manipulación frente a Representación .....	181
7.4 - Secuencia en el orden de presentación .....	184
7.5 - Resumen de resultados .....	185
8 - TIPOS DE VERBALIZACIONES .....	188
8.1 - Resultados generales .....	191
8.2 - Manipulación frente a Representación .....	195
8.3 - Resumen de resultados .....	216

<b>CAPITULO 4. DISCUSION Y CONCLUSIONES</b>	222
1 - INFLUENCIA DE LAS SUBMETAS	223
1.1 - Número de pasos y Longitud de las Desviaciones	224
1.2 - Tiempo de ejecución y Tiempo por Movimiento	225
1.3 - Número de verbalizaciones y Tipo de verbalizaciones	226
2 - INFLUENCIA DE LA FORMA DE PRESENTACION	230
2.1 - Espacio del problema	230
2.2 - Número de Pasos y Longitud de las Desviaciones	234
2.3 - Tiempo de ejecución y Tiempo por Movimiento	236
2.4 - Número de verbalizaciones y Tipos de verbalizaciones	237
3 - INFLUENCIA DE LA REPETICION DE LA TAREA	243
3.1 - Segunda Ejecución frente a Primera Ejecución	243
3.1.1 - Número de Pasos y Longitud de las Desviaciones	244
3.1.2 - Tiempo de Ejecución y Tiempo por Movimiento	244
3.1.3 - Número de Verbalizaciones y Tipos de verbaliza..	245
3.2 - Secuencia en el orden de presentación	248
3.2.1 - ¿Qué es mejor, una secuencia fácil-difícil u otra difícil-fácil?	248
3.2.2 - ¿Qué es mejor, repetir lo mismo dos veces o hacerlo cada vez de una forma diferente?	249
4 - EL PATRON DE ACERCAMIENTO A LAS SUBMETAS 5C Y 4C	250
5 - CONCLUSIONES	250
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	258

\* \* \* \* \*

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO 1

Figura 1.1	Representación del Estado Inicial y del Estado de Meta en el problema de la Torre de Hanoi con cinco discos .	22
Figura 1.2	Representación de la secuencia óptima de movimientos en el problema de la Torre de Hanoi con cinco discos .	23
Figura 1.3	Representación del espacio de estados en el problema de la Torre de Hanoi con cinco discos .....	26
Figura 1.4	El problema de la "Ceremonia del Te" (isomorfo de la Torre de Hanoi con cinco discos) .....	32
Figura 1.5	Dos problemas de Monstruos (isomorfos de la Torre de Hanoi con tres discos) .....	36

Figura 1.6	Ejemplos de notaciones en forma de matriz de estados utilizadas por los sujetos en el experimento de SIMON y HAYES (1976) .....	38
Figura 1.7	Modelos de solución de los problemas de Movimiento y Cambio (según HAYES y SIMON, 1977) .....	48

## CAPITULO 2

Figura 2.1	Descripción del diseño experimental .....	84
------------	---	----

## CAPITULO 3

Figura 3.1	Identificación de los estados representados en la Figura 1.3 (adaptado de NILSSON, 1971) .....	90
Figura 3.2	Representación gráfica de los valores medios en Número de Pasos en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas .....	98
Figura 3.3	Representación gráfica de los valores medios en Longitud de las Desviaciones en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas .....	110
Figura 3.4	Representación de todos los "patrones de acercamiento a las Submetas 5C y 4C" .....	127
Figura 3.5	Representación gráfica de los valores medios en Tiempo de Ejecución en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas .....	135
Figura 3.6	Representación gráfica de los valores medios en Tiempo por Movimiento en función de Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas .....	150
Figura 3.7	Representación gráfica de los valores medios en Número de Verbalizaciones, en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas .....	176
Figura 3.8	Representación gráfica del número medio de verbalizaciones por sujeto en la Categoría "INSTRUCCIONES", en función de la Forma de Presentación y de las Submetas en la Primera Ejecución .....	201

## CAPITULO 4

Figura 4.1	Representación gráfica de los valores medios en número de verbalizaciones por CATEGORIA DE VERBALIZACION en función de la Forma de Presentación .....	240
------------	---	-----

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO 3

Tabla 3.1	Valores de medias y desviaciones típicas de la variable "NUMERO DE PASOS", en función del Grupo de Tratamiento, del Orden de Ejecución y de las Submetas .....	97
Tabla 3.2	Análisis de varianza de la Variable "Número de Pasos", por Grupos de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas .....	99
Tabla 3.3	Diferencias en Número de Pasos entre Submetas consecutivas .....	100
Tabla 3.4	Diferencias entre "Número de pasos reales" y "Número de Pasos Mínimo" por sujeto en función de las Submetas ...	101
Tabla 3.5	Valores de medias y desviaciones típicas de la variable "LONGITUD DE LAS DESVIACIONES" en función del Grupo de Tratamiento, del Orden de Ejecución y de las Submetas .	109
Tabla 3.6	Análisis de varianza de la variable Longitud de las Desviaciones por Grupos de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas .....	111
Tabla 3.7	Diferencias en Longitud de las Desviaciones entre Submetas consecutivas .....	113
Tabla 3.8	Frecuencias de sujetos que eligen el movimiento óptimo del disco 1 al comienzo de cada ensayo (5C) y después de alcanzar la primera submeta (4C) por Grupos de Tratamiento y Orden de Ejecución .....	120
Tabla 3.9	Distribución de los sujetos en función del número de pasos (sin desviación de la secuencia óptima) que dan inmediatamente antes de alcanzar las submetas 5C y 4C ...	125
Tabla 3.10	Valores de medias y desviaciones típicas de la variable "TIEMPO DE EJECUCION" (en segundos), en función del Grupo de Tratamiento, del Orden de Ejecución y de las Submetas.....	134
Tabla 3.11	Análisis de varianza de la variable Tiempo de Ejecución por Grupos de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas .....	136
Tabla 3.12	Diferencias en Tiempo de Ejecución entre submetas consecutivas .....	137
Tabla 3.13	Valores de medias y desviaciones típicas de la variable "TIEMPO POR MOVIMIENTO" (en segs.), en función del Grupo de Tratamiento, del Orden de Ejecución y de las Submetas .....	149

Tabla 3.14	Análisis de varianza de la variable Tiempo por Movimiento, por Grupos de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas .....	151
Tabla 3.15	Diferencias en Tiempo por Movimiento entre Submetas consecutivas .....	153
Tabla 3.16	Diferencias absolutas entre Tiempos por Movimiento <i>M</i> y <i>R</i> , por submetas y orden de ejecución .....	158
Tabla 3.17	Valores de medias y desviaciones típicas de tres clases de "Tiempo por Movimiento" en los sujetos que manifiestan el "patrón de acercamiento a las submetas 5C y 4C".	164
Tabla 3.18	Valores de "t" y niveles de significación de las diferencias de medias entre tres clases de "Tiempo por Movimiento" de los sujetos que manifiestan el "patrón de acercamiento a las Submetas 5C y 4C" .....	165
Tabla 3.19	Porcentaje de acuerdo entre los jueces en la calificación de las verbalizaciones por Grupos de Tratamiento y Orden de Ejecución .....	174
Tabla 3.20	Valores de medias y desviaciones típicas de la variable "NUMERO DE VERBALIZACIONES" en función del Grupo de Tratamiento, del Orden de Ejecución y de las Submetas ....	175
Tabla 3.21	Análisis de varianza de la variable Número de Verbalizaciones por Grupos de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas .....	177
Tabla 3.22	Diferencias en Número de Verbalizaciones entre Submetas consecutivas .....	179
Tabla 3.23	Análisis de varianza de la variable "NUMERO DE VERBALIZACIONES" por Grupos de tratamiento, orden de ejecución submetas y CATEGORIAS DE VERBALIZACION .....	193
Tabla 3.24	Diferencias de medias en la variable "CATEGORIAS DE VERBALIZACION" entre Primera y Segunda Ejecución .....	194
Tabla 3.25	Valores de medias de la variable Categorías de Verbalización en función de las Submetas, y valores de <i>F</i> de los efectos principales simples de la interacción entre ambas variables .....	196
Tabla 3.26	Valores de medias y desviaciones típicas de las distintas Categorías de Verbalización en la Primera Ejecución en función de la Forma de Presentación del Problema ...	198
Tabla 3.27	Diferencias de medias en la variable Categorías de Verbalización entre <i>M</i> y <i>R</i> en la Primera Ejecución .....	199
Tabla 3.28	Análisis de las Categorías de Verbalización en la Primera Ejecución. Niveles de significación de todos los posibles contrastes en este factor en Manipulación (a) y en Representación (b) .....	202

Tabla 3.29	Valores de medias y desviaciones típicas de las distintas Categorías de Verbalización en la Segunda Ejecución en función de la Forma de Presentación del problema ...	204
Tabla 3.30	Diferencias de medias en la variable Categorías de Verbalización entre <i>M</i> y <i>R</i> en la Segunda Ejecución .....	206
Tabla 3.31	Análisis de las Categorías de Verbalización en la Segunda Ejecución. Niveles de significación de todos los contrastes posibles en este factor en Manipulación (a) y en Representación (b) .....	207
Tabla 3.32	Valores de medias y desviaciones típicas por ejecución de las distintas Categorías de Verbalización en los Grupos que tienen la misma forma de presentación en las dos ejecuciones .....	209
Tabla 3.33	Diferencias de medias en la variable Categorías de Verbalización entre los Grupos 3 (M-M) y 4 (R-R) .....	210
Tabla 3.34	Análisis de Categorías de Verbalización combinando las dos ejecuciones del Grupo 3 (M-M). Niveles de significación de todos los contrastes posibles en este factor de Manipulación (a). Idem con las dos ejecuciones del Grupo 4 (R-R) (b) .....	211
Tabla 3.35	Valores de medias y desviaciones típicas por ejecución de las distintas Categorías de Verbalización en las ejecuciones de igual forma de presentación de los grupos 1 (M-R) y 2 (R-M) .....	213
Tabla 3.36	Diferencias de medias en la variable Categorías de Verbalización entre las ejecuciones de igual forma de presentación de los Grupos 1 (M-R) y 2 (R-M) .....	214
Tabla 3.37	Análisis de las Categorías de Verbalización en los Grupos 1 (M-R) y 2 (R-M). Niveles de significación de todos los contrastes posibles en Manipulación (a) y en Representación (b) .....	215

#### CAPITULO 4

Tabla 4.1	Número de Verbalizaciones por Movimiento en función de las Submetas .....	227
Tabla 4.2	Numero de Verbalizaciones (de cada Categoría) por Movimiento en función de las Submetas .....	229
Tabla 4.3	Número medio de Verbalizaciones por Movimiento, en función de la forma de presentación, las submetas y el orden de ejecución .....	238

\* \* \* \* \*

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I. IDENTIFICACION DE ESTADOS ..... 2

ANEXO II. PROTOCOLOS DE VERBALIZACIONES ..... 20

    Protocolo de Manipulación (1ª vez) ..... 21

    Protocolo de Manipulación (2ª vez) ..... 28

    Protocolo de Representación (1ª vez) ..... 34

    Protocolo de Representación (2ª vez) ..... 69

ANEXO III. TIPOS DE VERBALIZACIONES ..... 75

    Verbalizaciones del Experimentador ..... 76

    Verbalizaciones del Sujeto ..... 78

    Resumen de los Tipos de Verbalizaciones ..... 84

\* \* \* \* \*

CAPITULO 1

INTRODUCCION TEORICA

Quizás puedan servir como introducción al presente trabajo las palabras de MAYER (1983) :

"... el pensamiento (es) manipulación de la información percihida, aprendida y recordada... El pensamiento es, pues, un componente de la psicología experimental; aún cuando el foco principal se centra en un proceso cognitivo complejo, el pensamiento depende y es parte de procesos más simples. Debido a que es tan complejo y a que está basado en procesos cognitivos inferiores, muchos psicólogos han argumentado que debieran entenderse los procesos cognitivos más simples o inferiores antes de tratar de estudiar los procesos más complejos o elevados. Sin embargo, siempre ha habido psicólogos que han ignorado estas advertencias y que se han sentido desafiado por la posibilidad de estudiar uno de los logros supremos de la especie humana, la habilidad de pensar y de enfrentarse a aprendizajes complejos." (MAYER, 1983, pág. 8).

Y continúa, reproduciendo una cita de MANDLER y MANDLER,

"El tema ha fascinado a los psicólogos dentro y fuera del laboratorio. Lo han roído como un perro roe un hueso. Siempre estaba allí, a veces sepultado, a veces desenterrado y expuesto a la luz, nunca lo bastante hundido o digerido y nunca olvidado. Incluso los Wundts y los Hulls se prometieron a sí mismos retornar al problema antes o después, mientras aconsejaban paciencia y atención a los problemas más simples que parecían contener los principios necesarios para desvelar las complejidades del pensamiento humano. Pero cada Wundt tuvo un Buhler y cada Hull un Wertheimer -psicólogos impacientes con el enfoque programático de construir desde abajo, poco dispuestos a esperar la solución de lo simple, e impacientes por sumergirse en las complejidades y maravillas del pensamiento humano hecho y derecho (MANDLER y MANDLER, 1964, pág. 1).

En el momento actual todavía quedan por comprender plenamente muchos de esos denominados "procesos más simples", pero sigue habiendo psicólogos obsesionados por entender el pensamiento y, más en concreto, una de sus manifestaciones : la resolución de problemas. Este trabajo se puede incluir en esa línea de deseos, no siempre conseguidos, que es conocer cómo utilizan los seres humanos su capacidad cuando se enfrentan a una situación problemática, qué mecanismos ponen en juego, qué procesos elementales combinan, cómo los organizan, cómo detectan sus fracasos o errores y cómo, cuando pueden, los corrigen.

Es evidente que quienes participan de estos objetivos se enfrentan a un "problema mal estructurado" : no está claro cómo es el "estado inicial", ni cuándo se podrá considerar resuelto el problema ("meta"), ni qué "operadores" pueden y deben aplicarse. La realidad y el estado actual de conocimiento impone la "estrategia" de descomponer ese objetivo último en "submetas", dividirlo en problemas más simples; en otras palabras, empezar "desde abajo".

Muy desde abajo empieza este trabajo, pues se conforma con ser capaz de dar respuesta a sólo cuatro cuestiones concretas :

- . cómo afecta la forma de presentación de un problema a la ejecución de los sujetos enfrentados a él.
- . cómo se facilita más el aprendizaje : repitiendo la misma tarea o haciendo tareas semejantes pero no idénticas.
- . dado que la conducta de cualquier sujeto puede ser descrita desde perspectivas muy diferentes, cómo influye en la interpretación de esa conducta el aspecto seleccionado (o, dicho con otras palabras, la medida dependiente elegida).
- . qué información puede proporcionar el análisis de las verbalizaciones producidas por el sujeto mientras ejecuta la tarea y en qué medida esta información ayuda a interpretar y entender los efectos anteriores (si los hubiere).

El resto del capítulo pretende justificar los antecedentes que han llevado al planteamiento de estas cuestiones, incorporándolas a un marco de referencia concreto, que es el estudio de la resolución de problemas desde el enfoque de procesamiento de información.

## 1 - PROCESAMIENTO DE INFORMACION Y RESOLUCION DE PROBLEMAS

### 1.1 - ANTECEDENTES

El enfoque de procesamiento de información nace unido al interés en el estudio de la resolución de problemas. Allan NEWELL y Herbert SIMON, en los comienzos de los años cincuenta, ofrecieron una perspectiva en la que se veía al ser humano como un sistema de procesamiento de información, sistema que debía ser estudiado para conocer sus características y limitaciones. Pronto se vio que esta noción era aplicable a otros aspectos de la conducta distintos a la resolución de problemas y la segunda mitad de la década presenció la expansión del enfoque a áreas de la psicología especializadas y diversas, expansión que ha seguido su trayectoria hasta nuestros días. Pero evidentemente no comenzó todo en una fecha concreta; hacía ya años que existían una serie de corrientes subterráneas en áreas muy diferentes del conocimiento humano que proporcionaron esa nueva visión del hombre y, como consecuencia, esta nueva forma de estudiarlo.

NEWELL y SIMON (1972), en el último capítulo de su libro "Human Problem Solving", incluyen un apéndice en el que describen las deudas que contrajeron con científicos de muy diversos campos, entre los que incluyen la lógica formal (manipulación de símbolos, Turing y la "máquina universal"), las ciencias económicas (toma de decisiones racionales), la creencia en las matemáticas como instrumento para construir teorías sobre fenómenos

biológicos, psicológicos y sociales, y no sólo sobre ciencias físicas, etc. Todas estas corrientes transcurrieron, pues, durante un cierto tiempo de forma subterránea, ignoradas por las líneas científicas predominantes, pero salieron a la luz pública con gran fuerza después de la Segunda Guerra Mundial bajo la etiqueta de "cibernética", término acuñado por WIENER para referirse a la teoría de la información, de los sistemas de retroalimentación (feedback) y de los ordenadores electrónicos. Posteriormente el término se amplió a áreas como la teoría de juegos, economía matemática y teoría de decisión y, por último, a ciencias como la administración de empresas.

Las ciencias del hombre, y especialmente la biología, comenzaron a tomar prestadas ideas de la cibernética, como, por ejemplo, la noción de feedback; casi de inmediato se sugirió la metáfora cerebro-ordenador, suponiendo analogías entre la organización neurológica del cerebro y los circuitos del ordenador (Von Neuman), propuesta que levantó inmediatas protestas. Turing fue el primero en ver que la analogía sería más útil si se planteaba a otro nivel, si se establecían equivalencias en la forma de procesar la información y es posible que esta idea ya estuviera presente en él desde 1936. Con el desarrollo de los ordenadores digitales, éstos dejan de percibirse como manipuladores de números y pasan a ser considerados manipuladores de símbolos; el cambio de perspectiva exige la aparición de lenguajes de programación diferentes al lenguaje ensamblador, y éstos comienzan a conocerse a mediados de la década de los cincuenta.

A finales de 1954. A. Newell inicia la creación de un programa para que un ordenador digital aprenda a jugar al ajedrez; a comienzos de 1955 se asocia con Shaw y Simon, y, cambiando el objetivo, los tres combinan sus esfuerzos para crear un programa capaz de probar teoremas en lógica o geometría; los últimos días de 1955 ven la primera prueba del Teórico Lógico (Logic Theorist), que simula la prueba del Teorema 2.15 de los Principia Mathematica de WHITEHEAD y RUSSEL (1935).

En los años siguientes se amplían los lenguajes de programación, crecen las investigaciones en inteligencia artificial, se crean nuevos programas que tratan de reproducir conductas humanas; Peter HOUTS empieza a registrar las verbalizaciones de los sujetos mientras tratan de resolver

problemas, y Newell, Shaw y Simon, con la ayuda del estudio de los protocolos, inician las primeras versiones de lo que después será el "Solucionador General de Problemas" (General Problem Solver), programa de inteligencia artificial que puede resolver un amplio rango de problemas.

## 1.2 - PRIMERA PRESENTACION DE UNA TEORIA GENERAL DE RESOLUCION DE PROBLEMAS

---

En 1958 se publicó "Elements of a theory of human problem-solving" (NEWELL, SHAW y SIMON, 1958). El trabajo ofrecía información sobre los resultados de dos años de actividad tratando de programar un ordenador digital para que pudiera resolver problemas que presentaban una cierta dificultad para los seres humanos; era, a su vez, la primera exposición explícita y deliberada de la posición ahora conocida como "psicología del procesamiento de información" (aunque, de hecho, esa frase exacta no aparecía en la publicación) (NEWELL y SIMON, 1972). El objetivo del trabajo era presentar una teoría de resolución de problemas que predijera la ejecución de un sujeto cuando tiene que manejar tareas concretas, que explicara cómo se produce la solución, qué procesos se utilizan y qué mecanismos ejecutan esos procesos; también debiera ser capaz de predecir los fenómenos incidentales (como la predisposición o set, el insight, etc.) y las relaciones entre ellos y los procesos de solución. Estas cuestiones pueden enfocarse desde distintas perspectivas o con diversos niveles de abstracción; ellos eligieron hablar de procesos de información: si el organismo puede ser concebido como un conjunto de receptores y efectores y un sistema de control que los enlaza, su teoría sería una teoría del sistema de control.

Los postulados iniciales del sistema eran:

- el sistema contiene algunas *memorias* que almacenan la información simbolizada y que están interconectadas por relaciones de variado tipo.

existen varios *procesos primitivos de información* que trabajan sobre la información almacenada en las memorias.

igualmente se postulaba la existencia de un conjunto de reglas perfectamente definidas que combinan los procesos, constituyendo *programas* de procesamiento.

A partir de estos postulados consideraban que se da una "explicación de una conducta observada en un organismo cuando se proporciona un programa de procesos primitivos de información que generan esa conducta" (NEWELL, SHAW y SIMON, 1958, pág. 151). Este programa es, pues, una teoría de una conducta muy específica, por lo que cambiará la teoría si cambia la tarea. Esta especificidad no limitaba la utilidad de la teoría porque permitía hacer predicciones muy detalladas que podían ser puestas a prueba, y también era útil para demostrar que hay similitudes cualitativas entre los programas que un organismo utiliza en varias situaciones, así como entre los programas utilizados por varios organismos en una situación dada; sólo se podrá hablar de teoría en la medida en que existan (y se demuestren) tales similitudes.

Por último, en esta primera publicación, se presentan no sólo los fundamentos teóricos del enfoque de procesamiento de información, sino también la estrategia que va a guiar sus pasos en los años siguientes :

- . descripciones minuciosas de conductas asociadas a tareas concretas (aunque se ampliará el rango de tareas).
- . las descripciones se asocian a procesos elementales de información.
- . los procesos se articulan mediante programas.
- . se comprueba si el programa es el "procedimiento efectivo" de Turing ejecutándolo en un ordenador y comparando la salida de máquina con la conducta de sujetos enfrentados a la misma tarea.
- . se buscan regularidades entre distintos programas.

### 1.3 - DESARROLLOS POSTERIORES DE LA TEORIA

Doce años más tarde hacen una especie de balance de los resultados obtenidos a partir de las ideas propuestas en el 58 (SIMON y NEWELL, 1971); este resumen lo amplían con la publicación de "Human Problem-Solving" (NEWELL y SIMON, 1972), donde ofrecen una descripción minuciosa de los trabajos realizados a lo largo de esos años y de los conceptos incorporados a la teoría (en lo que sigue utilizaremos indistintamente las dos fuentes de información, 1971 y 1972). Sus conclusiones acerca de la conducta de los seres humanos cuando resuelven distintos tipos de problemas pueden representarse en cinco proposiciones muy generales :

1. Los seres humanos, cuando se ocupan en resolver problemas... pueden ser representados como sistemas de procesamiento de información.
2. Esta representación puede hacerse con gran detalle y fidelidad para cualquier ejemplo específico de tarea y de persona.
3. Existen diferencias sustanciales entre los programas de los individuos, diferencias que no son sólo variaciones paramétricas, sino que suponen diferencias en estructura del programa, contenido y método.
4. Existen diferencias sustanciales entre los programas para distintas tareas, que tampoco son sólo variaciones paramétricas, sino que suponen diferencias en estructura y contenido.
5. El entorno de la tarea (task environment), junto con la inteligencia del individuo, determina en gran medida la conducta, independientemente de la estructura interna del sistema de procesamiento de información.

Ante esta fuerte defensa de lo particular, la primera pregunta que cabe hacerse es si es posible construir una teoría, si es posible hacer generalizaciones. La respuesta de los autores es afirmativa : su trabajo les permite ofrecer una teoría de resolución de problemas en seres humanos que bascula en torno a tres componentes fundamentales :

la teoría supone la existencia de un *sistema de procesamiento de información* el ser humano que resuelve el problema, enfrentado a una tarea.

La tarea se define objetivamente (o se define desde la perspectiva del experimentador) mediante el *entorno de la tarea* (*task environment*).

A su vez, esta tarea es definida y representada mentalmente por el sujeto que trata de resolverla, mediante el *espacio del problema* (*problem space*), espacio en el que se desenvuelve.

Estos componentes se relacionan con las cuatro proposiciones fundamentales que configuran la teoría (SIMON y NEWELL, 1971; NEWELL y SIMON, 1972; SIMON, 1978) :

1. Unas pocas, y sólo unas pocas, características del sistema de procesamiento de información permanecen invariables, al margen de la tarea y del sujeto que se enfrenta a ella .
2. Estas características son suficientes para determinar que el entorno de tarea se representa (en el sistema de procesamiento de información) como un espacio del problema, y que la solución se produce en ese espacio.
3. La estructura del entorno de la tarea determina las estructuras posibles del espacio del problema.
4. La estructura del espacio del problema determina los programas que pueden usarse en la solución del problema.

### 1.3.1 - Características del sistema de procesamiento de información

El sistema de procesamiento de información (SPI) trabaja serialmente, ejecutando un proceso cada vez; la ejecución de estos procesos elementales tarda decenas o centenas de milisegundos. Los ingresos y salidas de estos procesos se mantienen en una pequeña MCP con capacidad para unos pocos símbolos o *chunks* (7 según Newell y Simon, 1972; 4, según Simon, 1979). El sistema tiene acceso a una infinita MLP, pero el tiempo necesario

para almacenar un símbolo en esta memoria es del orden de segundos o decenas de segundos.

Todas estas propiedades imponen fuertes restricciones a la forma en que el sistema puede buscar soluciones a problemas con espacios grandes. Las afirmaciones anteriores pueden mantenerse después de observar la evidencia experimental acumulada. No se pueden especificar más propiedades porque el sistema es adaptativo y reacciona de formas diferentes dependiendo del entorno de la tarea al que tenga que enfrentarse.

### 1.3.2 - Estructura del entorno de la tarea

Se acaba de decir que el estudio de la conducta humana revela poco sobre las características del SPI, pero sin embargo revela mucho acerca de la estructura de los entornos o ambientes de la tarea. En gran cantidad de problemas se observa que distintos sujetos alcanzan la solución a través de una secuencia común de movimientos, o bien que, como en el problema de criptoaritmética de DONALD + GERALD = ROBERT (utilizado inicialmente por BARTLETT en 1958), van asignando valores a cada letra en una secuencia casi idéntica. Esto es debido a que la estructura de la tarea admite la utilización de una neurística que consiste en trabajar primero aquellas columnas que posibilitan menor número de combinaciones.

Cuando el experimentador describe el entorno de la tarea, suele incorporar su conocimiento sobre estas características, de forma que podemos afirmar que no existe una descripción objetiva, sino que está mediada por la información manejada por el experimentador; ello no es obstáculo para que existan grandes coincidencias en las descripciones de una misma tarea hechas por distintos experimentadores.

### 1.3.3 - Espacios del problema

Cuando un sujeto se enfrenta con un problema, lo primero que hace es representar ese problema en su memoria. Su representación no tiene por qué coincidir con la estructura del entorno de la tarea (el conocimiento exhaustivo del observador que lo ve "desde fuera"), es más, no suele coincidir casi nunca, pero dado que el sistema es adaptativo, siempre debe existir una relación entre los dos componentes.

El que un problema resulte más o menos fácil puede depender de cómo se representen las características críticas del entorno de la tarea en el espacio del problema. Los autores señalan que uno de los objetivos a conseguir de inmediato debiera ser analizar cómo se generan los espacios del problema. En las primeras investigaciones solían utilizar sujetos que tenían mayor o menor familiaridad con la tarea (por ejemplo, estudios con ajedrez o lógica), o bien sujetos novicios a los que se les daban las instrucciones, se les permitía practicar con el material y sólo después que demostraban haber entendido la tarea, comenzaban a registrar sus verbalizaciones. En otras palabras : cuando se iniciaban los registros, los sujetos ya habían construido su espacio del problema. A pesar de estas lagunas en el conocimiento empírico, NEWELL y SIMON (1971) anticipan una serie de fuentes de información que probablemente se utilizan en la construcción del espacio :

1. Las instrucciones, que describen los elementos y que pueden proporcionar algún tipo de memoria externa.
2. La experiencia previa con la misma tarea.
3. Experiencia previa con tareas análogas o con componentes de la tarea total.
4. Programas almacenados en la memoria a largo plazo que se aplican a un rango más o menos amplio de tareas (p.e. programas medios-fines).

5. Programas almacenados en la MLP que combinan las instrucciones de la tarea con otras informaciones en la memoria, colaborando en la construcción de nuevos espacios y nuevos programas.
6. Información acumulada mientras se resuelve el problema.

En el momento en que hacen su propuesta (1971), hay evidencias más o menos precisas de las cuatro primeras fuentes; las dos últimas se incluyen porque el sentido común les dice que tienen que jugar un papel, pero no tienen evidencia directa de su uso.

Por todo lo comentado hasta el momento, resulta evidente que el espacio del problema no es algo cerrado y acabado, es una representación que puede variar a medida que el sujeto introduce nueva información en él.

Se suele concebir el espacio del problema como un conjunto de nodos, de tal forma que cada nodo se identifica con un estado de conocimiento (lo que el sujeto sabe sobre el problema en un momento determinado; el término "sabe" se utiliza aquí para indicar que el sistema puede disponer de esa información de forma casi inmediata). Cuando un sujeto comienza a enfrentarse con un problema, después de haber hecho unos cuantos movimientos, lo único que conoce es la posición de los elementos en el estado actual, la posición inicial y la de meta; sólo a medida que va familiarizándose con la tarea va siendo capaz de almacenar más información en su MLP.

"La búsqueda de la solución es una odisea a través del espacio del problema, de un estado de conocimiento a otro, hasta que un estado de conocimiento incluye la solución del problema" (SIMON, 1978, pág. 276). El tamaño del espacio no es importante porque, al tratarse de un sistema de procesamiento serial, el sujeto, como ya hemos visto, no utiliza simultáneamente toda la información, se desplaza ignorando gran parte de ella.

Estos desplazamientos no son aleatorios, al menos no lo son en la mayor parte de las ocasiones. Los espacios del problema no difieren sólo en tamaño, también difieren en estructura, que es la antítesis del azar. Esta

estructura proporciona redundancias e información que puede ser utilizada para predecir las propiedades de partes del espacio que todavía no se han visitado a partir de las propiedades de las que ya se han investigado. La búsqueda selectiva se basa en esta predictibilidad. Una vez que el sujeto ha alcanzado un nodo o estado de conocimiento determinado se enfrenta con la necesidad de elegir la dirección que va a tomar. Cada elección puede depender de alguna de las siguientes decisiones :

1. A partir de cualquier estado de conocimiento o nodo, hay que seleccionar el *operador* que debe aplicarse.
2. Hay que determinar si se podrá o no se podrá resolver el problema a partir de él.
3. Hay que determinar si dicho estado deberá recordarse, de forma que pueda volverse a él posteriormente.
4. Si se decide abandonar un estado de conocimiento (porque no parece conveniente continuar la búsqueda a partir de él) hay que seleccionar otro como estado al que hay que retroceder.

Las dos últimas decisiones son complejas de aplicar por las limitaciones de memoria (MCP) del sistema; no obstante, cuando se tiene acceso a una fuente de memoria externa (anotaciones en una hoja, por ejemplo) se observa cómo los sujetos acuden con frecuencia a comprobar estados anteriores que parecían más prometedores que el estado actual. Teniendo en cuenta que en la mayor parte de los experimentos se limita el uso de apoyos externos de memoria, en la práctica la decisión fundamental suele ser la elección de un operador a partir de un estado de conocimiento (primera decisión). El sujeto suele tener disponible más de un operador simultáneamente, lo que le obliga a hacer continuas evaluaciones; el tipo más importante de evaluación entre los seres humanos consiste en ordenar los operadores de cada nodo en función de lo prometedores que resulten como medios para continuar a partir del nodo en cuestión. Una forma de extraer información que se pueda usar como criterio de evaluación es comparar el nodo actual con las características del que se desea alcanzar y extraer las diferencias a partir de esta comparación; son estas diferencias las que sirven como criterio para seleccionar un operador : si aplicándolo se alcanza un nodo que

difiere menos de la meta que el actual, se progresa. Este sistema de búsqueda es una heurística que halla diferencias entre situaciones actuales y deseadas, que encuentra un operador relevante a cada diferencia y que lo aplica para reducir la diferencia : es el *análisis medios-fines*. La estrategia se ha incorporado a numerosos programas de simulación e inteligencia artificial, y ha demostrado ser una de las heurísticas más potentes aunque, evidentemente, no la única. La combinación de las heurísticas, junto con las características del problema y las de los sujetos, generan las "*estrategias*".

Los componentes descritos en los párrafos precedentes son las únicas invariantes que permanecen con independencia de los sujetos observados o de la tarea realizada. Cualquier afirmación que se haga, en principio, aparte de lo ya comentado, estará en función de características específicas. Por ello, la mayor parte de la exposición que sigue se centrará en un problema concreto, el denominado "TORRE DE HANOI" que es el utilizado en este trabajo, aunque previamente se hará una breve referencia al uso de las verbalizaciones producidas por los sujetos.

## 2 - LOS PROCESOS RELACIONADOS CON "PENSAR EN VOZ ALTA"

---

Distintos investigadores (BULROOK, 1932; CLAPAREDE, 1934; DUNCKER, 1926; SMOKE, 1932 y WATSON, 1920) empezaron de forma más o menos independiente a pedir a los sujetos que "*pensaran en voz alta*" (*think aloud*) o que "*hablaran en voz alta*" (*talk aloud*) mientras resolvían problemas o realizaban algún otro tipo de tareas. La técnica ha sido utilizada desde entonces muy ampliamente, y también ha sido ampliamente criticada. Sería excesivo reproducir aquí las razones que apoyan o rechazan, según los distintos autores, la aplicación del método, pero la polémica puede considerarse bien reproducida en los trabajos de NISBETT y WILSON (1957) y ERICSSON y SIMON (1980, 1984).

Lo cierto es que en el campo de resolución de problemas desde el enfoque de procesamiento de información se utiliza con más o menos entusiasmo, pero no es rechazada de forma abierta por nadie. Como SIMON (1978) apunta, los experimentos de resolución de problemas son diferentes, en muchos casos al menos, a otra clase de investigaciones: desde que se presenta el estímulo (instrucciones) hasta que se da la respuesta final (solución) transcurre un intervalo de tiempo que puede ser muy breve pero que también, con mucha frecuencia, puede prolongarse durante minutos e, incluso, durante una hora o más; ese intervalo temporal es utilizado por el sujeto en la producción de distintas actividades de procesamiento que pueden conformarse en secuencias muy largas de procesos elementales. La única evidencia, aunque indirecta, accesible sobre la naturaleza y la organización de esos procesos es la información verbal proporcionada por el sujeto mientras está haciendo la tarea o el registro de los movimientos oculares (que no se comentará por no guardar relación con el trabajo que aquí se presenta). El que la evidencia sea accesible no implica necesariamente que sea válida, lo que lleva necesariamente a proponer criterios de clasificación y evaluación de los registros obtenidos.

Tanto en el artículo de 1980 como en el libro de 1984, ERICSSON y SIMON analizan las características de las distintas clases de verbalizaciones y proponen un modelo de procesamiento que permite su interpretación. En los puntos que siguen sólo se hará un breve resumen del modelo y se introducirán aspectos puntuales que pueden ser de interés especial por la relación que tienen con algunas de las manipulaciones experimentales utilizadas en la parte empírica de este trabajo.

## 2.1 - EL MODELO DE PROCESAMIENTO

Las instrucciones de pensar en voz alta generan verbalizaciones que (cuando están producidas en condiciones determinadas) permiten inferir los procesos y razonamientos que el sujeto está produciendo realmente mientras trata de encontrar la solución. Pero este objetivo no se consigue a

través de cualquier tipo de verbalización, pues éstas necesitan ser interpretadas mediante la aplicación de una serie de métodos que no son teóricamente neutrales, sino que se basan en un conjunto de supuestos (algunos de ellos comunes al modelo general de procesamiento de información) :

1. La cognición humana es procesamiento de información : los procesos cognitivos pueden verse como una secuencia de estados internos transformados mediante series de procesos de información.
2. La información se almacena en distintas memorias que poseen capacidad y características de acceso a ellas diferentes : varios almacenes sensoriales (de muy corta duración), una MCP con capacidad limitada y duración intermedia, y una MLP con gran capacidad y almacenamiento relativamente permanente, pero con fijación y tiempos de acceso lentos en comparación con las otras memorias. Se supone que la información recientemente adquirida (atendida o focalizada) por el procesador central se guarda en la MCP y está directamente disponible para su posterior procesamiento (p.e., producción de informes verbales), mientras que la información contenida en la MLP debe ser recuperada (transferida a la MCP) antes de que pueda ser utilizada para informe verbal. Este diseño general es compatible con cualquier clase de hipótesis específica que se haya podido proponer con respecto a aspectos más puntuales de los mecanismos implicados. Lo importante es que, debido a la capacidad limitada de la MCP, sólo la información atendida recientemente es accesible de manera directa. Sin embargo, parte de los contenidos de la MCP, antes de perderse, se fijan en la MLP y esta parte, a veces, puede recuperarse en momentos posteriores.
3. Igualmente se asume que cualquier verbalización o informe verbal de un proceso cognitivo debe estar basado en un subconjunto de la información contenida en estas memorias.
5. El modelo permite clasificar las verbalizaciones por medio de dos dimensiones : el momento en que se produce la verbalización (concurrente o retroactiva) y el procedimiento para elicitarla (articulación directa o explicación de la información almacenada, frente a la utiliza-

ción de esa misma información como entrada hacia procesos intermedios, tales como la abstracción e inferencia, siendo el resultado de ese procesamiento intermedio lo que se verbaliza.

Cuando la verbalización es concurrente (se produce en el momento en que se está resolviendo la tarea), pueden añadirse otros cinco supuestos:

1. La información vocalizada es una codificación verbal de la información que está en la MCP.
2. El proceso de verbalización se inicia en cuanto el pensamiento se focaliza.
3. Las verbalizaciones son codificaciones directas del pensamiento atendido y reflejan su estructura.
4. Las unidades de articulación se corresponderán con estructuras cognitivas integradas.
5. Las pausas y las dudas serán buenos predictores de cambios en el procesamiento de las estructuras cognitivas.

Por último, dependiendo de cuánto procesamiento exija la información para ser verbalizada, se producirán tres tipos de verbalizaciones caracterizados cada uno por el nivel de abstracción que exige su génesis: (a) en ocasiones se puede pedir la simple vocalización de codificaciones verbales encubiertas, su producción no exige esfuerzo cognitivo adicional pero, dependiendo de que el sujeto se dirija a sí mismo o intente comunicarse con otra persona, pueden producirse verbalizaciones más o menos idiomáticas y peculiares; (b) hay un segundo tipo de verbalizaciones que pueden ser concebidas como descripciones o, mejor dicho, como explicaciones de los contenidos del pensamiento actual (no introducen nueva información en el foco atencional); (c) un tercer tipo requiere que el sujeto explique sus procesos de pensamiento, incluyendo en ocasiones hipótesis acerca de sus motivos; no se trata, pues, sólo de codificar verbalmente información presente en la MCP, sino que exige su interpretación; en este último tipo, si el sujeto no está atendiendo por su propia iniciativa esos procesos, se verá forzado a

hacer inferencias o dirigirá su atención hacia dichos procedimientos, cambiando así la estructura de los procesos de pensamiento.

El que las verbalizaciones correspondan a uno u otro de los tres bloques anteriores puede estar inducido por las instrucciones o por las manipulaciones experimentales en sentido amplio, pero no es este el único aspecto que hay que tener en cuenta cuando se interpretan. También las características de la tarea pueden incidir en el número y tipo de verbalizaciones producidas.

## 2.2 - VARIABLES QUE PUEDEN PRODUCIR EFECTOS SOBRE LAS VERBALIZACIONES

---

### 2.2.1 - Influencia de las instrucciones

La forma exacta de enunciar las instrucciones puede influir sobre las verbalizaciones. La parte principal de todas suele ser muy breve, haciendo referencia a un procedimiento que se supone familiar para el sujeto: "trate de pensar en voz alta", o "piense y razone en voz alta", o "diga cualquier cosa que se le pase por la cabeza mientras trabaja", etc. Es importante hacer notar que el último tipo de instrucción, si es seguida realmente por el sujeto, puede suponer un tipo de procesamiento diferente, pues se pueden "pasar por la cabeza" contenidos no codificados verbalmente, lo que implica una recodificación para permitir su expresión; por otra parte, es frecuente que funcione un sistema censor que lleve al sujeto a no manifestar los pensamientos que puedan hacerle quedar como poco inteligente e instrucciones como la arriba mencionada, pueden incluir una inducción a eliminar ese sistema censor. También, como se verá posteriormente, las instrucciones pueden intentar influir en los "contenidos" del pensamiento, pidiendo información sobre las causas o los fines de determinadas acciones. Por último, el que se solicite información sobre lo que se percibe, produce igualmente una codificación añadida.

### 2.2.2 - Influencia del entrenamiento y de los avisos para no dejar de hablar.

---

En algunos casos, antes de comenzar la prueba de interés, se facilita al sujeto alguna otra tarea para que adquiriera una cierta práctica en trabajar y hablar simultáneamente; no es realmente necesario pues, salvo en casos muy poco frecuentes, casi todos los sujetos tardan pocos minutos en acostumbrarse a esa situación experimental, y los intercambios verbales asociados a las instrucciones surgen espontáneamente y ayudan a romper el hielo y la falta de familiaridad con el entorno.

El experimentador suele estar presente, aunque en la actualidad el registro se hace mediante cintas magnetofónicas y la tarea de aquél es comprobar que se cumplen las instrucciones más que registrar la conducta verbal del sujeto. No obstante, puede intervenir pidiendo que diga lo que piensa cuando lleva algún tiempo sin hablar, o pidiendo alguna aclaración cuando no se entiende lo que está diciendo, o dirigiendo el contenido hacia los aspectos que le interesa estudiar. También es posible anular la presencia del experimentador, utilizando dispositivos controlados electromecánicamente o a distancia (un pitido, p.e.) que recuerdan al sujeto la necesidad de seguir verbalizando.

Es necesario saber cuál de las anteriores circunstancias se han producido para poder interpretar adecuadamente los registros.

### 2.2.3 - Diferencias individuales

Algunos investigadores han detectado diferencias notables en la espontaneidad y riqueza de los protocolos y han sugerido que pueden estar asociadas a la facilidad con que los sujetos transforman información codificada en forma de oral en habla externa; también han aparecido diferencias en los patrones generales: hay sujetos que demuestran una gran fluencia y otros que transmiten información casi telegráfica; se supone que algunas personas pueden utilizar un código imaginativo-visual y otras un código más

verbal, lo que supondría una codificación adicional para las primeras si tienen que traducir su forma de representación a expresiones verbales.

Se han hecho pocas investigaciones sobre la influencia que estas diferencias individuales pueden tener en el resultado final, pero las que se han hecho no parecen ofrecer resultados muy llamativos, por lo que no es un aspecto que se controle con frecuencia.

Hay un último tipo de efectos que pueden ser de interés para este trabajo, pero que se recogerán en el apartado correspondiente a la influencia de las instrucciones para verbalizar en la Torre de Hanoi: se trata de la clase de procesamiento que exigen las tareas perceptivo-motoras.

### 3 - EL PROBLEMA DE LA TORRE DE HANOI

#### 3.1 - DESCRIPCION Y ESTRUCTURA DEL PROBLEMA

La Torre de Hanoi es un problema que viene utilizándose en la investigación psicológica desde hace bastantes años. COOK (1937) menciona un trabajo de PETERSON<sup>(1)</sup> de 1931 en el que ya se utilizó, y GAGNÉ y SMITH (1962) que comentan los resultados obtenidos por EWERT y LAMBERT (1932). Aunque su "paternidad" sea dudosa, lo cierto es que, dadas sus características, resulta útil para observar multitud de aspectos de la conducta de los seres humanos.

En su versión estandar, la Torre de Hanoi es un problema "bien

---

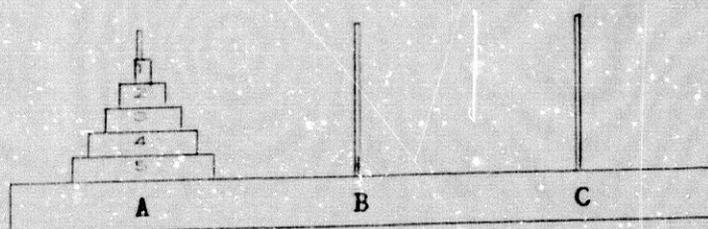
(1) Peterson, J, en C. MURCHISON, Ed. A handbook of child psychology. Clark University Press, 1931, pp. 367-370

definido". Los elementos físicos que lo componen son una serie de " $n$ " discos numerados (siendo el 1 el más pequeño), y graduados en función de su tamaño, y tres postes, denominados "A", "B" y "C". En el estado inicial, los  $n$  discos están colocados en el poste A por orden de tamaño, con el disco mayor en la base y el menor en la parte superior. La meta del problema es colocar todos los discos en C, debiendo quedar en la misma posición del estado inicial. Las reglas u operaciones permitidas son que sólo se puede mover un disco cada vez (y dado que están ensartados, sólo el que está encima de un montón) y que no puede colocarse un disco mayor encima de otro más pequeño; los sujetos deben intentar llegar a la meta en el menor número de movimientos. En las figuras 1.1a y 1.1b pueden verse el estado inicial y el de meta para un problema con cinco discos.

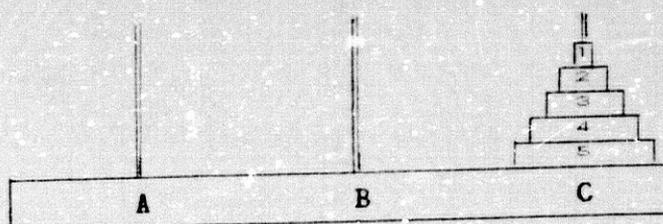
La resolución no exige ninguna experiencia previa con la tarea, aunque la repetición de la misma facilita algún tipo de aprendizaje. Se puede manipular el grado de dificultad aumentando o disminuyendo el número de discos; con dos no es un problema, con tres resulta muy fácil para los sujetos adultos, pero con cuatro, cinco o seis discos es bastante duro para casi todo el mundo.

El número mínimo de pasos para alcanzar la solución es igual a  $2^n - 1$ , donde  $n$  es el número de discos. Dado que en este trabajo se utiliza una torre de 5 discos, de ahora en adelante, salvo especificación en contrario, hablaremos de este tamaño. El número mínimo de pasos con cinco discos es, pues, 31, y se representan en la figura 1.2.

NILSSON (1971) ha definido la *representación del espacio de estados* (state space representation) como un conjunto de configuraciones o situaciones distinguibles de un problema, junto con el conjunto de movimientos o pasos permitidos para pasar de una situación a otra. Ello significa que la representación del espacio de estados consiste en el estado inicial junto con los otros estados que podrían alcanzarse desde el inicial mediante la aplicación de sucesivos movimientos legales. Uno o más de estos estados sucesivos puede ser el estado de meta. Nilsson ofrece una gráfica (al parecer sugerida personalmente por J. McCarthy) que representa el espacio de los estados del problema de la Torre de Hanoi para tres discos, representación

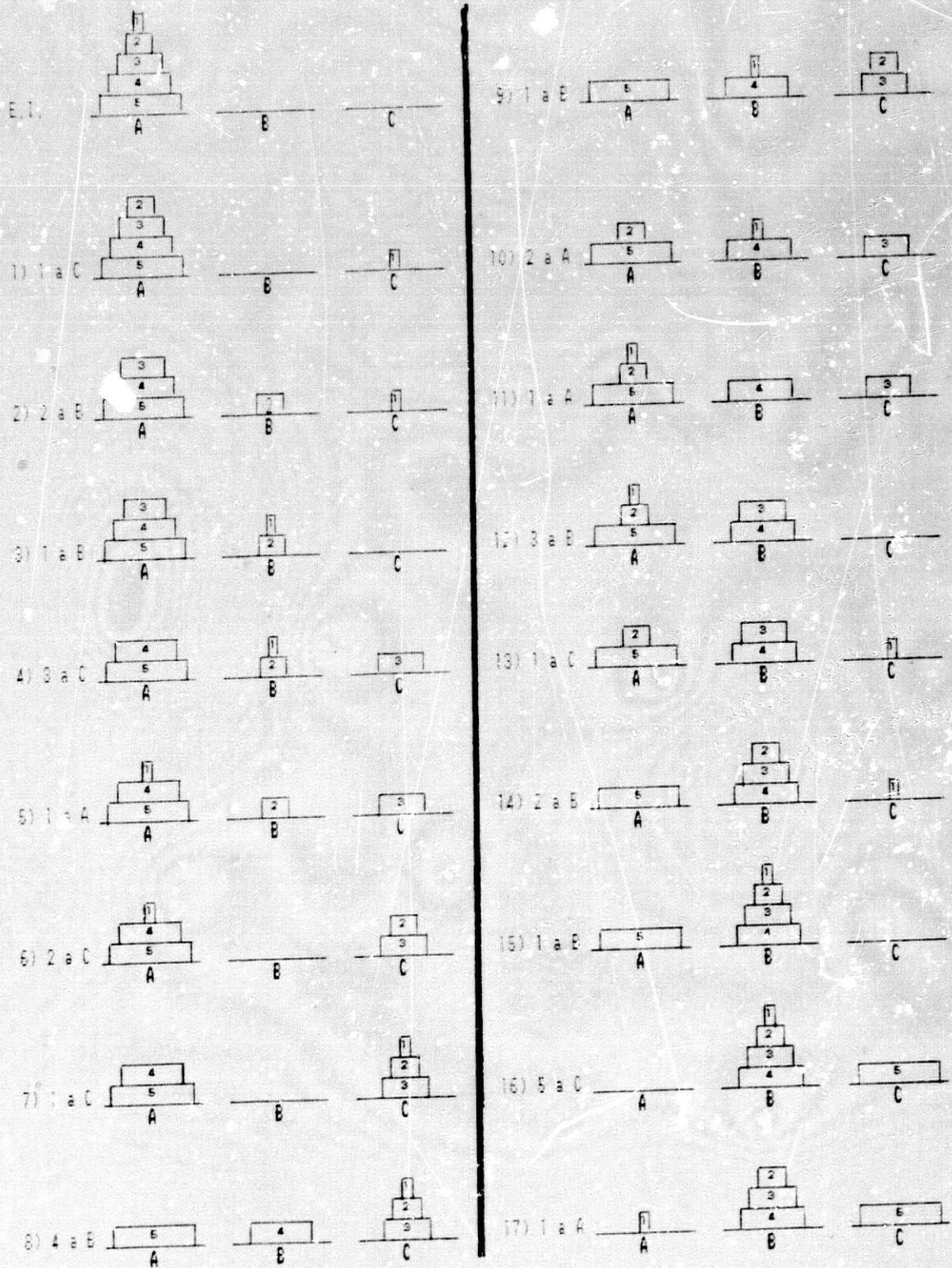


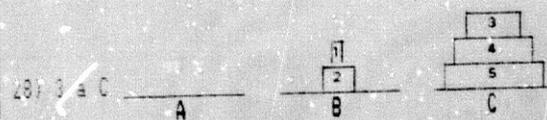
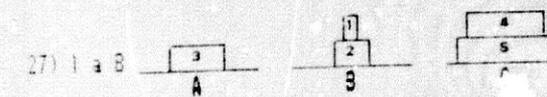
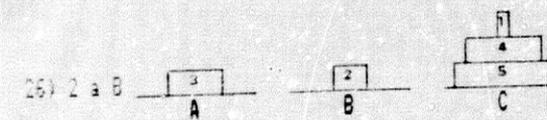
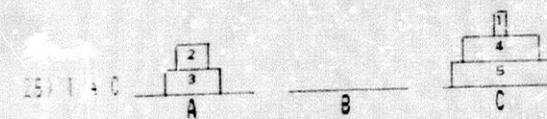
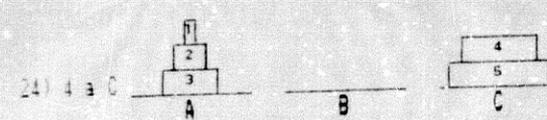
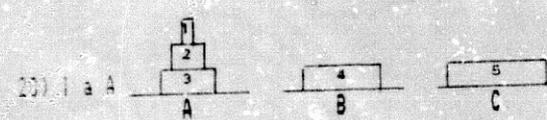
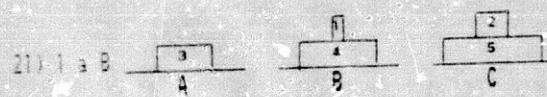
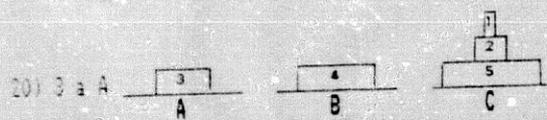
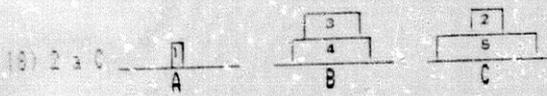
**FIGURA 1.1a** : Representación del Estado Inicial en el Problema de la Torre de Hanoi con cinco discos



**FIGURA 1.1b** : Representación del Estado de Meta en el problema de la Torre de Hanoi con cinco discos.

FIGURA 1.2 : Representación de la secuencia óptima de movimientos en el problema de la Torre de Hanoi con cinco discos.





que ha hecho la suficiente fortuna como para ser reproducida en numerosas ocasiones (LUGER, 1976; KLAHR y ROBINSON, 1981; POLSON y JEFFRIES, 1982; KARAT, 1982; CARD, MORAN y NEWELL, 1983, etc.). En ella los nodos son los estados y los operadores son las líneas entre nodos. En la figura 1.3 se reproduce la gráfica adaptada para el problema con cinco discos; está compuesta por 243 estados o nodos, representado cada uno de ellos por un rectángulo. Los dígitos de la izquierda indican los discos ubicados en A; los del centro los que hay en B en cada momento y los de la derecha los discos colocados en C. No se incluyen los movimientos u operadores por razones de espacio. Cada dos nodos consecutivos están unidos por un operador legal. En la figura 1.1 estaban ampliados los estados y operadores de la arista derecha, que son el camino óptimo; el lado izquierdo se iniciaría con el traslado del disco 1 al poste B; seguiría con el 2 a C, etc...

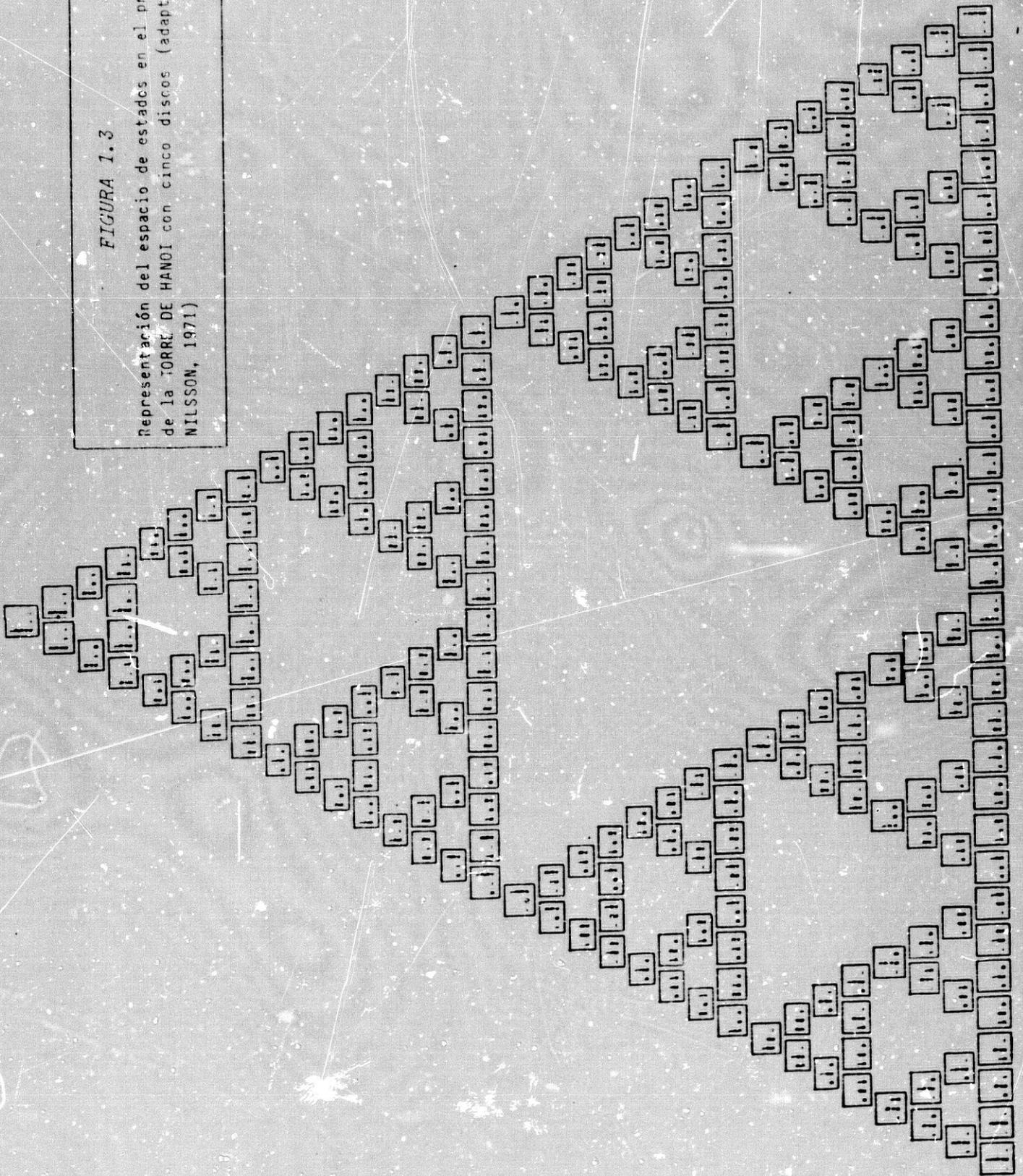
A partir de cada estado el sujeto siempre puede o debe elegir entre tres movimientos : el disco 1 (el más pequeño) puede transferirse a cualquiera de los dos postes en los que no está, y el disco menor de los que están en un poste distinto al ocupado por el 1 también puede cambiarse al otro poste. La única excepción a esta regla son los estados en los que todos los discos están apilados en un mismo poste; en este caso sólo hay dos movimientos posibles, y los dos consisten en transferir el disco menor que es el que está en parte superior del montón (esta última situación se corresponde con los estados que ocupan los vértices de la gráfica).

La simple observación de la representación de los estados del problema hace ver que si el sujeto se enfrenta a la tarea sin ningún plan o estrategia, puede estar "vagando" por el espacio de forma indefinida, introduciéndose en bucles que le impedirían alcanzar el estado de meta. Sin embargo, la mayor parte de los adultos normales son capaces de resolverlo, lo que indica que utilizan algún tipo de estrategia.

Pero antes de considerar estrategias específicas al problema de la Torre de Hanoi, conviene comentar brevemente algunas estrategias más generales.

FIGURA 1.3

Representación del espacio de estados en el problema de la TORRE DE HANOI con cinco discos (adaptado de NILSSON, 1971)



### 3.2 - UN PROBLEMA DE TRANSFORMACION

Las investigaciones realizadas en el campo de la resolución de problemas no se han caracterizado por su abundancia en generalizaciones. La minuciosidad y el detalle de las investigaciones iniciales hacían que las descripciones de conductas individuales en tareas específicas fueran muy precisas, pero no se hacían extrapolaciones de los resultados obtenidos dado que se suponía que las únicas invariantes eran las tres mencionadas anteriormente; a pesar de esta tendencia general ha habido autores que han intentado proponer un marco de referencia que permitiera ampliar las conclusiones de los experimentos individuales; uno de los intentos más afortunados en este sentido (al menos su trabajo es de los más citados) ha sido el de GREENO (1978). Su propuesta se basa en una revisión de la bibliografía sobre el tema, organizada en función de ciertos criterios de similitud, que le llevan a ofrecer una tipología de problemas asociada a la descripción de las habilidades involucradas en su resolución.

No se propone la existencia de una habilidad general para resolver todos los problemas, ni tampoco que cada uno exija habilidades específicas. Los agrupa en tres categorías fundamentales y otras mixtas; las tres categorías principales, brevemente descritas son :

• **Problemas que exigen inducir una estructura** : en ellos se dan algunos elementos, y la tarea principal es identificar el patrón de relaciones que hay entre ellos. Ejemplos de este tipo serían los de analogías o los de series de letras o números. La principal habilidad implicada sería el **entendimiento**.

• **Problemas de ordenación** : se presentan varios elementos y se pide al sujeto que los ordene de forma que satisfagan algún criterio previamente especificado. Como ejemplo pueden servir los anagramas y la habilidad que se pone en juego sería la **composición** o el proceso de **búsqueda constructiva**.

*Problemas de transformación* : hay una situación inicial, una meta y un conjunto de operaciones permitidas que producen cambios en la situación. La tarea del sujeto es encontrar la secuencia de operaciones que transformen la situación inicial en la de meta. La habilidad puesta en juego es la *planificación*. Dado que el problema de la Torre de Hanoi pertenece a esta categoría, se analizarán con más detalle sus características.

Por la descripción anterior, es evidente que, en cada paso del problema, la tarea del sujeto consiste en seleccionar una entre las operaciones u operadores permitidos. Una forma de hacer esta selección sería aplicar todos los operadores legales para generar todos los estados sucesivos y elegir uno de ellos como nuevo punto de partida para seguir progresando en el problema. Sin embargo, la mayor parte de los espacios son bastante grandes, y la capacidad de memoria operativa está fuertemente limitada. Como las personas son incapaces de mantener viva esta información, emplean varias *estrategias* para guiar su búsqueda. En la teoría de Simon, la selección y evaluación de los operadores se describe mediante los denominados *procesos heurísticos de búsqueda*.

Una *heurística* es "un atajo (a rule of thumb), una estrategia, un truco, una simplificación o cualquier otra clase de mecanismo que limita drásticamente la búsqueda de soluciones en espacios de problema grandes. La heurística no garantiza la solución óptima; de hecho no garantiza ninguna solución; todo lo que puede decirse de una heurística útil es que ofrece soluciones que son lo suficientemente buenas en la mayor parte de las ocasiones" (FEIGENBAUM y FELDMAN, 1963, pág. 6).

Entre las estrategias más útiles se encuentra el "*análisis medios-fines*", descrito e incorporado al General Problem Solver o GPS (NEWELL, SHAW y SIMON, 1958; ERNST y NEWELL, 1969). Aunque muchas versiones del GPS se diseñaron sólo para Inteligencia Artificial, otras se modificaron para simular la conducta humana cuando utiliza la estrategia medios-fines. Se supone que el sistema :

está capacitado para representar la situación inicial, la situación de meta y el resto de las situaciones.

tiene disponibles una serie de operadores que producen cambios en cada situación.

por último, dispone de un conocimiento general, llamado "tabla de conexiones", que podría representarse por un listado (a) de las clases de diferencias que pueden encontrarse cuando se comparan dos situaciones, y (b) de los operadores que pueden usarse para producir los cambios que eliminan esas diferencias.

La forma de operar mediante el análisis medios-fines consistiría en transformar el estado inicial en el estado de meta, seleccionando y aplicando operaciones que, paso por paso, reduzcan las diferencias entre estados. La habilidad de *planificación* supondría la construcción de un planteamiento simplificado del problema original y la aplicación del análisis medios-fines a ese problema nuevo y más simple (FEIGENBAUM y FELDMAN, 1963). Esta capacidad podría desdoblarse en tres componentes (GREENO, 1978):

capacidad para analizar las situaciones en relación a la meta del problema, lo que supone poder identificar diferencias entre las situaciones, o poder identificar las características de la situación que son relevantes para los posteriores resultados.

debe ser capaz de realizar "operaciones complejas", que consistirían en integrar secuencias complejas de pasos en una sola operación. Ello supondría la creación de *chunks*.

debe establecer relaciones entre situaciones y operadores (la tabla de conexiones del GPS). El proceso de seleccionar operadores e identificar subproblemas provechosos sería la planificación en sentido estricto.

Así pues, la Torre de Hanoi es un problema de transformación y los sujetos que lo resuelven deben poner el juego su capacidad de planificación y el análisis medios-fines, deben ser capaces de generar submetas útiles y

de seleccionar adecuadamente los operadores o movimientos que les permitan alcanzar esas submetas.

### 3.3 - CONSTRUCCION DEL ESPACIO DEL PROBLEMA

En el punto 1.3.3 (Espacio del Problema) se comentaba que, según Newell y Simon, para que un sujeto pueda resolver un problema debe representarlo en su memoria y que su ejecución estará en función de esa representación. También se aceptaba que existe una relación entre la estructura del problema y el espacio que crea el sujeto, de forma tal que cuanto mayor sea el espacio de estados (NILSSON, 1971) más difícil resultará la ejecución.

GREENO (1977), por su parte, afirma que son sujetos expertos en un problema los que consiguen construir una representación coherente de la tarea, y ofrece tres criterios para caracterizarla : (a) la estructura generada debe representar correctamente la estructura del problema; (b) los elementos de la representación deben estar conectados de forma coherente y (3) dichos elementos deben estar integrados de forma ordenada en el conocimiento poseído por el sujeto.

Si los comentarios anteriores son correctos, se podría decir que hay indicios sobre qué influye en la construcción del espacio y hay características que permiten reconocer qué es un "buen" espacio, pero queda un vacío de conocimiento sobre cómo se llega desde las influencias previas al resultado. Este apartado pretende resumir las investigaciones que, instigadas por la propuesta de Newell y Simon, se desarrollaron en los años siguientes con el objetivo de conocer cómo se genera el espacio del problema en la Torre de Hanoi.

Si una persona tiene que resolver un problema hay varias cosas que debe saber : primero, debe familiarizarse con los elementos del problema; segundo, debe conocer el estado inicial y la meta; tercero, debe conocer un operador o un conjunto de operadores que posibiliten la transformación del estado inicial en el estado de meta y, por último, debe conocer las restricciones bajo las cuales puede aplicar los operadores. Este conjunto de elementos de información esencial definen lo que NEWELL y SIMON (1972) han llamado el "*espacio básico del problema*". Si el espacio del problema es la representación por parte de los sujetos del entorno de una tarea, representación que le permite considerar diferentes situaciones del problema, caracterizar estas situaciones de modo que le ayuden a decidir qué hacer, y aplicar los operadores para transformar una situación en otra, el espacio básico del problema es el espacio mínimo que incluye sólo aquellas cosas que son esenciales para definir el problema, la solución y los operadores. Los sujetos pueden elaborar un espacio del problema que incorpore toda clase de información, y distintos sujetos podrán construir distintos espacios, pero el espacio básico debe formar parte de ellos o no se producirá la solución.

Teniendo en cuenta que los elementos del espacio básico del problema suelen estar incluidos en las instrucciones (por lo menos en los problemas bien definidos), HAYES y SIMON (1974) se propusieron investigar cómo procesa el sujeto la información contenida en las instrucciones y cómo, mediante esta información, construye su espacio del problema. Utilizaron un problema isomorfo de la Torre de Hanoi, denominado "Ceremonia del Té". Es isomorfo porque es el mismo problema pero planteado con distintas palabras, con una historia externa diferente, aunque los pasos para resolverlo son exactamente los mismos. En la Figura 1.4 se describe el problema para ejemplificar esta semejanza (los números entre paréntesis se introducen para facilitar los comentarios posteriores).

Si se sustituye al anfitrión por el poste inicial, al invitado de más edad por el poste de meta, y al más joven por el otro poste y se asocian las cinco tareas con los cinco discos igualando el grado de nobleza con el tamaño, se comprobará que la secuencia de pasos es igual para los dos problemas.

FIGURA 1.4 - El problema de la "Ceremonia del Té" (isomorfo de la Torre de Hanoi con cinco discos), tomado de HAYES y SIMON, 1974

(1) En las posadas de los pueblos del Himalaya se practica la ceremonia del té más refinada y civilizada. (2) La ceremonia incluye un anfitrión y dos invitados únicamente, ni más ni menos. (3) Cuando sus invitados han llegado y se han sentado a la mesa, el anfitrión hace cinco servicios para ellos. (4) Estos servicios se enumeran a continuación en el orden de nobleza que los Himalayos les atribuyen :

- . encender el fuego
- . avivar las llamas
- . pasar los pasteles de arroz
- . servir el té
- . recitar una poesía.

(6) Durante la ceremonia, cualquiera de los presentes puede solicitar de otro: 'Honorable Señor, ¿puedo ejecutar esta pesada tarea por Vd?'. (7) Sin embargo, una persona sólo puede solicitar hacer la tarea menos noble de las que el otro está realizando. (8) Aún más, si una persona está haciendo varias tareas, no puede pedir otra que sea más noble que la menos noble de las que ya está realizando. (9) La costumbre exige que al final de la ceremonia, todas las tareas hayan sido transferidas del anfitrión al invitado de más edad. ¿Cómo puede hacerse?

Es evidente que en estas instrucciones está contenida toda la información que debe incluirse en el espacio básico del problema : estado inicial (todas las tareas ejecutadas por el anfitrión), estado de meta (traspasadas al invitado de más edad), operadores (transferir las tareas de una en una) y restricciones (limitaciones en las posibilidades de transferirlas).

El trabajo de Hayes y Simon consistió en el análisis del protocolo de un sujeto y en la construcción de un programa, al que llamaron UNDERSTAND, que simulaba su conducta. Según su interpretación, la ejecución global podría ser descrita mediante la aplicación de dos procesos generales : uno, llamado *Entendimiento* (*understand*) y otro *Resolución* (*solving*).

La parte inicial del protocolo correspondiente al tiempo dedicado a construir el espacio básico del problema, es la aplicación del proceso de *entendimiento* que, a su vez, se divide en dos procesos más elementales : uno de *lenguaje* y otro de *construcción*.

*Lenguaje* consiste en leer segmentos cortos del texto y extraer información de ellos a través del análisis sintáctico y semántico.

*Construcción* utiliza la información extraída mediante *lenguaje* para añadirla a, y confrontarla con, el modelo mental de la situación que va modificándose a medida que se lee el texto.

Como ilustración puede servir el siguiente segmento del protocolo:

(El sujeto lee la frase 6). "De acuerdo. Una persona puede pedir a otra sólo la menos noble de las tareas que la otra está haciendo - así, mi amigo está haciendo un puñado de tareas, yo puedo pedirle - espere un momento - aquí hay algo mal. Mira esta frase "Honorable Señor, ¿puedo hacer esta pesada tarea por Vd?"(1). Así, yo voy a hacer una tarea para él.

(lee la frase 6)

"A ver si me aclaro. Supongamos que hay alguien frente a mí al otro lado de la mesa y yo soy uno de los invitados, y mi anfitrión está a la izquierda y el otro invitado es el que está frente a mí. Ahora ... ahora, si yo soy la persona, puedo pedir, digamos, al otro invitado sólo la menos noble de las tareas que esté ejecutando. Esto es (so), está haciendo unas cuantas tareas y yo puedo pedirle... Pero si todo lo que puedo pedirle es "Honorable Señor, ¿puedo hacer esta pesada tarea Vd?... MM... ¿qué significa esto?"

La lectura de las frases y el comienzo del texto transcrito pueden considerarse ejemplos de *lenguaje*. El resto son interpretaciones (*construcción*) y son algo más que simples paráfrasis, dado que contienen información que, aunque consistente con el texto, no es exigida ni sugerida por él, como suponer que los invitados son el sujeto y un amigo y distribuir espacialmente a los participantes.

El sujeto avanza en la lectura de una frase a la siguiente y sólo hay retrocesos, o bien al finalizar el texto (relee de nueve a once veces las frases 5, 6 y 7, lo que demuestra que son más difíciles de memorizar que el resto) o bien después de un fracaso en el proceso de *construcción*.

El proceso de *Entendimiento* es, pues, un alternancia entre *lenguaje* y *construcción*, la dirección suele ser hacia adelante y sólo cuando se fracasa en *construcción* se retrocede.

Pero, como se señalaba unos párrafos más arriba, la ejecución global exige la intervención de un proceso que llaman *Resolución*. Como el foco del trabajo es el entendimiento de las instrucciones escritas, se limitan a ejemplificar dicho proceso con el GPS. En la parte inicial del protocolo, toda la conducta puede ser descrita como *entendimiento*; en el segmento siguiente, alternancia de *resolución* y *entendimiento*, y en la parte final sólo aparece *resolución*. Esto podría significar que, a medida que el sujeto va desplazándose por el espacio del problema, tiene necesidad de volver al espacio básico, bien para recordar las restricciones y operadores, bien porque interpreta las instrucciones desde una perspectiva diferente.

SIMON y HAYES (1976) hacen una segunda aplicación del programa UNDERSTAND a otros isomorfos de la Torre de Hanoi; en este caso los postes son monstruos extraterrestres y los discos son globos, aunque hay que tener en cuenta que en este caso se trata de isomorfos de la Torre de Hanoi con tres discos; otra diferencia con la versión habitual del problema es que tanto el estado inicial como el estado final exigen la distribución de los tres discos (globos) en los tres postes (monstruos); por último, las restricciones tamaño-movimiento son opuestas a la versión estándar (aquí no se puede poner uno pequeño encima de uno grande). El objetivo del trabajo era

analizar las diferencias en las representaciones del problema producidas por instrucciones que variaban de forma sistemática en aspectos definidos. Por ejemplo, en unos casos los globos se traspasaban de unos monstruos a otros (problemas de Movimiento) en tanto que en otros los globos o los monstruos cambiaban de tamaño (problemas de Cambio); otro tipo de variaciones consistían en presentar al sujeto como Agente (frases en forma activa) o como Paciente (frases en forma pasiva); en algunas instrucciones se incluían características añadidas al tamaño, como el color, etc. En la Figura 1.5 se ofrecen dos ejemplos, utilizados en la manipulación Movimiento vs. Cambio, que resultó ser la variable más importante por los efectos que producía en la representación del problema y en la dificultad de ejecución.

Los autores plantearon y pusieron a prueba distintas predicciones derivadas del programa UNDERSTAND, que pueden resumirse así :

- \* El sujeto entiende el problema antes de comenzar a resolverlo. Esto implica que no debe haber alternancia entre los procesos de *resolución* y *entendimiento*, lo que supone una modificación sobre el supuesto de 1974; no dan ninguna razón para este cambio, pero además los resultados demuestran que sí hay feedback entre ambos procesos y que (KOTOVSKY, HAYES y SIMON, 1985) hay un efecto diferenciado para Cambio y Movimiento : los sujetos a los que les corresponde el problema de Movimiento, una vez que comienzan el proceso de resolución, vuelven pocas veces a las instrucciones, pero los que reciben problemas de Cambio, releen las instrucciones más veces después de empezar el proceso de resolución que antes de iniciarlo. Este resultado es analizado por KOTOVSKY, HAYES y SIMON (1985) y los autores llegan a la conclusión de que cuesta más trabajo aprender las reglas de Cambio que las de Movimiento, porque los sujetos invierten el doble de tiempo en poder recitarlas correctamente.
- \* La representación del problema será más abstracta que concreta, y no estará excesivamente ligada a las "palabras" de las instrucciones sino que incluirá las relaciones formales entre los elementos que la componen. Se comprobó que los sujetos eliminan rápidamente la información irrelevante : no se hablaba de las cinco manos, ni de que fueran extra-terrestres, sólo un sujeto se preocupó inicialmente de las leyes mecánico-

Figura 1.5 : Dos problemas de Monstruos (isomorfos de la Torre de Hanoi con tres discos), tomado de HAYES y SIMON (1977)

Un problema de Movimiento

(1) Tres monstruos extraterrestres de cinco manos estaban sosteniendo tres globos de cristal. (2) Debido a las peculiaridades mecánico-cuánticas de su sector, monstruos y globos tenían exactamente tres tamaños y no existían otros: pequeño, mediano y grande. (3) El monstruo de tamaño mediano estaba sosteniendo el globo pequeño; el monstruo pequeño estaba sosteniendo el globo grande y el monstruo grande estaba sosteniendo el globo mediano. (4) Dado que esta situación ofendía su profundamente desarrollado sentido de la simetría, procedieron a traspasar los globos de un monstruo a otro para que cada monstruo tuviera el globo proporcionado a su propio tamaño.

(5) La etiqueta de los monstruos complicó la solución del problema, pues exigía que:

- (6) 1. Sólo podía transferirse un globo cada vez.
- (7) 2. Si un monstruo estaba sosteniendo dos globos, sólo podía ser traspasado el más grande de los dos, y
- (8) 3. No podía traspasarse un globo a un monstruo que estuviera sosteniendo otro mayor.

(9) ¿Con qué secuencia de traspasos hubieran podido resolver los monstruos este problema?

Un problema de Cambio

(1) Tres monstruos extraterrestres de cinco manos estaban sosteniendo tres globos de cristal. (2) Debido a las peculiaridades mecánico-cuánticas de su sector, monstruos y globos tenían exactamente tres tamaños y no existían otros: pequeño, mediano y grande. (3) El monstruo de tamaño mediano estaba sosteniendo el globo pequeño; el monstruo pequeño estaba sosteniendo el globo grande y el monstruo grande estaba sosteniendo el globo mediano. (4) Dado que esta situación ofendía su profundamente desarrollado sentido de la simetría, procedieron a encoger y agrandar los globos para que cada monstruo tuviera un globo proporcionado a su tamaño.

(5) La etiqueta de los monstruos complicaba la solución del problema, pues exigía que:

- (6) 1. Sólo podía cambiarse un globo cada vez.
- (7) 2. Si dos globos tenían el mismo tamaño, sólo podía cambiarse el globo sostenido por el monstruo mayor.
- (8) 3. Un globo no podía transformarse al mismo tamaño que el globo sostenido por el monstruo mayor.

(9) ¿Con qué secuencia de cambios hubieran podido resolver este problema?

cuánticas, etc. Pero si había verbalizaciones asociadas a relaciones abstractas : ¿se pueden mover varios globos simultáneamente?; ¿deben pasar los globos por el monstruo que está en el centro?, etc.

\* La forma verbal de las instrucciones influirá en la forma de denominar los objetos. Estos se pueden nombrar de tres formas diferentes : por su nombre *Inicial* (con el que aparecen en la frase 3 del problema), con un nombre *Permanente* (que puede ser o no el inicial; por ejemplo "el monstruo grande" resulta especialmente útil en los problemas de Movimiento porque no cambia el tamaño de los monstruos a lo largo del proceso de resolución), o bien con un nombre *Variable* (el monstruo que está sosteniendo el globo grande; en los problemas de Cambio no siempre el mismo monstruo está sosteniendo el globo grande). A partir de UNDERSTAND se predecía que cada tipo de instrucciones propiciaría una forma u otra de denominación, y los resultados confirmaron estas hipótesis.

\* Las representaciones utilizadas en los problemas de Cambio y Movimiento diferirán en aspectos concretos. En las representaciones de Movimiento, algo (por ejemplo un globo) se mueve de un lugar a otro (un monstruo); en las representaciones de Cambio, el objeto (globo) asociado a un lugar particular (monstruo) se altera. Más de la mitad de los sujetos utilizaron una forma de notación parecida cuando se les dió papel y lápiz para resolver el problema : una matriz en la que las columnas representaban el objeto que no cambia durante el problema y las filas los valores que van adquiriendo los objetos variables a lo largo de la ejecución. La Figura 16 ayudará a entender estos comentarios. El tipo de notación (en los casos en que se pudo comprobar) utilizado por los sujetos correspondía a las predicciones derivadas de UNDERSTAND. También aparecía otro fenómeno, no predicho por los autores, pero que se repetía en éste y en experimentos sucesivos : los sujetos tendían a enumerar los, por ejemplo, monstruos, no en el orden en que aparecen en la frase 3, sino por orden de tamaño (hablaban de monstruo pequeño, mediano y grande) y esta forma de denominación se mantenía en muchas de las notaciones utilizadas por ellos.

FIGURA 1.6 - Ejemplos de notaciones en forma de matriz de estados utilizadas por los sujetos en el experimento de SIMON y HAYES (1976)

Tipo Movimiento				Tipo Cambio			
Movimi.	M	G	P	Movimi.	M	G	P
0	G	P	M	0	G	P	M
1	-	G,P	M	1	G	G	M
2	M	G,P	-	2	G	G	P

(a)

(b)

NOTAS. (a) muestra la notación utilizada en la resolución de los problemas de Movimiento; (b) la notación utilizada en los problemas de Cambio. Las columnas corresponden a los atributos fijos; las filas a las situaciones sucesivas del problema después de cada movimiento (0 es el punto de partida). Dentro de cada casilla se ven los valores actuales de los atributos variables que, (a) o bien se trasladan de columna a columna (Tipo Movimiento), (b) o bien cambian de color dentro de una columna (Tipo Cambio).

En resumen : a través de estos estudios se comprobaba : (1) que hay una representación del problema (espacio del problema); (2) que esa representación no es siempre igual; (3) que los sujetos suelen adoptar no la representación más eficaz, sino la que se deriva directamente de las instrucciones; (4) en consecuencia, la forma de plantear un problema puede afectar a su representación y (5) y último, como veremos más adelante, dependiendo del tipo de representación se facilitará o dificultará la ejecución.

### 3.4 - ESTRATEGIAS

A partir de la estructura del problema descrita en el punto 2.2 se llegaba a la conclusión de que los seres humanos no pueden mantener simultáneamente en su memoria todos los estados del problema: NEWELL y SIMON (1972) afirmaban que si están presentes en la MCP el estado inicial, el de meta y el actual; según el análisis medios-fines, el sistema (sujeto) es capaz de comparar el estado actual con el de meta, detectar las diferencias y seleccionar la que considera más relevante y que, por ello, debe ser reducida; y, por último, según GREENO (1978) en los problemas de transformación el sujeto, mediante la planificación, se plantea submetas que debe alcanzar antes de llegar al estado final.

Si se aplican todas estas afirmaciones al problema de la Torre de Hanoi, se puede intuir el tipo de procesamiento que el sujeto realizará : cuando no tiene experiencia en la tarea, suele comenzar seleccionando los operadores (lo cual significa que ya tiene construido el espacio básico del problema) al azar, pero la estructura del problema se impone pronto e influye en la solución. Hay al menos dos elementos de los que suelen hacerse conscientes incluso los sujetos sin experiencia : primero, cuesta mucho trabajo mover el disco más grande (no se puede colocar encima de otro y debe alcanzar pronto el poste de meta) y, segundo, hay secuencias de movimientos que conducen a bucles. Estos conocimientos se adquieren relativa-

mente pronto y, según KARAT (1982) eso lleva a plantear como una submeta mover el disco mayor, objetivo que se generaliza posteriormente y se convierte en un deseo de mover el disco mayor, que aún no esté en el poste de meta, a ese poste (primero poner el disco 5 en el poste C, luego el 4, etc.).

Señala este autor que es importante distinguir entre la submeta "mover el disco mayor al poste de meta" y la submeta "mover todos los discos excepto el mayor al otro poste" (ni el inicial ni el de meta). Puede parecer que es trivial dar el paso de la primera a la segunda, pero los sujetos que se enfrentan a la tarea no lo dan con demasiada facilidad.

La otra habilidad, ya anticipada, que se adquiere pronto consiste en rechazar el retorno a estados del problema que se acaban de visitar (se intenta evitar entrar en un bucle). Este conocimiento se puede plasmar en una estrategia que puede resumirse como "no mover el mismo disco dos veces seguidas". El resultado genera un patrón que lleva a mover el disco 1 en los movimientos impares y el siguiente en tamaño que no tenga otro disco encima en los movimientos pares; si a esto se añade otra regla "después de mover el disco 2, poner el 1 encima" se eliminan totalmente los bucles en los espacios de dos discos.

Como decíamos, los sujetos no expertos parecen usar tanto la estrategia de submetas como la regla de no repetición. El problema reside en que ninguna de las dos indica hacia dónde debe moverse el disco 1 la primera vez, y esta elección es determinante para que las reglas lleven hacia la meta o dificulten su consecución.

Por su parte Egan (EGAN, 1973; EGAN y GREENO, 1974) propone que el sujeto utiliza una estrategia de recursión de metas. Una imagen que ayuda a entender su propuesta podría ser la siguiente: todas las metas y submetas están amontonadas en una pila, estando los objetivos últimos en la parte inferior y las submetas próximas colocadas encima. Cada vez que el sujeto tiene que seleccionar un movimiento, comprueba previamente si puede satisfacer la meta que está encima; si la respuesta es afirmativa, se hace el movimiento y la meta "salta" del montón, quedando al descubierto la siguiente; si no se puede conseguir, se plantean una o varias submetas necesarias

para llegar ahí, que se colocarían en la parte superior de la pila. Esta estrategia es similar a la utilizada por el GPS (análisis medios-fines) pero existen diferencias entre ambas que residen fundamentalmente en la capacidad para generar nuevas submetas en los casos en los que no se puede alcanzar la que está presente en un momento determinado. Estas diferencias son debidas fundamentalmente a la limitación de capacidad para almacenar submetas.

La propuesta más exhaustiva sobre las estrategias "posibles" es la ofrecida por SIMON (1975). Según este autor, el análisis de la estructura de la tarea puede ayudar a deducir cuáles son los modos posibles de ejecutarla, aunque, para él, no se trata tanto de suponer cómo va a ser la conducta externa de los sujetos, cuanto de intuir cómo las mismas conductas pueden ser el resultado de la aplicación de estrategias diferentes. Además, estos análisis facilitan hipotetizar qué demandas de memoria supondrían, y qué intercambios podrían producirse entre MCP, MLP y demandas perceptivas. Las estrategias propuestas son las siguientes :

\* **UNA ESTRATEGIA DE RECURSION DE METAS.** El sujeto se plantea que la pirámide de discos puede moverse de A a C en los tres pasos siguientes : (1) la pirámide se pasa toda de A a B, excepto el disco mayor; (2) se mueve el disco más grande de A a C; (3) finalmente, la pirámide pasa de B a C (como se ve, esta estrategia es similar a la propuesta por Egan y da por supuesto que se ha salvado la dificultad señalada por Karat : no es un paso trivial pasar de querer poner el disco mayor en C a darse cuenta de que eso significa construir la pirámide con el resto de los discos en B). De esos tres pasos, sólo el segundo es legal, pues es el único que supone mover un sólo disco; el primero, que despeja A y C para mover 2, y el tercero, que lleva los discos restantes a C, son el mismo problema inicial con un disco menos; de aquí que pueda ser resuelto descomponiéndolo en los mismos tres pasos, de forma que la posición del disco mayor no restrinja los movimientos de los discos más pequeños. Dado que el número original de discos es finito, sea  $n$ , se puede continuar descomponiendo cada problema en otros más pequeños hasta que, después de  $n-1$  recursiones, la pirámide que debe ser movida ha sido reducida a un sólo disco.

Esta estrategia exige que el sujeto construya una representación interna de las metas y que las mantenga en la MCP mientras trata de alcanzar las submetas; el que todas quepan en la MCP depende de cuántas tengan que ser retenidas simultáneamente (dependiendo, entre otras cosas, del número de discos). Por otra parte, dado que se puede decidir cualquier paso a partir de los planteamientos de meta, no se exige ningún proceso perceptivo. Es una estrategia dirigida o controlada por las metas, y es la única que requiere construir el concepto de mover una pirámide de discos.

- \* **UNA ESTRATEGIA PERCEPTIVA.** Para reconstruir la pirámide sobre el poste C, el disco más largo debe ser situado primero sobre C, luego el siguiente, y así sucesivamente. Pero sólo se puede mover un disco cuando se satisfacen dos condiciones : (1) no hay discos más pequeños en su propio poste y (2) no hay discos más pequeños en el poste de meta. El mover un disco particular, que llamaremos  $k$  a un poste elegido puede, según esta estrategia, hacerse sólo de la siguiente forma : (1) quitar cualquier disco más pequeño que  $k$  del poste inicial; (2) repetir el paso 1 hasta que no haya discos más pequeños que  $k$  en el poste inicial; (3) quitar cualquier disco menor que  $k$  del poste objetivo; (4) repetir 3 hasta que todos los discos más pequeños que  $k$  estén fuera del palo objetivo; (5) mover el disco  $k$  al palo objetivo.

No es una estrategia potente debido a que no garantiza que al despejar el poste de meta (pasos 3 y 4) no se obstruya de nuevo el disco que se quería liberar (pasos 1 y 2). Ello podría generar un bucle de movimientos sin salida. Para evitar esto sería necesario retener un conjunto de submetas en MCP, y estaría limitada su eficacia por la capacidad de retenerlas. Es una estrategia "guiada por los estímulos".

- \* **UNA ESTRATEGIA PERCEPTIVA REFINADA.** Se parece a la anterior, pero con una alteración importante. Los pasos esenciales son : (1) identificar el disco más grande  $k$  que todavía no esté en el poste objetivo; (2) tras examinar tanto el poste inicial como el objetivo, identificar el disco más grande que está obstruyendo su movimiento al poste objetivo; (3) si no hay ningún obstructor, hacer el movimiento indicado; (4) si existe tal

obstáculo, establecer la meta de moverlo al otro poste (ni el inicial ni el objetivo de *k*) y luego repetir para el obstructor los pasos 2 y 3.

Requiere habilidad para percibir "el disco más grande que bloquee un disco determinado" y también es una estrategia "guiada por los estímulos": mientras la primera estrategia descrita consideraba su próxima acción refiriéndose sólo a la meta, la segunda y esta tercera consideran lo que debe hacerse a continuación mediante la percepción de las características de la situación actual.

\* **UNA ESTRATEGIA DE PATRON DE MOVIMIENTOS.** Todas las estrategias descritas anteriormente eran "razonadas" en el sentido de que implicaban descomponer la meta de una tarea global en varias metas subsidiarias (análisis medios-fines), después de hecho lo cual se completaría la tarea. Otro procedimiento sería simplemente almacenar los pasos en la memoria y ejecutarlos uno después de otro, pero eso supondría una sobrecarga de memoria (ha siete movimientos con tres discos; quince movimientos con cuatro y treinta y uno con cinco discos) y, además, habría que memorizar una secuencia diferente para cada número específico de discos (un sujeto que utilizara esta estrategia debería conocer ya la solución). Pero existe una que no padece las dificultades mencionadas y que tampoco supone un "razonamiento" en el mismo sentido que las anteriores, que el autor describe así: (1) En los movimientos impares, mover el disco más pequeño. (2) En los pares, mover el siguiente en tamaño que esté en la parte superior de un montón. (3) Sea I el poste en el están los discos en el estado inicial, M el poste de meta y O el otro poste. Si el número total de discos es impar, el disco más pequeño se mueve a I a T a O a I y así sucesivamente (recordemos que el disco más pequeño sólo se mueve en los movimientos impares); si el número de discos es par, el disco más pequeño debe moverse en el sentido opuesto, de I a O a M a I, etc.

Si se aplica esta estrategia, en la MLP solo hay que mantener el paso (3), porque permanece invariable a lo largo de todo el proceso; en la MCP debe almacenarse únicamente la paridad (o no paridad) de movimiento; en cuanto a las demandas perceptivas, el sistema debe ser capaz de iden-

tificar la ubicación del poste al que debe moverse cada disco. Es una estrategia que, una vez aprendida, exige pocas demandas de memoria y es aplicable a cualquier número de discos.

GAGNE y SMITH (1962) propusieron años antes esta misma estrategia en un experimento en el los sujetos debían encontrar la regla que rige la selección de los movimientos; los postes estaban dispuestos en los tres ángulos de un triángulo imaginario y la descripción fue :

Si el número de discos es impar, mover primero al poste de meta; si es par, mover primero al otro poste. Continuar moviendo los discos impares (*estaban numerados en función de su tamaño*) siempre en la dirección de las agujas del reloj y los discos pares, en sentido contrario a las agujas del reloj.

Como se ve, son dos formas distintas de describir la secuencia de movimientos sin plantear ninguna submeta ni utilizar análisis medios-fines.

En 1970 SIMON reescribe estas cuatro estrategias pero, curiosamente, las transforma de manera que mantiene la de recursión de metas, la perceptiva refinada y la de patrón de movimientos, elimina la otra perceptiva y añade como estrategia el aprendizaje memorístico de la secuencia de movimientos para cada problema concreto (que era un comentario incidental en la última estrategia en el trabajo del 75). Quizás la diferencia resida en que lo que discute es qué se aprende tras haber resuelto con éxito el problema y la estrategia perceptiva no parece llevar a la solución.

En general, cada una de las estrategias y las modificaciones propuestas por otros autores, se han transformado en modelos o programas de simulación que se han contrastado con la conducta real de los sujetos, pero, una vez más, estos modelos suelen ser específicos a manipulaciones experimentales concretas, y se hará una referencia a ellos al comentar cómo es la ejecución de los sujetos en este problema.

### 3.5 - LA CONDUCTA DE RESOLUCION DEL PROBLEMA

Una característica de la investigación sobre la Torre de Hanoi es el número de variables manipuladas simultáneamente en cada experimento. Ello hace que en un mismo trabajo se obtengan conclusiones sobre aspectos muy diversos de la conducta. Por razones de claridad, en este apartado se dividirán artificialmente los trabajos, seleccionando de cada uno los puntos más directamente relacionados con el tema que se discuta, y se discutirán tres aspectos generales. El primero de ellos intenta describir las interpretaciones que se han dado a los niveles de dificultad empíricos que se han detectado. El segundo resume las investigaciones focalizadas en describir qué se aprende, cómo se relaciona con otros conocimientos y cómo influye la experiencia en la repetición de tareas que varían en complejidad (número de discos) o en semejanza (problemas isomorfos). En tercer y último lugar se presentarán las evidencias sobre la influencia de la verbalización o no verbalización exigida a los sujetos mientras resuelven el problema.

#### 3.5.1 - Manipulación del grado de dificultad

Uno de los primeros trabajos en esta línea fue el de COOK (1937) que utilizó tres grupos: el primero resolvía el problema de dos discos; el segundo el de tres y el tercero el de cuatro. La tarea de los sujetos consistía en repetir la ejecución hasta que eran capaces de realizarla con el número mínimo de pasos que, en cada condición, les era comentado en las instrucciones. Si se denomina "complejidad" a las distintas condiciones experimentales, la conclusión más importante de este trabajo era que el incremento en dificultad (cuantificado por número de movimientos y por tiempo) era mucho más rápido que el incremento en complejidad y que el salto mayor se producía entre la versión de tres discos (7 movimientos mínimos) y la de cuatro (15 movimientos mínimos).

EGAN y GREENO (1974) comentan los resultados obtenidos por el primero de ellos en su tesis doctoral (EGAN, 1973). Los objetivos del trabajo eran múltiples, pero de momento interesa destacar su interés en estu-

diar el grado de dificultad de cada uno de los movimientos en un problema con cinco o seis discos. Los sujetos, antes de enfrentarse a estas tareas, habían adquirido práctica trabajando con problemas de tres y cuatro discos. Durante la fase de entrenamiento, cada vez que el sujeto elegía un movimiento que se desviaba del camino más corto, se contabilizaba como error, se le comunicaba y se volvía al estado anterior. Este proceso se repetía hasta que se alcanzaba el criterio de tres ensayos sin error. Terminada esta parte, se pasaba al problema objeto de estudio, el de cinco o seis discos. El procedimiento era el mismo que en la condición anterior, pero los datos que se interpretaban eran fundamentalmente estos últimos.

Como se apuntó en el apartado de Estrategias, el modelo utilizado proponía que, para seleccionar un movimiento, se comprobaba si había alguna que satisficiera la meta que estaba encima del montón; si la respuesta era afirmativa, se hacía el movimiento en cuestión y si era negativa se iniciaba un proceso para construir submetas que permitieran alcanzar ese objetivo, con lo que aumentaba el montón de submetas que el sujeto debía retener en la memoria. La dificultad de cada movimiento, pues, vendría producida por la cantidad de planificación necesaria para alcanzar la meta activa en un momento determinado. Otra forma de describir el mismo proceso es afirmar que los errores están producidos por la cantidad de procesamiento que se produce entre dos movimientos. Un dato digno de interés es que estas reglas no se cumplían para el primer movimiento del problema pues, en este experimento, los sujetos no lo elegían en función de ninguna submeta, sino que se limitaban a recordarlo de los ensayos de entrenamiento.

Otro resultado de interés residía en el hecho de que el grado medio de dificultad de los movimientos impares era superior al de los movimientos pares, pero la interpretación de este resultado está mediada por la manipulación de la tarea y por la estructura del problema: si el movimiento impar ha producido la colocación correcta del disco en cuestión (y hasta que no se llegaba a ello no se pasaba a otro movimiento), el movimiento par o vuelve a mover el disco anterior o sitúa el disco siguiente en la posición correcta.

A partir de este estudio solo hay evidencia del grado de dificultad de cada uno de los movimientos asociados a estados incluidos en el camino más corto (cuando se salían de él les obligaban a volver), y no se consigue información sobre las conductas de sujetos que "acumulan" desviaciones a lo largo de su ejecución, pero no es arriesgado generalizar que la dificultad de cada paso reside en la capacidad de los sujetos para mantener activas distintas submetas sucesivas y en la cantidad de planificación que debe realizarse desde un estado concreto para alcanzar una de esas submetas.

HAYES y SIMON (1977), utilizando los problemas de monstruos descritos en el apartado 3.3, analizaron una serie de aspectos de la conducta de los sujetos que demostraban que dos problemas isomorfos (con el mismo espacio de estados y con la misma secuencia de operadores) pueden resultar con distinto grado de dificultad. Estudiando las diferencias entre problemas de Movimiento y problemas de Cambio, comprobaron que la resolución del primero llevaba un promedio de 15'45 minutos, en tanto que se invertían unos 29 minutos en el segundo. Además, sólo el 2% de los sujetos fueron incapaces de resolver un problema de Movimiento, frente al 26 % que fracasaron en uno de Cambio. La explicación de estas diferencias propuesta por los autores está basada en la distinta dificultad de alguno de los pasos incluidos en la selección de cada movimiento. En la Figura 1.7 se resume su modelo de selección de un operador para un problema de Movimiento y el correspondiente a uno de Cambio. Existen dos diferencias entre ellos que podrían dar cuenta de los resultados. La primera es una diferencia en los procedimientos usados para probar si hay (en el problema de Movimiento) otros globos en un lugar dado, o (en el problema de Cambio) si hay otros globos de un tamaño dado. Estos procedimientos aparecen en sus respectivos problemas en el paso A1 y otra vez en el B1. Determinar si hay otros globos en un lugar dado exige examinar una casilla de la matriz (Figura 1.6a), pero determinar si hay otros globos que un tamaño dado requiere que el sujeto eche una ojeada a la fila entera de la matriz (Figura 1.6b). Esta es la razón que lleva a los autores a proponer que los pasos A1 y B1 del modelo de Cambio llevan más comparaciones que los pasos correspondientes en el modelo de Movimiento y, por ello, se invierte más tiempo en su ejecución y son más difíciles.

**FIGURA 1.7 :** Modelos de solución de los problemas de Movimiento y Cambio  
(según HAYES y SIMON, 1977)

Modelo de los problemas de Movimiento

Meta : Mover el Globo X (de tamaño A) al monstruo Y (de tamaño A)

A. Probar Regla 2

1. El monstruo Z, que ahora mantiene el globo X, ¿tiene otro globo?
2. Si no es así, ir a B
3. Si es así, el globo X ¿es mayor que los otros globos del monstruo Z?
4. Si es así, ir a B
5. Si no es así, vuelva e informe : Bloqueado en origen, tratar de quitar el bloqueo.

B. Probar Regla 3

1. ¿Está el monstruo Y sosteniendo otros globos?
2. Si no es así, ir a C
3. Si es así, ¿es mayor el globo X que los otros globos del monstruo Y?
4. Si es así, ir a C.
5. Si no es así, volver e informar; bloqueado en destino; tratar de quitar el bloqueo.

C. Movimiento

1. Quitar el globo X del monstruo Z
2. Añadir el Globo X al monstruo Y

Modelo de los problemas de Cambio

Meta : Cambiar el globo X (de tamaño A) al tamaño de su propio monstruo (tamaño B).

A. Probar Regla 2

1. ¿Sostiene algún otro monstruo globos de tamaño A?
2. Si no es así, ir a B.
3. Si es así, el monstruo que sostiene el globo X ¿es el más grande de los monstruos que sostienen globos del tamaño A?
4. Si es así, ir a B
5. Si no es así, volver e informar : Bloqueado en origen, tratar de quitar el bloqueo.

B. Probar Regla 3

1. ¿Hay algún otro monstruo que sostenga globos de tamaño B?
2. Si no es así, ir a C
3. Si es así, el monstruo que sostiene el globo X, ¿es mayor que los demás monstruos que sostienen un globo de tamaño B?
4. Si es así, ir a C
5. Si no es así, volver e informar; Bloqueado en destino; tratar de quitar el bloqueo.

C. Cambio

1. Cambiar el tamaño del globo X de A a B.

Una segunda diferencia entre los modelos puede encontrarse en los pasos A3 y B3. En Movimiento, si hay otro globo en el lugar especificado, el tamaño del globo X se compara con el tamaño de los otros globos. En el de Cambio, si hay otros globos del tamaño en cuestión, se comparan los tamaños de los monstruos que sostienen los globos en lugar de comparar sólo los tamaños de los globos. Esta comparación requiere un paso más de recuperación que los exigidos en la comparación correspondiente del modelo de Movimiento.

En un experimento posterior, manipularon las variables para decidir si la dificultad fundamental residía en la ejecución de los pasos A1 y B1 (incluidos en las pruebas de legalidad de la Regla 2) o en la ejecución de los pasos A3 y B3 (pruebas de legalidad de la Regla 3) y llegaron a la conclusión de que la fuente principal de dificultad residía en A3 y B3, de donde deducen que las diferencias mayores entre los dos tipos de problemas se asocian con la aplicación de la Regla 3.

Por su parte LUGER y BAUER (1978) compararon la dificultad entre la Torre de Hanoi (con cuatro discos) y la Ceremonia del Te (con cuatro tareas). A pesar de haber construido dispositivos físicos que imponían las mismas restricciones en ambos casos para la aplicación de las reglas, resultaba más difícil la Ceremonia del Te, pero, dado que el principal interés de su trabajo era el estudio de la transferencia de aprendizaje entre años, no dieron ninguna explicación de este resultado.

Como último trabajo comentado en este apartado, hay que mencionar el de KOTOVSKY, HAYES y SIMON (1985), que retomaron el paradigma de problemas isomorfos de HAYES y SIMON (1977), centrándose en analizar minuciosamente por qué problemas con el mismo espacio de estados y la misma secuencia de operadores tenían grados de dificultad tan diferentes. Partieron de datos anteriores que demostraban que ejecutar el problema de la Torre de Hanoi con tres discos llevaba un tiempo medio de 1'83 minutos; uno de Acróbatas<sup>(1)</sup> tres veces más; cinco veces más uno de Acróbatas-Invertido<sup>(1)</sup>; ocho veces más uno de Monstruos-Movimiento y dieciseis veces

---

<sup>(1)</sup> El problema de Acróbatas y el Acróbatas-Invertido son problemas de Movimiento que describen acró

más uno de Monstruos-Cambio. Para explicar estos resultados, plantearon dos hipótesis relacionadas con la adquisición y aplicación de reglas, y tres sobre cuestiones de representación. Brevemente, las hipótesis y los resultados obtenidos en los experimentos que las ponían a prueba eran los siguientes :

\* *Hipótesis sobre el Aprendizaje de Reglas* : Aunque el número de reglas y su estructura formal sea el mismo en todos los problemas, hay diferencias lingüísticas que pueden afectar a la facilidad con que son aprendidas. Ya se comentó en el apartado 3.3 que los sujetos tardaban el doble de tiempo en aprender reglas semejantes a las de los problemas de Cambio que en aprender las de Movimiento; a pesar de ello, los sujetos invertían el mismo tiempo en leer las instrucciones, pero tenían que volver posteriormente a ellas con mucha más frecuencia en los de Cambio.

\* *Hipótesis sobre la Aplicación de Reglas* : presentada en el trabajo de HAYES y SIMON (1977) y puesta a prueba en el actual. El método utilizado para ello fue presentar individual y taquioscópicamente cada una de las Reglas (Cambio y Movimiento). Una vez que el sujeto manifestaba haberla leído y entendido, desaparecía la regla y aparecían un par de dibujos que, combinados, representaban la modificación de un estado: la situación anterior a la modificación estaba representada a la izquierda de la pantalla y la posterior a la derecha. Si el sujeto creía que el cambio era legal (de acuerdo con la regla que acababa de leer) debía presionar un botón; si creía que era ilegal, otro botón.

Los *tiempos de lectura* de la Regla 3 (p.e. "No se puede traspasar un globo a un monstruo que esté sosteniendo otro mayor") eran más lentos que los de la Regla 2 ("Si un monstruo está sosteniendo dos globos, sólo puede traspasar el más grande de los dos"), y eran más lentos los de Cambio que los de Movimiento. Los *tiempos de aplicación* también ofrecieron diferencias significativas entre Regla 3 (más tiempo) y Regla 2; en

---

patas (discos) saltando uno sobre los hombros de otro y permaneciendo en tres torres. Un acróbata más grande no puede estar sobre uno más pequeño en la versión Acróbatas, y uno más pequeño no puede caer sobre otro más grande en la de Acróbatas-Invertido.

tre Cambio (mayor) y Movimiento. Se podrían ordenar los resultados por grado de dificultad de la siguiente forma : Regla 2, problema de Movimiento; Regla 2, problema de Cambio; Regla 3, problema de Movimiento; Regla 3, problema de Cambio, y esta ordenación coincide con la obtenida en el aprendizaje de Reglas.

*Hipótesis sobre la influencia del conocimiento acerca del mundo real* : los problemas que incorporan conjuntos de reglas compatibles con el conocimiento habitual sobre el mundo, son más fáciles que aquellos que, aunque isomórficos en estructura, tienen reglas menos compatibles. La puesta a prueba de la hipótesis comparaba los resultados entre problemas de Monstruos-Movimiento, Acróbatas y Acróbatas-Invertido; el problema de Acróbatas lleva menos de la mitad de tiempo de resolución que el de Monstruos, en tanto que el de Acróbatas-Invertido no difiere significativamente de ninguno de los otros dos. El problema de acróbatas (uno más pesado no puede colocarse encima de uno de menor tamaño) es, según los autores, más fácil debido a la historia externa, que incorpora restricciones compatibles con el mundo real (la restricción tamaño-movimiento es consistente con el conocimiento sobre torres humanas) y, en consecuencia, reduce la carga de memoria requerida para recordarla; por su parte, el de Acróbatas-Invertido, que plantea la relación tamaño-movimiento contradictoria con el conocimiento habitual, resulta igual de difícil que los problemas de Monstruos-Movimiento.

*Hipótesis sobre la ayuda de Memoria Externa* : El problema de la Torre de Hanoi aporta una ayuda externa que no es compartida por el resto de los problemas. En primer lugar permite el acceso inmediato al estado actual del problema; en segundo lugar, elimina para el sujeto el esfuerzo de generar una representación, pues al ofrecer una externa, aunque menos completa del problema, impide que aquél genere una peculiar que resulte menos óptima; por último, incorpora las reglas de forma perceptible, lógica y fácilmente recordable; en particular elimina virtualmente la necesidad de recordar la Regla 2, pues la colocación física del disco más pequeño encima del mayor impide automáticamente el movimiento del mayor.

Para comprobar si estos supuestos eran correctos, diseñaron un experimento en el que se manipuló el entrenamiento de los sujetos con las reglas y la presencia "física" de los monstruos, construyendo unos dispositivos de cartón y goma que permitían cambiar los globos de tamaño o de lugar. Como medidas dependientes utilizaron el número de movimientos y el tiempo de resolución. Con *tiempo de ejecución* resultaron, de nuevo, más fáciles los problemas de Movimiento que los de Cambio, más fáciles los que incorporaban la presencia física de los monstruos y el entrenamiento resultó efectivo en la reducción de la dificultad. Sin embargo, el *número de movimientos* no se veía afectado ni por el entrenamiento ni por el tipo de problema, aunque sí mostraba el efecto de los monstruos físicos. Estos dos hallazgos, tomados conjuntamente, demostraban, según los autores, que el tipo de problema y el entrenamiento afectan al *tiempo por movimiento* más que al número de movimientos. Hay que concluir que la ayuda externa proporcionada por los monstruos físicos reunía las dos primeras características del problema de la Torre de Hanoi, pero no la tercera; por ello la condición monstruos físicos no lograba eliminar las diferencias entre los problemas de Movimiento y los de Cambio y menos aun los que ambos tenían con la Torre de Hanoi.

\* **Hipótesis sobre la carga de Memoria Espacial** : los problemas de Movimiento debieran engendrar representaciones del problema más fácilmente imaginables y organizadas más espacialmente y, como consecuencia, debieran imponer una carga de memoria menor que la de los problemas de Cambio. Estas diferencias debieran mantenerse aún cuando los sujetos utilizaran ayudas externas de memoria, pues éstas representaciones externas facilitan la ejecución real de los movimientos, pero la planificación de los mismos debe apoyarse en la representación interna. Para poner a prueba la hipótesis utilizaron tres dispositivos físicos para representar monstruos y globos. El primero, llamado condición Postes-Movimiento, incorporaba físicamente la imposibilidad de mover un globo mayor (Regla 2); la representación del segundo (Platos-Movimiento) no incorporaba la restricción física de la Regla 2 (no había postes) y el tercero (Platos-Cambio) exigía más comparaciones para la realización de los movimientos (basado en la Hipótesis de Hayes y Simon, 1977, Figura 1.7), pero esas comparaciones se hacían entre objetos reales y no entre objetos imaginados. En resumen, la

cantidad de información acerca de las reglas, incluida en la representación física del problema era, de más a menos, Postes-Movimiento, Platos-Movimiento y Platos-Cambio, y éste era el orden de dificultad esperado. Se cumplió la hipótesis, pero las diferencias entre las dos últimas condiciones no resultaron significativas. Como conclusión afirman que la información espacial o sobre posición es, en cierto modo, privilegiada. Es más fácil probar objetos en un solo lugar (Movimiento) que en dos (Cambio) y es más fácil retener los cambios en posición que los cambios en atributos no espaciales (tamaño).

Una de las consecuencias que pueden extraerse de los datos empíricos presentados hasta ahora y de otros no comentados podría ser que en problemas con muchos discos (más de cuatro), si se deja a los sujetos libertad de movimientos, puede apreciarse en gran número de casos que inicialmente se produce un comportamiento errático pero, a partir de un momento determinado (con grandes diferencias individuales en cuanto a su aparición) comienzan a organizar su conducta en torno a la consecución de submetas; si bien éstas pueden ser peculiares a cada individuo, la estructura de la tarea impone semejanzas compartidas (colocar primero el disco mayor en el espacio objetivo), lo cual significa que cuanto mayor sea el número de discos, mayor será el número de submetas; si a esto se añade que la consecución de cada una de esas submetas suele exigir que se planteen otras intermedias, enseguida se observa que el número de discos afecta fundamentalmente a la cantidad de información (submetas) que debe estar disponible para el sujeto en cualquier momento. Este número de submetas (o su asociado, número de discos) es una fuente de dificultad importante (COOK, 1937).

Una vez que se ha seleccionado la submeta a alcanzar, surge el problema de elegir la secuencia de operadores necesarios para conseguirla; se ha comprobado que la dificultad de elección está relacionada con la cantidad de movimientos que debieran hacerse para alcanzarla (EGAN, 1973; EGAN y GREENO, 1974). De esta afirmación podría deducirse que el primer movimiento es el más difícil pero, al parecer, su procesamiento no sigue los cauces habituales (EGAN, 1973; EGAN y GREENO, 1974; KAPAT, 1982).

Las afirmaciones anteriores no son completas : a partir de ellas podría deducirse que la dificultad depende exclusivamente del tamaño del espacio de estados, pero hay toda una línea de investigación reciente (CHI, FELTOVICH y GLASER, 1981; LARKIN, McDERMOTT, SIMON y SIMON, 1980; HAYES y SIMON, 1976; KOTOVSKY, HAYES y SIMON, 1985) que ha cambiado el foco de interés desde la estructura de la tarea a su representación, pues ésta también tiene implicaciones que influyen en el nivel de dificultad. Dentro de esta línea, el trabajo de KOTOVSKY, HAYES y SIMON (1985), continuación del de HAYES y SIMON (1977) es quizás, el que explora de forma más sistemática las causas de la dificultad de los problemas; algunos de sus resultados (como el porqué de las diferencias entre Cambio y Movimiento) quizás resulten excesivamente específicos para generalizarlos a otras situaciones experimentales algo diferentes. Pero si parece claro que si en dos problemas aparentemente semejantes hay diferencias en el tiempo de lectura y aprendizaje de las instrucciones, se puede anticipar que esos dos problemas resultarán con distinta dificultad para los sujetos. También parece probable que cuanto más difícil sea un problema, más veces volverán los sujetos a las reglas para decidir la legalidad de un movimiento, incluso después de haber iniciado la ejecución. Por otra parte, no parece que la dificultad relativa pueda cuantificarse por el número de errores o movimientos ilegales (que apenas se producen) sino más bien por el tiempo de ejecución y, aunque con menos frecuencia, por el número de pasos. Los sujetos incorporan su conocimiento sobre el mundo a su representación del problema y cuanto mayor sea la cantidad de información aplicable, más fácil resultará. Los problemas que inducen representaciones espaciales permiten manejar simultáneamente mayor cantidad de información y, por último, el disponer de objetos externos que representen los elementos del problema, que puedan ser "manipulados" más que imaginados, suele ser otro elemento importante por su incidencia en la dificultad de la tarea.

### 3.5.2 - Aprendizaje

La pregunta, ¿qué se aprende cuando se resuelve un problema?, o ¿cuál es la mejor forma de conseguir que a alguien le resulta más fácil re-

solver un problema? ha tenido múltiples intentos de respuesta y, en consecuencia, múltiples respuestas. Algunos autores han tratado de comprobar si se puede influir en la clase de conocimiento que se adquiere y, mediante las instrucciones, han inducido a los sujetos a procesar la información de una manera concreta o a aplicar una estrategia concreta. Otro tipo de estudios tratan de conocer qué es lo que facilita la generalización de algo aprendido a otras tareas nuevas pero semejantes (trabajos con isomorfos). Un tercer y último tipo de investigaciones pretenden decidir si es mejor empezar con una tarea fácil para después pasar a la difícil o si resulta más económico en esfuerzo el proceso inverso.

Uno de los primeros trabajos publicados sobre la Torre de Hanoi, el de EWERT y LAMBERT (1932)<sup>(1)</sup> presentaba una manipulación de las instrucciones, pues un grupo recibía sólo información sobre las reglas del juego; un segundo grupo era animado a encontrar un principio general de solución; al tercero se le planteaba verbalmente ese principio y al cuarto se le daba el principio más una demostración del método correcto con tres discos. Hubo diferencias entre los grupos que habían recibido el principio y los que no tenían esa información.

Años más tarde COOK (1937), en un segundo experimento del trabajo ya citado, utilizó dos grupos para estudiar las diferencias de transferencia fácil-difícil frente a difícil-fácil. Uno de los grupos resolvía tres veces el problema de la Torre de Hanoi: la primera vez sólo había dos discos, la segunda tres y la tercera cuatro; otro grupo realizaba la misma tarea pero invirtiendo el orden de ejecución. Los resultados obtenidos muestran una clara evidencia de transferencia de complejo a simple, pero no de simple a complejo; aunque el efecto era importante en número de errores, número de movimientos y número de ensayos, era de nuevo en la variable tiempo de ejecución donde las diferencias resultaban especialmente importantes. Habría que eliminar de estos comentarios el ensayo con dos discos, pues dado que se ejecutaba casi siempre de manera perfecta, no sufría variaciones entre las distintas condiciones experimentales.

---

<sup>(1)</sup> Citado por GAGNE y SMITH (1962).

GAGNE y SMITH (1962), por su parte, indujeron, mediante las instrucciones, a sus sujetos a que trataran de encontrar una regla general sobre la forma de resolver el problema de la Torre de Hanoi, de manera que pudieran contarle a otra persona como hacerlo. Los sujetos practicaban con torres de dos, tres, cuatro y cinco discos y, posteriormente, pasaban a un problema de seis discos: tanto en los ensayos de práctica como en el ensayo final, no aparecieron diferencias ni en número de movimientos ni en tiempo de ejecución entre el grupo que recibió instrucciones para encontrar la regla y el que recibió ninguna información al respecto. Finalizada la prueba, se pedía a todos los sujetos que formularan verbalmente los principios que llevaban a la solución y sus respuestas se comparaban con lo que, según los autores, era el enunciado correcto de la regla (reproducido en la página 44 de este trabajo). Los sujetos que fueron previamente informados para buscar esta regla durante la ejecución solo fueron superiores al resto de forma casi insignificante. Deducen los autores que todos los sujetos pudieron haber generado por sí mismos una disposición a buscar un método general de solución aun cuando no hubieran sido inducidos a ello.

EGAN (1973), en su ya mencionada tesis doctoral, presentó un curioso análisis de la clase de aprendizaje que se produce cuando se adquiere una cierta práctica con la Torre de Hanoi. Su objetivo era decidir si la información que se transfería de un problema a otro era debida a una recuperación de la memoria de alguno de los *componentes* (transferencia de *componentes*) incluidos en la solución previa o si lo que se transfiere es una clase de información más general (transferencia *generativa*). Como se recordará, los sujetos debían encontrar los caminos óptimos para problemas de tres, cuatro y cinco discos y, posteriormente, debían resolver en un caso un problema de seis discos y en otro uno de cinco discos. Los movimientos que resuelven correctamente el problema de tres discos son los siete primeros y los siete últimos del problema de cinco discos; por su parte, los movimientos del problema con cuatro discos coinciden con los quince primeros y los quince últimos movimientos del problema de seis discos. La cuestión a comprobar era si la transferencia se producía sólo entre los movimientos que se repiten o si se generalizaba al conjunto de la tarea. El resultado de los experimentos con cinco y seis discos demostraba que la transferencia es

igual para los segmentos repetidos que para los nuevos, lo que apoya la existencia de una transferencia generativa o, lo que es lo mismo, no se aprenden secuencias de conductas específicas sino que más bien se adquiere un conocimiento general sobre la tarea.

En el mismo trabajo (EGAN, 1973) y con el fin de describir cuáles son las estructuras de conocimiento más adecuadas para que alguien se convierta en "experto", se manipularon las instrucciones para intentar producir la adquisición de conocimientos diferentes: en una condición (Secuencia) se inducía a los sujetos a que se fijaran en el patrón de movimientos, obligándoles a repetirlos en voz alta o sugiriéndoles que se fijaran especialmente en el disco 1 (hubo tres experimentos y las instrucciones no fueron idénticas); en la segunda (Submetas) se proponían tres submetas que debían aprender de memoria; cuando comenzaban a mover enunciaban la submeta que intentaban conseguir y cuando lo lograban anunciaban la siguiente; en otros experimentos, las submetas estaban reproducidas en tarjetas que permanecían delante del sujeto a lo largo de toda la ejecución. La tercera condición (Ambigua) sólo inducía a "tratar de aprender algo, una estrategia o una regla". Estas instrucciones no consiguieron producir diferencias entre los distintos grupos de entrenamiento, pero sí aparecieron entre éstos y un cuarto grupo que se enfrentaba directamente con el problema de prueba sin experiencia previa con menos discos. EGAN y GREENO (1974) sugieren que la práctica induce a todos los sujetos a utilizar submetas, con independencia de las instrucciones recibidas.

HAYES y SIMON (1977) hicieron dos experimentos que, entre otras cosas, les permitían estudiar los efectos de la transferencia de aprendizaje. A partir de análisis anteriores tenían establecido el grado de dificultad relativo entre pares de problemas. Por ejemplo: los problemas de Cambio, como se ha comentado repetidamente, resultaban más difíciles que los de Movimiento, y los enunciados en forma Pasiva (Paciente) eran más difíciles que los enunciados en forma activa (Agente). Es importante resaltar que en todos los casos fue significativo el efecto principal de transferencia (se tardaba menos tiempo en hacer el problema la segunda vez), pero se producían diferencias importantes en la "cantidad" de aprendizaje en función de la dificultad relativa de cada par de comparaciones: si se comparaban pa-

res que mantenían igualada la condición Agente o Paciente y variaba la condición Cambio-Movimiento (pares MA vs. CA; o CP vs. MP, etc.) podía afirmarse que había una transferencia sensiblemente mayor en los pares fácil-difícil (un promedio del 51%) que en los pares difícil-fácil (1%). Sin embargo, si se mantenía constante la condición Movimiento o Cambio y se variaba la condición Agente-Paciente (pares MA vs. MP, o CA vs. CP, etc.) aparecían cantidades mayores de transferencia cuando el más difícil del par se hacía primero (61% frente a 43%). En general había menos transferencia cuando lo que se cambiaba era el tipo de problema (de Cambio a Movimiento o viceversa) que cuando se cambiaba de Agente a Paciente, lo que pone de manifiesto que la primera de las manipulaciones comentadas genera mayores diferencias que la segunda.

Por su parte LUGER y LAUER (1978) utilizaron los isomorfos Torre de Hanoi y Ceremonia del Te, con cuatro discos y cuatro tareas. Para hacer los problemas semejantes en el mayor número de aspectos presentaban la Torre en su forma habitual (postes y discos) y para la Ceremonia construyeron un dispositivo que representaba los huéspedes y el anfitrión por tres brazos que convergían en un mismo punto, y las tareas por bloques, encajados en los brazos y de distinta altura que representaban la importancia relativa de las tareas. Controlaron también las restricciones impuestas por la Regla 2, dado que las tareas estaban encajadas en las pistas o brazos de forma que no podía extraerse el bloque mayor hasta que no se transferían los correspondientes a las tareas menos importantes. Los sujetos debían hacer las dos tareas (balanceando el orden en los dos grupos), repitiendo cada una de ellas hasta que lograban ejecutarla en el menor número de pasos y en un periodo de tiempo determinado. No se indicaba por parte del experimentador la relación entre ambas y las medidas dependientes utilizadas fueron el tiempo, el número de estados visitados y el número de movimientos ilegales (que, por cierto, apenas aparecían).

Resultó más difícil la Ceremonia que la Torre; la ejecución global (juntas las dos tareas) de los dos grupos no difería, y se detectaron efectos de transferencia (p.e.  $TH_{1a\text{ vez}}$  vs  $TH_{2a\text{ vez}}$ ) aunque en el trabajo no se cuantifica la cantidad de ganancia de aprendizaje para cada tarea. Una observación superficial de los datos presentados hace suponer que las dife-

rencias entre TH<sub>1</sub> y TH<sub>2</sub> son mayores que las correspondientes a la Ceremonia del Te, lo que implicaría una asimetría en la transferencia entre las dos tareas.

FROUFE (1985) combina dos variables para estudiar el aprendizaje. En este caso había cuatro grupos de tratamiento. Todos los sujetos debían resolver una vez el problema con tres, cuatro, cinco y seis discos, lo cual implica cuatro ensayos por sujeto. En la condición F-D (fácil-difícil) los problemas se presentaban en el orden de menor a mayor número de discos; en la condición D-F (difícil-fácil) el orden de presentación era inverso. Una segunda variable manipulada fue el hecho de que los sujetos supieran (condición c) o no supieran (condición s) de antemano que deberían enfrentarse a más problemas tras el que estaban resolviendo (diseño factorial 2x2); se suponía que esta instrucción induciría a los sujetos a buscar un plan para resolver eficazmente este tipo de problemas. La influencia del orden de ejecución se manifestó en el hecho de que se tardaba más tiempo en resolver la secuencia D-F que la secuencia F-D; por lo que se refiere a número de movimientos innecesarios, sólo fue significativa la interacción entre las dos variables (secuencia y advertencia adicional), de forma que se beneficiaban más los sujetos de la secuencia F-D cuando además buscaban un plan de ejecución. Comparando los resultados de las dos medidas dependientes utilizadas (número de movimientos innecesarios y tiempo) se observa que en los grupos sin advertencia adicional, el que recibe la secuencia F-Ds tarda menos pero hace más movimientos que el grupo D-Fs. Sugiere el autor que puede ser debido a que los sujetos actúan por ensayo y error y a una cierta velocidad, lo que les lleva a resolver el problema rápidamente pero con muchos errores.

En el exhaustivo e interesante trabajo ya comentado de KOTOVSKY, HAYES y SIMON (1985) se incluyó un experimento que pretendía observar la influencia que tiene sobre la ejecución de los sujetos el conocimiento de una submeta que deben alcanzar para llegar a la solución final. El motivo que les llevó a plantearse esta posibilidad fue el descubrimiento de ciertos patrones que aparecían en la conducta de la mayor parte de los sujetos: éstos invertían una gran cantidad de tiempo en lo que aparentemente era una conducta exploratoria, volviendo al final a un estado semejante al del co-

mienzo (cinco movimientos para alcanzar la meta). A partir de ahí, los sujetos se movían rápida y adecuadamente hacia el objetivo; la rapidez de estos últimos movimientos era mucho mayor que la del resto y además apenas apreciaban diferencias en función del tipo de problema (Movimiento o Cambio). Estos hallazgos sugieren que los sujetos exploran los parámetros del problema, aprendiendo como moverse a través del espacio y aprendiendo las reglas que restringen los movimientos hasta que ven una solución y proceden a ejecutarla. Si se comparaba esta conducta con un modelo de movimientos al azar (con la restricción de que volver a la situación precedente era muy poco probable) se podía ver que un paseo aleatorio podía aproximarse a la conducta exploratoria de los sujetos, pero no modelaba su conducta de camino final.

En un intento por conocer la naturaleza de esa conducta exploratoria se dio a los sujetos el indicio comentado sobre un objetivo intermedio que podía conseguirse con sólo dos movimientos y que, alcanzado, dejaba a los sujetos a tres pasos de la meta final. No sirvió de nada, pues tanto en número de movimientos, como en tiempo total, y como en tiempo por movimiento no aparecieron diferencias entre la condición de indicio y la de no indicio. Sin embargo, cuando este indicio se daba con la forma de presentación estándar (postes-discos) sí mejoraba el rendimiento, lo que interpretan como que el indicio es útil cuando hay ayuda de memoria externa.

En otro de los experimentos se puso a prueba la denominada *Hipótesis sobre la Transferencia en función de la Similitud de Reglas*, que concibe la similitud de conjuntos de reglas como un posible predictor de la transferibilidad de entrenamiento. Si se comparaba el efecto de hacer primero un problema de Acróbatas (fácil) y después uno de Monstruos-Movimiento (difícil), la cantidad de transferencia resultaba ser de +29'5%. Si la secuencia era inversa (D-F), aparecía un efecto negativo que podía cuantificarse en un -30%. Según los autores, este resultado podía explicarse por la falta de compatibilidad en la representación de las restricciones sobre operadores de movimientos (conviene recordar que Acróbatas estaba apoyado por el conocimiento habitual y Monstruos no). Cuando los problemas utilizados fueron Acróbatas-Invertido y Monstruos, aparecía un transfer positivo en cualquiera de las dos secuencias de ejecución. En este experimento el

sentido de las restricciones tamaño-movimiento era el mismo en ambos problemas y ello apoya la hipótesis enunciada.

En un trabajo de ANZAI y SIMON (1979) no se utilizan datos cuantitativos para estudiar qué se aprende mientras se resuelve un problema, o mejor dicho, qué procesos se ejecutan mientras se resuelve el problema de la Torre de Hanoi que posibilitan el aprendizaje de, en su caso, nuevas estrategias. Solo se estudiaba el protocolo de un sujeto femenino y, a través de sus verbalizaciones se describieron las estrategias utilizadas y, posteriormente, se formalizaron en un modelo que utilizaba sistemas de producción. La ejecución global se dividió en cuatro episodios correspondientes a los cuatro intentos de solución del problema con cinco discos. Las verbalizaciones, muy explícitas en la mayor parte de los casos, permitían describir la estrategia utilizada y la información adquirida en los ensayos previos que se utilizaba en cada nuevo intento. Un breve resumen de la ejecución ayudará a precisar los conceptos anteriores :

\* *Primer episodio* : no hubo en ningún momento selección de operadores al azar; comenzó moviendo el disco uno al espacio B porque en el C debería ponerse el disco mayor; el resto de este intento puede definirse como guiado por una *estrategia de búsqueda selectiva* porque, en ningún momento, volvió al estado anterior y tampoco movió dos veces seguidas el mismo disco, lo cual hacía que sólo quedara un movimiento legal en cada estado que era el ejecutado; pero la decisión inicial de poner el disco 1 en B produjo la colocación del disco 4 en C; en ese momento decidió que se había equivocado y comenzó un nuevo ensayo. Según los autores, en este primer intento aprendía que debe colocarse el disco 1 en C en el movimiento inicial.

\* *Segundo episodio* : comenzó poniendo el 1 en C y utilizó submetas intermedias, diciendo que primero debía colocar el disco 5 en C, luego el 4, etc. No aparecían referencias explícitas a cómo calculaba sus movimientos, pero las pausas coincidían con el primer movimiento que debía hacerse después de conseguir cada submeta. Retuvo en su MCP que llevar el disco mayor a C era una buena submeta. Los autores llaman a esto una *estrategia dirigida al poste de meta*.

- \* *Tercer episodio* : hubo numerosos movimientos anticipados que suponían una búsqueda profunda. No se limitaba a resolver "su" problema, sino que razonó sobre qué debería hacer si en lugar de cinco discos tuviera uno, dos, tres o cuatro. En opinión de los autores, sus verbalizaciones reproducían lo que SIMON (1975) denominó *estrategia de submetas recursivas* (o estrategia de recursión de metas), aunque no utilizaba el concepto de pirámide de discos. Resolvió el problema en el número mínimo de pasos y consideró que ya no había más que aprender.
  
- \* *Cuarto episodio* : Inducida por el experimentador, hizo un nuevo intento, aplicando de nuevo la estrategia anterior, pero introdujo una sutil diferencia, porque comenzó a hablar de conjuntos de discos (pirámides) y a plantear metas que consistían en transferir tales conjuntos de un lugar a otro (*estrategia de submetas con pirámides*).

Según los autores, los procesos específicos cuya aplicación permite la aparición de estas estrategias son cuatro : (1) aplicar la estrategia actual; (2) buscar información que se utilizará posteriormente para modificar la estrategia; (3) utilizar información adquirida en episodios previos y (4) decidirse a terminar el intento de solución.

Un trabajo que se sale del marco más o menos común de los comentados hasta ahora, pero que intenta también estudiar qué se aprende cuando se resuelve el problema de la Torre de Hanoi es el de SWELLER (1983). Este autor destaca un aspecto común a casi todas las tareas que se utilizan en resolución de problemas : siempre está implicada la toma de decisiones; pero a partir de este tronco común existen dos ramas de investigación bastante diferenciadas y que no ofrecen apenas solapamiento ni en los principios teóricos ni en el tipo de tareas manejadas. Son las relacionadas con contrastación de hipótesis (hypothesis testing) y la resolución de problemas en sentido estricto. La primera se aplica a tareas de aprendizaje de conceptos (entre otras cosas, claro), en las que se supone que el sujeto descubre el concepto propuesto poniendo a prueba una serie de hipótesis (o reglas) y recibiendo feedback en cada intento, con lo que puede determinar si la hipótesis debe ser mantenida o rechazada. La segunda rama utiliza, también entre otros, problemas de transformación, algunos de los

cuales presentan un patrón de movimientos repetitivo que podría ser descubierto por el sujeto, aunque la evidencia empírica parece demostrar que no se da tal aprendizaje sino que se utiliza el análisis medio-fines. Las causas que, según Sweller, producen estas diferencias habría que buscarlas fundamentalmente en la diferencia del feedback recibido por el sujeto en ambas tareas : en el aprendizaje de conceptos, cada "movimiento" recibe refuerzo, en tanto que en problemas de transformación sólo cuando se alcanza alguna meta o submeta se tiene la certeza de haber realizado los movimientos correctos. Si esto es cierto, la utilización masiva de refuerzo o feedback en los problemas de transformación podría ayudar al descubrimiento de la regla que rige los movimientos.

Para poner a prueba esta hipótesis diseñó un experimento con la Torre de Hanoi, en el que el feedback recibido venía operacionalizado por el conocimiento por parte del sujeto de una serie de metas sucesivas que debía ir alcanzando para llegar a la solución correcta. Cada una de las condiciones experimentales se diferenciaba en el número de metas conocidas : en unos casos se les planteaban submetas que podían alcanzarse con sólo dos movimientos a partir de la submeta anterior; en otras ocasiones la distancia entre submetas era de cinco movimientos y en otros casos de diez movimientos. Los tres grupos correspondientes a estas condiciones hacían un total de cuatro ensayos con el problema de la Torre de Hanoi, los dos primeros con cinco discos y con las submetas presentes (entrenamiento); a continuación hacían un ensayo de prueba (sin submetas) con cinco discos y después un segundo ensayo de prueba (también sin submetas presentes) con cuatro discos. Existían igualmente dos grupos de control que, o bien resolvían sólo el problema de cinco discos una vez y sin submetas, o bien resolvían el de cuatro en las mismas condiciones.

Los grupos experimentales, si hubieran aprendido la regla, deberían tener éxito en la resolución del problema de cinco discos, pero deberían fracasar o tener más dificultades en resolver el de cuatro discos porque, como se comentaba en la estrategia de patrón de movimientos (SIMON, 1975), la regla de ejecución es diferente para los problemas con número par o impar de discos. Por otra parte, la tendencia anterior debiera ser más fuerte cuanto mayor hubiera sido el número de submetas en los ensayos de

entrenamiento. Los resultados experimentales, en líneas generales, confirmaron la hipótesis. En opinión de Sweller, ello demuestra que con los mecanismos de control adecuados los sujetos pueden aplicar el procedimiento de inducción de reglas para resolver problemas de transformación. En realidad el trabajo se completaba con un experimento inverso en el que se inducía a los sujetos a utilizar el análisis medios-fines en tareas que habitualmente suponen la inducción de reglas.

Si se hiciera un resumen de los resultados aparecidos en las publicaciones interesadas en el tema del aprendizaje, agrupándolas en función de los tres temas que se planteaban al inicio de este apartado, podríamos concluir que :

- \* Los intentos para inducir un tipo concreto de aprendizaje (aprender a trabajar con submetas, con patrón de movimientos, etc.) han tenido poco éxito. Son necesarias condiciones experimentales muy extremas para forzar a los sujetos a adquirir la estrategia de patrón de movimientos (EGAN, 1973; EGAN y GREENO, 1974; SWELLER, 1983) y las diferencias en aplicación del análisis medios fines no parecen estar provocadas por las manipulaciones experimentales. Los sujetos necesitan explorar el espacio del problema y hasta que no lo hacen son incapaces de sacar provecho a los indicios que pretenden facilitarles la solución (KOTOVSKY, HAYES y SIMON, 1985) aunque, si se les dice por anticipado lo que deben hacer, mejoran su rendimiento (EWERT y LAMBERT, 1932).
  
- \* Si una tarea o tareas similares se hacen sucesivamente, suele producirse una mejora en el rendimiento (HAYES y SIMON, 1977; LUGER y BAUER, 1978; KOTOVSKY, HAYES y SIMON, 1985) pero, una vez planteado ese principio general es necesario hacer una serie de matizaciones que se derivan, en muchos casos, de cómo se manipulan las variables. Por ejemplo, el tiempo de ejecución suele ser una medida más sensible que el número de movimientos (COOK, 1937); en muchos casos parece que se aprenden aspectos más generales que específicos (EGAN, 1973) y en otros, los aspectos concretos de aprendizajes previos pueden deteriorar el rendimiento posterior (SWELLER, 1983); cuanto más similares sean las reglas que rigen la selec-

ción de operadores, más fácil es que se aumente la transferencia, pero diferencias aparentemente nimias pueden producir efectos negativos (KOTOVSKY, HAYES y SIMON, 1985); la repetición va posibilitando la adquisición de nuevos aprendizajes que se manifiestan en la ejecución de los movimientos y en las verbalizaciones de los sujetos (ANZAI y SIMON, 1979).

- \* La pregunta, ¿qué es mejor, empezar por lo fácil o por lo difícil? no parece tener una respuesta clara. En ocasiones resulta más efectiva la secuencia difícil-fácil (COOK, 1937; HAYES y SIMON, 1977; REED, ERNST y BANERJI, 1974, con problemas de cruces de ríos también encontraron el mismo resultado con alguna de las variables dependientes) y, en otras, resulta más efectiva la secuencia inversa (FROUFE, 1985; HAYES y SIMON, 1977; KOTOVSKY, HAYES y SIMON, 1985; LUGER y BAUER, 1978) sin que parezca posible encontrar un criterio que permita anticipar cuando va a aparecer cada una de las relaciones.

### 3.5.3 - Influencia de las verbalizaciones sobre la ejecución

La Torre de Handi, en su versión manipulativa (presencia real de discos y postes), cuando va acompañada de verbalización concurrente, exige que el sujeto verbalice procesos perceptivo-motores. En tareas de este tipo se ha observado (DURKIN, 1973) que los sujetos tienen dificultades para expresar sus pensamientos verbalmente y que están sesgados hacia la manipulación directa de los objetos e incluso comentan que viven el pensamiento y la manipulación como actividades diferentes, aun cuando las dos estén dirigidas a la solución del problema. También se ha observado (KLINGER, 1974) que la cantidad de verbalizaciones no es menor que en otras tareas, pero son diferentes los contenidos mentales oralmente expresados: hay mayor frecuencia de evaluaciones abstractas (p.e. "bien", "esto marcha"), de intentos de solución no verbalizados y de utilización de procesos de control ("veamos", "vamos a ver", "¿dónde estaba yo?").

ERICSSON y SIMON (1984) suponen que la instrucción de verbalizar no cambia la estructura del procesamiento, pero si puede producir una sustitución de intentos reales por intentos encubiertos. Igualmente, creen que la representación interna generada por estos últimos mejora la memoria y la organización del procesamiento.

Pero, volviendo ya a las investigaciones con la Torre de Hanoi, hay que decir que las verbalizaciones (presencia o ausencia, inducción de un determinado tipo de comentarios, etc.) ha sido una variable manipulada con poca frecuencia. Es más habitual que todas las condiciones experimentales estén igualadas, ya sea exigiendo "pensar en voz alta", ya sea dejando que los sujetos traten de resolver el problema sin efectuar simultáneamente algún tipo de conducta verbal. Sin embargo hay unos cuantos trabajos que si han generado condiciones experimentales diferentes a partir de instrucciones sobre verbalización.

En el ya mencionado trabajo de GAGNÉ y SMITH (1962) se pretendió, además de lo ya comentado, estudiar la influencia de la presencia o ausencia de verbalizaciones durante el entrenamiento en problemas de la Torre de Hanoi (de dos a cinco discos) en la ejecución posterior de un problema de seis discos. Los grupos de Verbalización (V) recibían instrucciones para que describieran cada movimiento y dieran la razón por la que lo hacían. Los grupos de No Verbalización (NV) simplemente recibieron las instrucciones del problema. En el ensayo de prueba no había verbalizaciones para ningún grupo y se registraba el número de movimientos que excedían el número mínimo y el tiempo de ejecución.

Las razones dadas por los sujetos de los grupos V durante la fase de entrenamiento eran bastante concretas; por ejemplo, en ocasiones decían que no podían hacer otra cosa, o que movían un disco para después poder mover otro (anticipación de dos movimientos) o que repetían la secuencia de tres discos, o que como era movimiento impar debía ir en una dirección, etc. Según los autores, estos comentarios no proporcionaban excesiva luz sobre los procesos internos.

Las diferencias en *numero de movimientos y tiempo de ejecución* fueron muy grandes entre los dos conjuntos de grupos (V vs NV) en la prueba con seis discos, siendo siempre más eficaz la ejecución de los grupos V. Como dato curioso resaltan los autores que los tiempos por movimiento de los grupos V eran mayores que los de los grupos NV, y que este tiempo se "llenaba" con los comentarios de los sujetos. No se atrevieron a introducir ninguna explicación concreta sobre los mecanismos de influencia de la verbalización en la ejecución, salvo suponer que la condición de verbalización obliga al sujeto a pensar.

A partir del trabajo de Gagné y Smith otros autores continuaron estudiando la influencia de la verbalización en la ejecución : DAVIES y colaboradores (1968) replicaron sus resultados; WILDER y otros (WILDER y HARVEY, 1971; WILDER, DRAPER y DONNELLY, 1984), a lo largo de diversos trabajos, han tratado de comprobar si la verbalización encubierta (pedir a los sujetos que piensen en una razón para hacer los movimientos aunque no la manifiesten en voz alta) produce los mismos efectos que la verbalización observable; WILDER, DRAPER y DONNELLY (1984) asociaron la eficacia de aquella al nivel de desarrollo cognitivo y pusieron a prueba su hipótesis utilizando dos grupos de sujetos, uno con normales y otro con problemas de aprendizaje, aplicando a cada uno de ellos tres condiciones de verbalización : abierta, encubierta y no instrucciones. Los resultados mostraban que los grupos con algún tipo de verbalización eran superiores a los de no verbalización, pero la influencia no era homogénea : los sujetos normales se beneficiaban más de la verbalización encubierta, en tanto que los niños con problemas de aprendizaje ejecutaban mejor la tarea con verbalización abierta. Estos resultados podrían, según los autores, ser debidos a dos causas : o bien los niños con problemas de aprendizaje no siguen las instrucciones de verbalización encubierta, o bien tienen algún déficit que les impide producirla.

STINESSEN (1985) propuso que la verbalización facilita la transformación de procesos controlados en automáticos, pero que ese efecto aparece esencialmente en los movimientos próximos a la consecución de submetas relevantes.

Por último, AHLUM-HEATH y DI VESTA (1986) publicaron un experimento en el que se analizaba la conducta de los sujetos en la ejecución de la Torre de Hanoi con seis discos, tarea que seguía a un periodo de entrenamiento previo con problemas de dos, tres, cuatro y cinco discos. En la fase de práctica se construyeron cuatro condiciones experimentales: un grupo (VP-NVC) recibía instrucciones de verbalizar el movimiento y la razón para hacerlo en la fase de práctica (VP) aunque en la de prueba no debían verbalizar (NVC); otro grupo (VP-VC) recibía instrucciones de verbalización tanto en la fase de práctica (VP) como en el criterio (VC); el tercero (NP-VC) no tenía práctica y debía verbalizar en el criterio y el cuarto (NP-NVC) no tenía práctica no y verbalizaba en el criterio. Hubo un quinto grupo (NVP-NVC) que tuvo práctica y criterio sin verbalizar. Los resultados mostraron que la práctica era más efectiva que la ausencia de práctica, pero este efecto se potenciaba con la verbalización producida durante ella. Por su parte, la verbalización durante la ejecución de la tarea criterio sólo facilitaba el rendimiento de los sujetos que no tenían práctica anterior, de donde deducen que la verbalización es especialmente útil durante los momentos iniciales del aprendizaje, antes de que se produzca una cierta automatización de las conductas, pues cuando ésta se ha adquirido, la verbalización produce un efecto más bien negativo.

#### 4 - OBJETIVOS E HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

##### 4.1 - OBJETIVOS

Dos de los componentes que, según la teoría de NEWELL y SIMON (1972) es necesario tener en cuenta cuando se estudia la conducta de seres humanos enfrentados a una tarea de resolución de problemas, son también objeto de interés en otras áreas afines: se trata del *sistema de procesamiento* y del *entorno de la tarea*; el tercero, *espacio del problema* es, hasta el momento el más idiosincrásico, aunque existen serias propuestas para am-

pliar su ámbito de aplicación a otras áreas, como el razonamiento y la toma de decisiones (NEWELL, 1980).

El sistema de procesamiento no ha sido, desde luego, objeto de estudio prioritario; en la mayor parte de los casos se ha hecho uso de los conocimientos aportados por otras áreas de la psicología cognitiva, pero sin entrar en matizaciones excesivas sobre las propiedades del sistema y, en consecuencia, sin optar por un modelo teórico concreto. El carácter global de las conductas observadas hace difícil la disociación de los procesos elementales; sólo es posible detectar el resultado de la acción conjunta de los múltiples procesos que influyen, pero es difícil analizarlos en la forma sistemática que es habitual en áreas como memoria, atención, etc.

El segundo componente, el *entorno de la tarea* o descripción de la estructura de los problemas, recibe atención también de los estudiosos de la Inteligencia Artificial: aún cuando un problema no vaya a ser resuelto por un sistema de procesamiento humano, puede ser descrito en sus aspectos estructurales; lo que cambia es la influencia que esa estructura pueda tener dependiendo de las características del sistema que deba enfrentarse a la tarea.

Pero esa influencia conjunta es lo que genera el *espacio del problema*. Son las características y capacidades del sistema, junto con las propiedades de la tarea, las que marcan los límites dentro de los cuáles podrán generarse representaciones mentales alternativas que siempre podrán modificarse a lo largo de la ejecución. Planteado así el tema puede pensarse que no hay reglas que permitan anticipar qué clase de espacio construirá cada sujeto, pero ya HAYES y SIMON (1974) y SIMON y HAYES (1976) demostraron que las instrucciones, la forma de contar la "historia externa" del problema, es un instrumento útil para manipular la clase de representación que se va a generar.

En el momento en que se concibió la presente investigación, en la literatura publicada, sin embargo, no se había concedido importancia a la influencia que la clase de material que se proporcionaba al sujeto para trabajar con la tarea pudiera tener en la construcción del espacio. Los ex-

perimentos comparaban conductas que, o bien exigían siempre trabajar con material manipulable, o bien se resolvían siempre con papel y lápiz, y no se hacían alusiones a la influencia que sobre la ejecución pudiera tener optar por una forma de presentación o por otra; el trabajo actual pretendía, como primer objetivo, demostrar que cuando se comparan esas dos formas de presentación aparecen diferencias importantes entre las representaciones mentales generadas por ambas, y que esas diferencias son fácilmente detectables a través de la ejecución. En realidad, hasta la publicación del experimento de KOTOVSKY, HAYES y SIMON (1985) (aparecido con posterioridad a la conclusión de la fase experimental de esta investigación), no aparecen, en problemas de transformación, comparaciones entre presentaciones más o menos concretas y manipulables del problema.

El diseño final fue el resultado de añadir otros objetivos que también resultaban de interés y que eran fácilmente compatibles con el inicial: las dos ejecuciones realizadas por cada sujeto permitían detectar qué interacciones se producían entre forma de presentación y repetición de la tarea y, por último, se incluyeron varias medidas dependientes con el fin de obtener la máxima información sobre las influencias diferenciales de las dos formas de presentación. A través de la bibliografía presentada se observa que los índices comportamentales elegidos no covarian siempre: número de movimientos, tiempo de ejecución y verbalizaciones, tomados de uno en uno, proporcionan información, en ocasiones, contradictoria, pero es posible que si se utilizan conjuntamente puedan aclarar unas las dudas que quedan planteadas a partir de otros.

Sólo quedaba seleccionar una tarea que permitiera conseguir todos los objetivos descritos y la Torre de Hanoi resultaba ser el problema idóneo por diversos motivos: era una tarea cuya ejecución no exigía controlar conocimientos previos, lo suficientemente compleja como para producir diferencias en el rendimiento, entretenida de realizar (lo que garantizaría la existencia de una motivación positiva), era fácilmente presentable mediante material manipulativo y mediante papel y lápiz y había recibido la suficiente atención entre los estudiosos como para permitir contrastar resultados e interpretaciones.

## 4.2 - HIPOTESIS

Las hipótesis se derivan de la bibliografía presentada, aunque hay que hacer constar que cuando la etapa experimental ya estaba concluida y se estaban analizando los datos (que, como se verá, fue una tarea larga y costosa), aparecieron nuevas publicaciones sobre el tema que no pudieron influir en la génesis de esta investigación. No obstante se ha considerado oportuna su inclusión en los apartados anteriores por estar relacionada con los resultados obtenidos y por hacerse referencia a ella en la discusión de los mismos.

Las hipótesis están relacionadas con cuatro cuestiones generales:

- . influencia de la forma de presentación de un problema.
- . influencia de la repetición de la tarea
- . diferencias en dificultad de las distintas submetas
- . efectos diferenciales de las manipulaciones experimentales sobre distintas variables dependientes.

El enunciado de las hipótesis y las predicciones que se derivan de ellas son :

- 1) *Influencia de la forma de presentación.* El problema se presentaba en dos versiones diferentes : en unos casos había un dispositivo que incluía discos de madera que podían ser trasladados físicamente por los sujetos (forma *M*, Manipulación) y en otros debían dibujarse los estados en fichas de papel cuadrículado (forma *R*, Representación). Se supuso que la forma *M* resultaría más fácil que la forma *R* debido a que :
  - \* debiera ser más fácil entender las instrucciones y las restricciones en la forma *M*, lo que facilitaría la construcción del espacio del problema. Si lo anterior fuera cierto, el tiempo transcurrido desde que se presenten las instrucciones hasta que el sujeto manifieste haber entendido el problema, debiera ser mayor para *R* que para *M* y debiera haber más preguntas asociadas a la legalidad de los movimientos en la primera parte

de las ejecuciones *R* que en las de *M* (HAYES y SIMON, 1974; SIMON y HAYES, 1977).

- \* tanto el recuerdo de las submetas como la aplicación de operadores debieran ser más complejos en la forma *R* porque, como se justificará en la Discusión, las demandas perceptivas y de memoria que influyen en la selección de los operadores son mayores en aquella que en *M*, y ello podrá detectarse a través de las verbalizaciones.

2) *Influencia de la repetición de la tarea.* Se supone que cuando se consigue resolver un problema se ha producido algún tipo de aprendizaje, pero no necesariamente que se adquiera un conocimiento perfecto de la tarea. Si lo anterior fuera cierto :

- \* el rendimiento debiera ser superior en la segunda ejecución.
- \* teniendo en cuenta que según la mayor parte de los experimentos comentados anteriormente (COOK, 1937; EGAN, 1973; GAGNÉ y SMITH, 1962) hacen falta bastantes ensayos para conseguir la solución óptima, la segunda ejecución debiera ser mejor que la primera pero sin alcanzar el nivel óptimo.
- \* la mejora en el rendimiento en la segunda ejecución pudiera estar mediada por diversos aspectos : (a) al parecer, los conocimientos que se adquieren tienen un carácter más general que específico (EGAN, 1973); (b) cuanto más semejantes sean dos tareas, mayor debe ser la transferencia de aprendizaje entre ellas (HAYES y SIMON, 1977); (c) no hay resultados claros sobre qué facilita más el aprendizaje, si una secuencia fácil-difícil o una secuencia difícil-fácil (COOK, 1937; HAYES y SIMON, 1977; FROUFE, 1985). Haciendo una valoración global de estas tres influencias se propone que: (a) debiera haber mayor cantidad de transferencia cuando se ejecuta dos veces la tarea con la misma forma de presentación; (b) en ejecuciones que incluyan ambas formas de presentación no parece haber razones suficientes para proponer como más eficaz una de las dos secuencias (difícil-fácil, *R-M* o fácil-difícil, *M-R*) y (c) te-

niendo en cuenta la falta de sistematicidad de los resultados, si apareciera algún tipo de diferencias éstas debieran ser pequeñas.

3) *Diferencias en dificultad de las distintas submetas.* Se supone que la tarea no es homogénea a lo largo de toda su ejecución, resultando más difíciles unas partes que otras (EGAN, 1973). Para demostrarlo se propone dividirla en cinco segmentos, finalizando cada uno de ellos con la consecución de una submeta. Si la afirmación anterior fuera cierta, las influencias predichas hasta el momento se detectarían fundamentalmente en la primera parte de la tarea.

4) *Medidas dependientes.* Las medidas dependientes no debieran verse afectadas de la misma forma por las manipulaciones experimentales (COOK, 1937; GAGNE y SMITH, 1962; KOTOVSKY, HAYES y SIMON, 1985):

\* teniendo en cuenta las características descritas en la hipótesis 1 sobre *M* y *R*, según las cuales exige mayor cantidad de procesamiento la forma *R*, y dado que el tiempo de ejecución está especialmente influido por la cantidad de procesamiento, se propone que los resultados previstos en las anteriores hipótesis (sobre todo cuando influya la forma de presentación) se manifestarán de forma más acentuada en tiempo que en número de movimientos.

\* por último, se propone que las verbalizaciones variarán en función de los siguientes criterios: (a) dado que la práctica puede generar la automatización de algunos procesos (con lo que es más probable que su ejecución no sea accesible a la conciencia) (ERICSSON y SIMON, 1980, 1984), y dado que en la segunda ejecución el grado de práctica es mayor, se predice que el número de verbalizaciones será menor la segunda vez; (b) como el componente perceptivo-motor es más importante en *M*, se propone que el número de verbalizaciones será menor en esta forma de presentación, y (c) las diferencias anteriores pueden ser mayores en unos tipos de verbalización que en otros.

\* \* \* \* \*

CAPITULO 2

METODO

## 1 - SUJETOS

Los sujetos fueron 20 varones y 20 mujeres, con una edad media de 21'9 años (rango 20 - 26) y una desviación típica de 1'36. Eran estudiantes de tercero y cuarto de Psicología que para cubrir el "*currículum*" de distintas asignaturas tenían que participar como sujetos en alguno de los experimentos que se realizaban en el Departamento; su elección de uno u otro de los ofertados era voluntaria y desconocían la naturaleza del mismo.

Estos sujetos fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos de tratamiento, manteniendo igualada la variable sexo.

## 2 - PROCEDIMIENTO

El desarrollo de las sesiones experimentales era siempre igual : el sujeto era citado a una hora determinada en uno de los laboratorios; se sentaba en una mesa cuadrada en la que estaba colocado el material que iba a utilizar (magnetófono, papeles hacia abajo, tableros tapados, hojas de respuesta, etc.) y frente a él se sentaba la experimentadora, que siempre era la misma. Se le tomaban los datos de identificación personal y se trataba de crear un clima relajado que disminuyera el nerviosismo que solía tener.

Una vez que se había familiarizado con el entorno se le hacía notar que se iba a grabar en un magnetófono todo lo que dijera, pero que la tarea no exigía comentarios íntimos o personales. A continuación se le entregaban las instrucciones (se ponían hacia arriba las hojas correspondientes) con el ruego de que las leyera en voz alta; en ese momento se ponía en marcha el magnetófono.

Como se ha indicado en la Introducción, había dos clases de ensayos que se diferenciaban por la Forma de Presentación del problema. Cuando

correspondía un ensayo de "**MANIPULACION**", el sujeto tenía que resolverlo moviendo cinco discos sobre un tablero que tenía tres hendiduras circulares denominadas A, B y C (ver fotografías 1, 2, 3 y 4). Los 5 discos eran de madera plastificada, de color blanco, de 1'5 cms de grosor e identificados por un número que llevaban impreso en la cara superior. El disco 5 tenía 12'5 cms. de diámetro; el disco 4, 10'5 cms; el disco 3, 8'5 cms.; el disco 2, 6'5 cms. y el disco 1, 5 cms. Las instrucciones que recibían los sujetos en este caso eran las siguientes :

Estamos interesados en saber cómo resuelven los problemas las personas. Este experimento no está diseñado para probar su habilidad en solucionar problemas; se trata simplemente de descubrir qué métodos utiliza Ud. para resolver el problema que se explica a continuación. Puede utilizar todo el tiempo que quiera para resolverlo, pero le rogamos que diga en voz alta todo lo que le pase por la cabeza mientras trata de hacerlo.

EL PROBLEMA QUE DEBE UD. SOLUCIONAR TIENE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS : 3 ESPACIOS, REPRESENTADOS EN EL TABLERO POR LAS LETRAS A, B Y C, Y CINCO DISCOS DE DISTINTOS TAMAÑOS : EL MENOR ES EL 1 Y EL MAYOR ES EL 5.

EN LA SITUACION INICIAL, TODOS LOS DISCOS ESTAN COLOCADOS ESCALONADAMENTE EN EL ESPACIO "A", ESTANDO EL DE MAYOR TAMAÑO DEBAJO Y EL MENOR EN LA PARTE SUPERIOR. EL ESTADO INICIAL ES EL QUE PRESENTA EN ESTE MOMENTO EL TABLERO (fotografía nº 1).

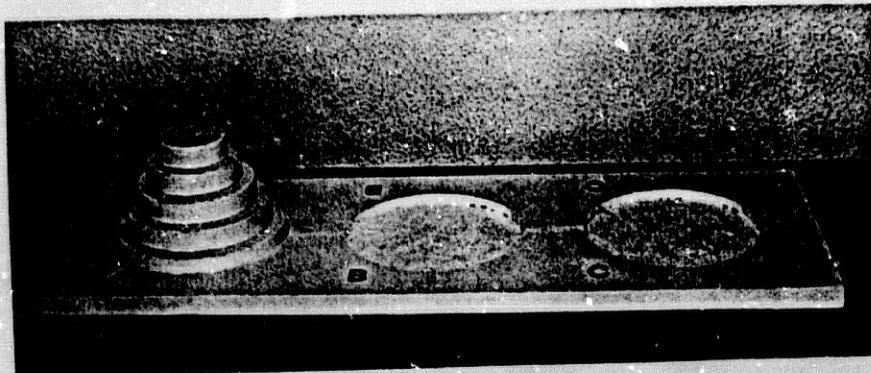
LA TAREA CONSISTE EN MOVER TODOS LOS DISCOS AL ESPACIO "C" (fotografía nº 2), PERO CUMPLIENDO LAS SIGUIENTES CONDICIONES :

- 1) SOLO SE PUEDE MOVER UN DISCO CADA VEZ
- 2) SOLO PUEDE CAMBIAR LOS DISCOS QUE ESTEN EN LA PARTE SUPERIOR DEL O DE LOS MONTONES.
- 3) NUNCA SE PUEDE COLOCAR UN DISCO GRANDE ENCIMA DE OTRO MAS PEQUERO.
- 4) SOLO PUEDE UTILIZAR, PARA CUALQUIER MOVIMIENTO, LOS TRES ESPACIOS SEÑALADOS (A, B Y C)

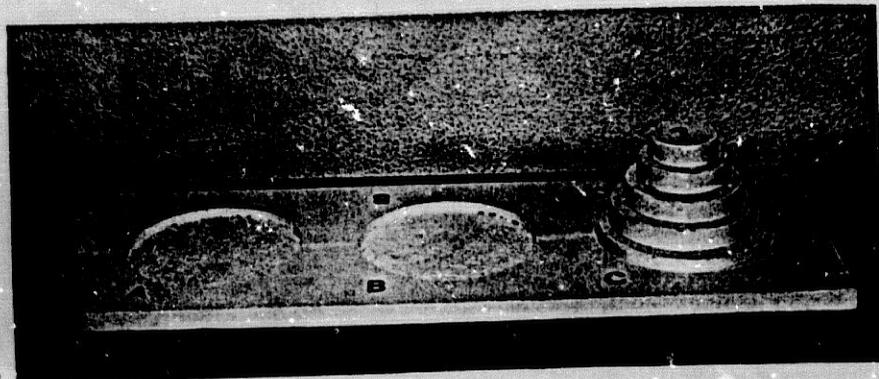
Para poder registrar sus sucesivos movimientos, le rogamos que los describa en voz alta. Por ejemplo, si decide cambiar el disco más pequeño y colocarlo en el espacio "B", deberá decir : "Muevo el 1 a B" (fotografía nº 3); o bien, si desea comenzar cambiando el disco más pequeño al espacio "C" dirá : "Muevo el 1 a C" (fotografía nº 4).

Su siguiente movimiento, según las instrucciones, sólo le permitiría mover el disco 1 o el 2, porque son los que están en la parte superior de un montón. Deberá seguir haciendo los movimientos que crea le llevarán al estado final, pero, insistimos, no deje de decir en voz alta todo lo que se le pase por la cabeza mientras trata de resolver el problema.

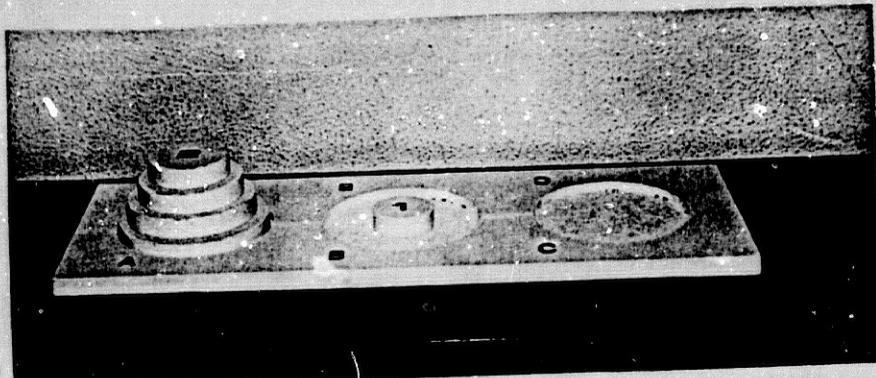
1



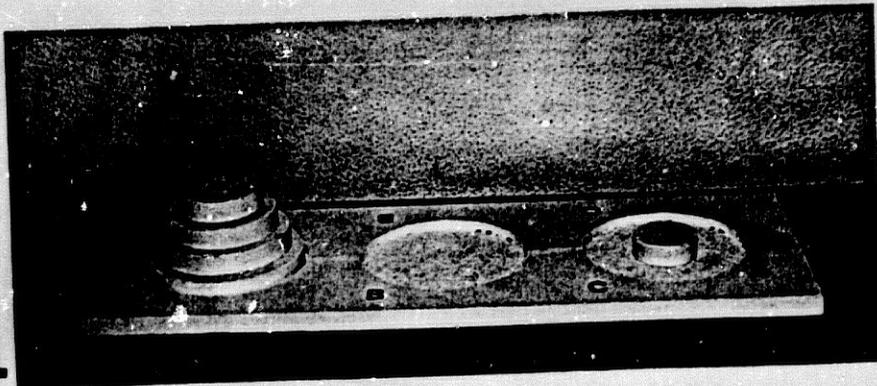
2



3



4



Si hay algo que no ha entendido, pregúntelo. En caso contrario puede comenzar a mover los discos. Gracias.

A medida que el sujeto iba leyendo las instrucciones, la experimentadora iba colocando los discos en las posiciones indicadas en el texto; estas posiciones se reproducen en las fotografías de la página anterior.

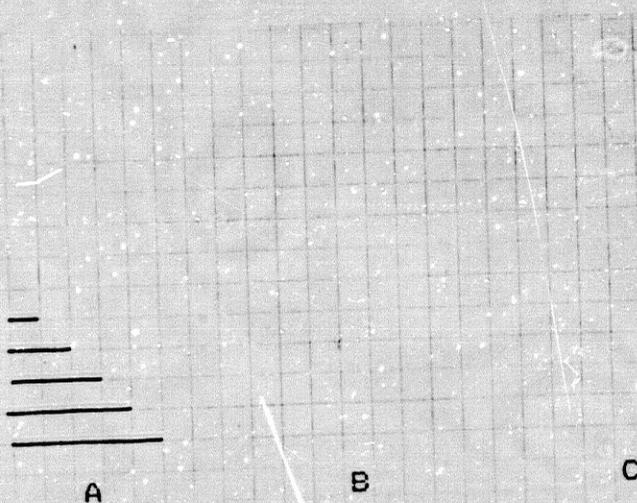
Cuando al sujeto le correspondía un ensayo de "REPRESENTACION", recibía, en lugar del tablero y los discos, un montón grande de fichas en papel cuadriculado como las que aparecen en las instrucciones que siguen, en una cantidad que excedía con mucho las que pudiera utilizar. Las instrucciones, en estos casos, eran las siguientes :

Estamos interesados en saber cómo resuelven los problemas las personas. Este experimento no está diseñado para probar su habilidad en solucionar problemas; se trata simplemente de descubrir qué métodos utiliza Vd. para resolver el problema que se explica a continuación. Puede utilizar todo el tiempo que quiera para resolverlo, pero le rogamos que diga en voz alta todo lo que le pase por la cabeza mientras trata de hacerlo.

EL PROBLEMA QUE DEBE VD. SOLUCIONAR TIENE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS : 3 ESPACIOS, REPRESENTADOS EN EL TABLERO POR LAS LETRAS A, B Y C, Y CINCO DISCOS DE DISTINTOS TAMAÑOS ; EL MENOR ES EL 1 Y EL MAYOR ES EL 5.

EN LA SITUACION INICIAL, TODOS LOS DISCOS ESTAN COLOCADOS ESCALONADAMENTE EN EL ESPACIO "A", ESTANDO EL DE MAYOR TAMAÑO DEBAJO Y EL MENOR EN LA PARTE SUPERIOR.

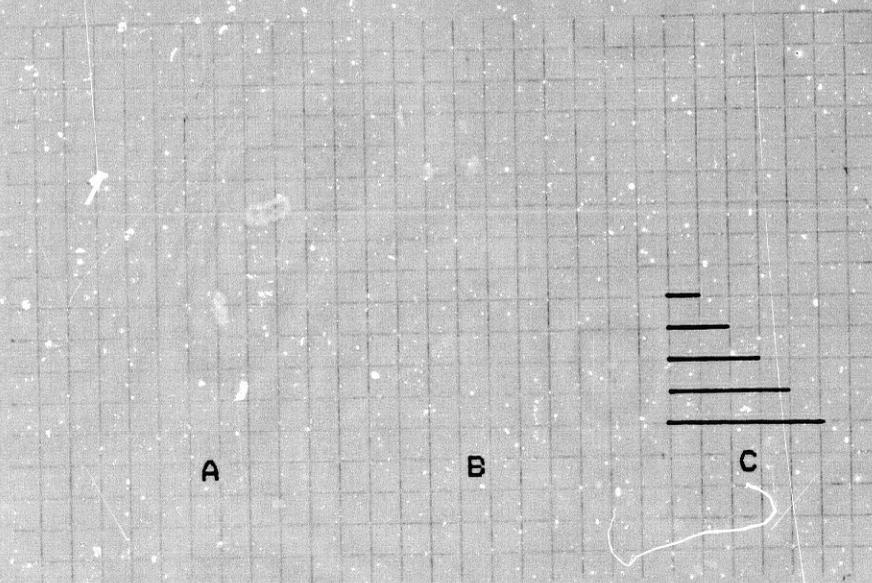
EL ESTADO INICIAL SERIA EL SIGUIENTE :



LA TAREA CONSISTE EN MOVER TODOS LOS DISCOS AL ESPACIO "C", PERO CUMPLIENDO LAS SIGUIENTES CONDICIONES :

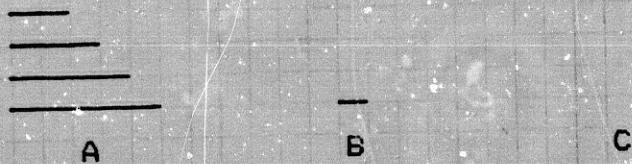
- 1) SOLO SE PUEDE MOVER UN DISCO CADA VEZ
- 2) SOLO PUEDE CAMBIAR LOS DISCOS QUE ESTEN EN LA PARTE SUPERIOR DEL O DE LOS MONTONES.
- 3) NUNCA SE PUEDE COLOCAR UN DISCO GRANDE ENCIMA DE OTRO MAS PEQUEÑO.
- 4) SOLO PUEDE UTILIZAR, PARA CUALQUIER MOVIMIENTO, LOS TRES ESPACIOS SEÑALADOS (A, B Y C)

LA SITUACION FINAL SERIA :

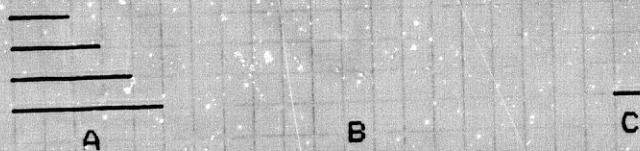


Para que represente sus sucesivos movimientos tiene una serie de fichas en papel cuadriculado. Represente el disco mayor por una línea de 5 cuadros, el siguiente por una de 4 y así sucesivamente.

Veamos un ejemplo : supongamos que Vd. desea cambiar el disco más pequeño y colocarlo en el espacio "B". Su representación deberá ser la siguiente :



O bien, desea comenzar cambiando el disco más pequeño al espacio "C". En este caso debería escribir :



Su siguiente paso, según las instrucciones, sólo le permitiría mover el disco de 1 cuadro o el de 2 cuadros, porque son los que están en la parte superior de un montón. Deberá seguir haciendo los movimientos que crea le llevarán al Estado Final.

Si hay algo que no ha entendido, preguntelo. En caso contrario puede empezar a representar la posición en que quedan los discos después de cada movimiento en las fichas.

Gracias.

Durante la ejecución al sujeto sólo podía ver la ficha inmediatamente anterior (que representaba la posición que tenían los discos en ese momento) y la que estaba utilizando para reflejar su siguiente movimiento, de forma que no podía observar las posiciones anteriores o los estados por los que ya había pasado.

Tanto durante la lectura de las instrucciones, como una vez finalizada ésta, los sujetos solían hacer preguntas sobre la tarea; tratando de conseguir que el sujeto se encontrara cómodo, la actitud de la experimentadora no era excesivamente rígida, respondiendo a las preguntas o pidiendo aclaraciones sobre las verbalizaciones, pero procurando en todo caso no dar información que pudiera influir en el rendimiento del sujeto.

Cuando intentaba hacer algún movimiento que contraviniera las reglas establecidas, se le indicaba que era incorrecto y se le recordaba la regla en cuestión. En ningún caso podía volver a comenzar, salvo que ejecutara los movimientos que devolverían los discos a la posición inicial.

Finalizada la Primera Ejecución, se remarcaba el éxito en la tarea y se le preguntaba si creía que al hacerlo otra vez le resultaría más sencillo. A continuación se entregaban las nuevas instrucciones si la Segunda Ejecución era diferente de la Primera, o se le preguntaba si las recordaba cuando las dos ejecuciones eran de igual Forma de Presentación.

Finalizada la Segunda Ejecución, y continuando con el registro magnetofónico, se pasaba a hablar del problema con el sujeto. Los comentarios eran de un contenido similar en todos los casos :

si le había resultado más fácil una forma que otra (cuando había tenido dos Formas de Presentación diferentes)

si le había resultado más fácil la segunda vez cuando lo había hecho de la misma Forma.

cuando creía que había tenido un mejor rendimiento.

comentarios diversos sobre la actuación del sujeto a lo largo de las dos ejecuciones, intentando que verbalizara qué era lo que había aprendido la primera vez y cuáles eran los métodos o estrategias que había utilizado.

Mediante estos comentarios se trataba de ver qué imagen tenía el sujeto del problema y de su rendimiento *a posteriori*.

Por último, se le agradecía la participación y se le rogaba que no comentara con nadie lo que había hecho, pues el conocimiento previo hacía inútil la participación en el experimento.

Durante toda la sesión, la experimentadora iba tomando nota en las Hojas de Respuesta de los movimientos producidos por el sujeto, y registraba el tiempo global que invertía en cada ejecución, pero casi todo el análisis de datos (como se verá posteriormente), se hizo a partir de los registros en cinta magnetofónica.

### 3 - DISEÑO

Las variables independientes manipuladas fueron :

- \* **Forma de Presentación.** Como se ha descrito en el apartado de procedimiento, el problema podía presentarse, o bien en Forma de **Manipulación (M)**, o bien en la Forma llamada **Representación (R)**.

\* *Repetición de la tarea.* Cada sujeto hacía el problema dos veces para determinar qué era lo que se aprendía cuando se conseguía resolver el problema una vez, y cómo se aplicaba ese aprendizaje a una nueva ejecución.

\* *Submetas.* La ejecución se analizaba en su globalidad y también dividida en partes significativas. Un segmento de la ejecución era el que terminaba con la colocación del disco 5 en el espacio C, y se denominó a esta primera parte 5C; el siguiente cuando se colocaba el disco 4 sobre el 5 en el espacio C (4C); la conducta comprendida entre este momento y la colocación del disco 3 sobre el 4 se denominó 3C, etc...

Estas tres variables se combinaron en la forma representada en la Figura 2.1, lo que llevó a utilizar un diseño 4x2x5, con los dos últimos factores de medidas repetidas, identificándose éstos con las siguientes denominaciones :

FACTOR 1 **GRUPOS DE TRATAMIENTO**, factor entre grupos con 4 niveles constituidos cada uno de ellos por una combinación diferente de la Forma de Presentación : el **GRUPO 1 (N-R)** hizo la primera vez Manipulación y la segunda Representación; el **GRUPO 2 (R-N)** hizo la primera vez Representación y la segunda Manipulación; el **GRUPO 3 (N-N)** hizo las dos veces Manipulación y el **GRUPO 4 (R-R)** hizo las dos veces Representación.

FACTOR 2 **ORDEN**, factor de medidas repetidas, con dos niveles : **Primera Ejecución** y **Segunda Ejecución**

FACTOR 3 **SUBMETAS**, factor de medidas repetidas, con 5 niveles, correspondientes a cada una de las Submetas seleccionadas : 5C, 4C, 3C, 2C y 1C.

Para el análisis de una de las variables dependientes "Tipos de Verbalización", se utilizó un diseño 4x2x5x8, pues se incluyó un factor más :

FACTOR 4 **CATEGORIAS DE VERBALIZACION**, factor de medidas repetidas, con 8 niveles que se comentarán en su momento, pues se agruparon las

*FIGURA 2.1 - Descripción del diseño experimental*

	<i>ORDEN, 1ª Ejecución</i>						<i>ORDEN, 2ª Ejecución</i>					
	<i>SUBMETAS</i>						<i>SUBMETAS</i>					
	50	40	30	20	10	Total	50	40	30	20	10	Total
Grupo 1	Manipulación						Representación					
Grupo 2	Representación						Manipulación					
Grupo 3	Manipulación						Manipulación					
Grupo 4	Representación						Representación					

verbalizaciones producidas por el sujeto a lo largo de cada ejecución en bloques homogéneos.

Por último solo queda comentar que en las comparaciones planeadas que se describen a continuación se utilizaron términos de error específicos, siguiendo la metodología de análisis propuesta por KEPPEL (1973)

\* \* \* \* \*

CAPITULO 3

RESULTADOS

Como ya se ha comentado en la introducción, uno de los objetivos del trabajo era analizar la ejecución de los sujetos desde perspectivas diferentes. En principio se seleccionaron las siguientes medidas o variables dependientes

- . Numero de Pasos o Numero de Movimientos
- . Tiempo de Ejecución
- . Tiempo por movimiento
- . Numero de Verbalizaciones
- . Tipos de Verbalizaciones.

Por razones que se justificaran más adelante, posteriormente se añadió una medida más :

- . Longitud de las desviaciones.

Las cuantificaciones correspondientes se realizaron a partir de las grabaciones magnetofónicas, por lo que fue necesario elaborar de formas muy variadas este material en bruto.

Por ello, el análisis de resultados supone una tarea compleja de preparación de los datos. Durante la realización del experimento, el Departamento no contaba con instrumental informático, por lo que las observaciones se hicieron en la forma manual que hemos descrito en el apartado de Procedimiento y parte de la preparación de los datos ya estaba hecha cuando, posteriormente se adquirió un Toshiba T300 en el que se introdujeron todos los datos ya elaborados y a partir de los ficheros creados se hicieron los análisis estadísticos.

A lo largo de este capítulo se describirá cada una de las formas de análisis utilizadas, pero previamente conviene hacer una serie de consi-

deraciones que no corresponden de forma directa a ninguna de las variables dependientes, pero que suponían un tratamiento del material necesario para poder hacer elaboraciones posteriores más complejas.

## 1 - IDENTIFICACION DE ESTADOS

Según la terminología utilizada por NILSSON (1971) el *espacio de estados* estaba constituido por todas las posiciones que podían ocupar los discos sin que se contraviniera la regla "*nunca se puede colocar un disco grande encima de otro más pequeño*". Independientemente de que los sujetos realmente utilizaran todos esos Estados, era posible alcanzar cualquiera de ellos.

- \* El primer paso, pues, consistió en describir estos Estados e identificarlos con alguna denominación. Las combinaciones "legales" eran 242 (sin incluir el Estado Inicial) y se hizo corresponder, de forma arbitraria, cada una de ellas con un número del 1 al 242, salvo los estados identificados con los números 1 a 31, que reproducen la secuencia óptima de movimientos que lleva a la solución del problema. En los demás casos no debe suponerse nunca que existe alguna relación lógica de movimientos o estrategias entre un número y el siguiente.

Para poder localizar un Estado determinado (en el momento en que se hizo este trabajo no se disponía aún de instrumental informático) y acceder a su identificación, se siguió la siguiente regla de organización :

- . se eligió el disco 5 como base de las pirámides que se podían construir en A (por ejemplo, 5, 4, 3, 2, 1; ó 5, 4, 3, 2; ó 5, 4, 3, 1, etc...).
- . para cada una de estas pirámides se vio qué posiciones podían tomar el resto de los discos en los espacios B y C. Por ejemplo, si se suponía

que los discos que había en A eran el 5, 4, 3 y 2, el disco 1 podía estar en B (Estado 32) o podía estar en C (Estado 1).

una vez agotadas todas las combinaciones que incluían el disco 5 en A, se pasaba a seleccionar las que se generaban suponiendo que el disco 4 era la base de las pirámides en A (por ejemplo, 4, 3, 2, 1: ó 4, 3, 2, etc...)

para cada una de estas nuevas combinaciones, se veía qué posiciones podían ocupar el resto de los discos en los espacios B y C. Por ejemplo, si en A estaban los discos 4, 3, 2, 1, el disco 5 podía estar en B (Estado 97) o en C (Estado 98).

se seguía a continuación suponiendo que la base de la pirámide en A era el disco 3, luego el 2 y así sucesivamente.

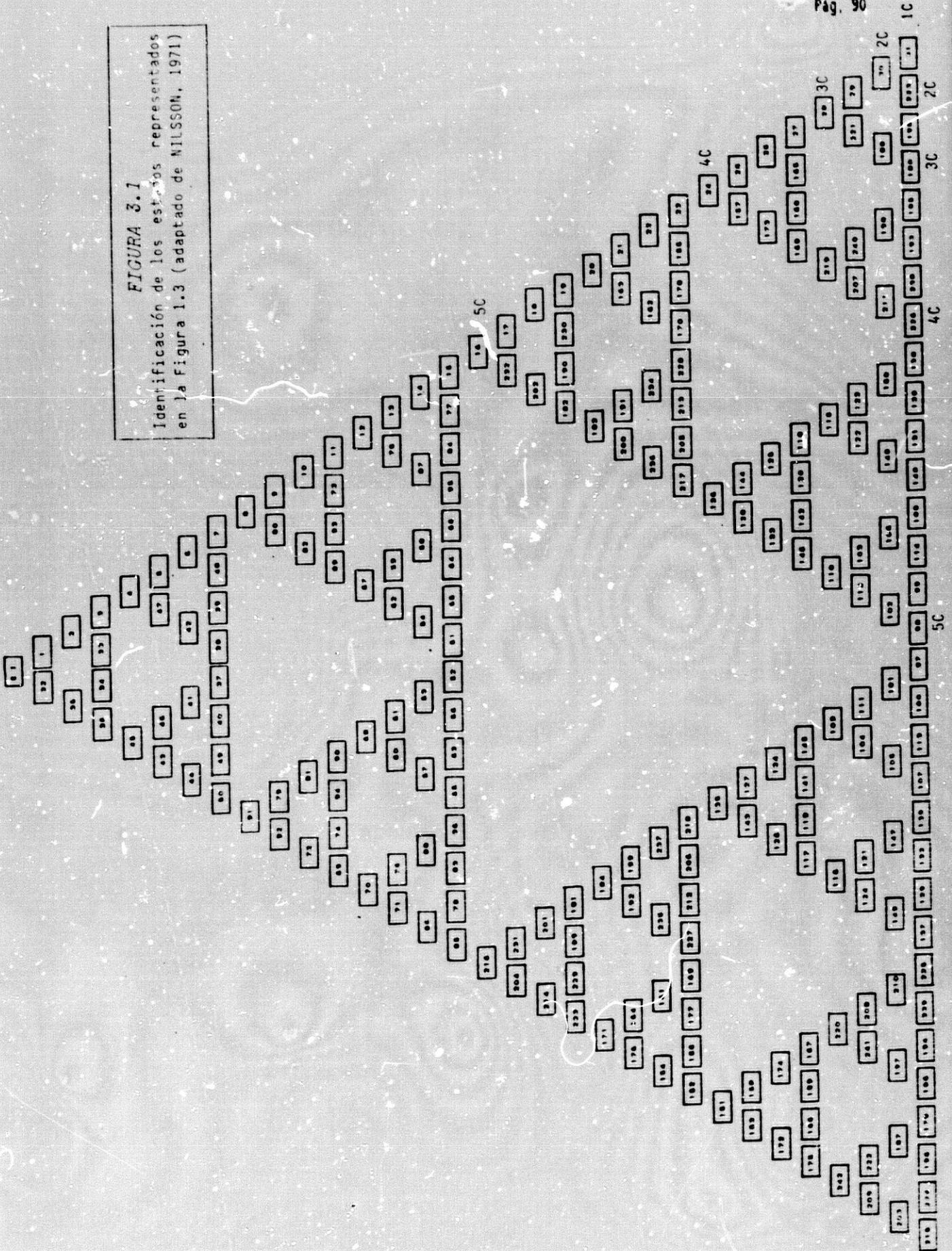
una vez agotadas las 242 combinaciones posibles se denominaba cada una de ellas con un número entre el 1 y el 242, con la precisión anterior para los Estados 1 a 31.

En el ANEXO 1 (págs. 1 a 19) puede verse el resultado de este proceso y en la Figura 3.1 la representación del espacio de estados de la Figura 1.3, pero sustituyendo cada configuración de discos por el número de estado que le corresponde; en las aristas derecha e inferior están señalados los estados que coinciden con la consecución de cada una de las Submetas.

Se utilizó esta información para identificar qué estados visitaba cada sujeto. Como curiosidad diremos que los Estados que nunca fueron visitados en el conjunto de las ejecuciones de los cuarenta sujetos fueron el 122, 125, 144, 188 y 221, lo que da ya una idea de la gran variabilidad que había en la ejecución, pues los sujetos se "pasearon" por casi todos los sitios que podían visitar.

Una vez finalizada la tarea anterior, el segundo paso consistió en ver qué Estados podían alcanzarse a partir de cada posición. Siguiendo las reglas del problema, siempre se puede elegir entre tres movimientos (excepto

FIGURA 3.1  
Identificación de los estados representados  
en la Figura 1.3 (adaptado de NILSSON, 1971)



cuando se está en el Estado Inicial, o en el 215 o en el 31, las tres esquinas, pues en estos casos sólo se puede elegir entre dos), cada una de los cuales permite pasar a un estado diferente. Se identificaron estas transiciones y también se relacionan en el ANEXO I.

Por último, se identificó cuál era la mejor transición posible en cada caso para alcanzar el Estado Final con un número mínimo de movimientos, y esta elección óptima aparece en letra cursiva y subrayada en la columna de Transiciones Posibles del mencionado ANEXO.

\* \* \* \* \*

## 2 - TRANSCRIPCIÓN DE PROTOCOLOS

Todo el contenido de las cintas magnetofónicas fue mecanografiado para cada sujeto y cada ejecución, con varios controles sucesivos para verificar la fidelidad de las transcripciones. Para ejemplificar como resultaron estos protocolos se han seleccionado cuatro que se reproducen en el Anexo II. Los criterios de selección han sido diversos : se trataba de incluir varones y mujeres, primera y segunda ejecución y tiempos de realización grandes y pequeños para cada una de las dos Formas de Presentación.

La transcripción se ha organizado en cuatro apartados generales :

- . *Datos de identificación*, que indican el grupo, sexo, forma de presentación y orden de ejecución.
- . *Instrucciones*, que reproduce el intercambio de información entre sujeto y experimentadora hasta el momento en que aquél se decide a comenzar a resolver el problema. En los ejemplos que aparecen en el citado Anexo, los sujetos que hacían el problema por primera vez tienen incluidas las instrucciones; no así los que lo ejecutaban por segunda vez pues, como se indicó en el apartado de Procedimiento, cuando se hacían las dos ejecuciones con la misma forma de Presentación no se volvían a leer las instrucciones.
- . *Proceso de solución*, que incluye todas las verbalizaciones desde el momento en que se dice haber comprendido las reglas hasta que se resuelve el problema.
- . *Comentarios posteriores* : reproducción del intercambio de opiniones entre sujeto y experimentadora acerca de la sesión experimental. Como también se indicaba en el Procedimiento, estos comentarios sólo se producían después de la segunda ejecución, por lo que los protocolos que reproducen primeras ejecuciones no tienen apenas comentarios posteriores.

Las características de los protocolos seleccionados son las siguientes :

- Primera ejecución de un varón del Grupo 1, que había recibido la Forma de Manipulación, como representante de los que invirtieron bastante tiempo (877 segundos) en hacer el problema con esta forma (pág. 21 de Anexos).
- Segunda ejecución de un varón del Grupo 3 (*N-N*) que hacía el problema también con Manipulación (pág. 28 de Anexos) como representante de los que invirtieron poco tiempo en esta forma (104 segundos).
- Primera Ejecución de una mujer del Grupo 2, que había recibido la Forma de Representación y que invirtió mucho tiempo (5.320 segundos) en resolver el problema (pág. 34 de Anexos), y, por último
- Segunda Ejecución de una mujer del Grupo 4 (*R-R*) que hacía de nuevo el problema en la Forma de Representación. En esta ocasión invirtió sólo 502 segundos y dio el número mínimo de pasos; además fue la única que reprodujo mentalmente los 16 movimientos que permiten colocar el disco 5 en el espacio C (pág. 69 de Anexos).

Los párrafos precedidos por una "S" son las verbalizaciones del sujeto, y los precedidos por una "E" son las de la experimentadora. Se ha incluido además otra clase de información (número de movimientos y tipo de verbalización) que se explicará en apartados posteriores.

A partir de este material, se comenzaron a cuantificar las distintas variables dependientes utilizadas en el trabajo, que se describen a continuación.

\* \* \* \* \*

### 31 - NUMERO DE PASOS

Como se ha visto en la evidencia empírica, una de las variables dependientes que se utilizan casi siempre es el número de pasos que da el sujeto hasta que consigue resolver el problema. Por ello fue la primera variable analizada, aunque conviene hacer una serie de precisiones antes de pasar a describir los resultados de los análisis estadísticos.

Ya se ha comentado en repetidas ocasiones que la tarea de las Torres de Hanoi exige una secuencia de movimientos mínima para conseguir alcanzar el Estado Final. Esta secuencia óptima es de 31 movimientos (Figura 1.2), y los estados alcanzados por cada uno de esos pasos son los identificados con los números 1 a 31 en el Anexo I. Si bien está delimitado el número mínimo de pasos, no lo está el máximo. Los estados posibles son los 242 que también aparecen en el Anexo I, pero un sujeto podría dar más si visitara varias veces alguno de esos estados. En nuestro experimento, el número máximo de pasos dado por un sujeto fue de 113, no hubo ninguno que lo hiciera con el mínimo en la primera ejecución (el que menos dio hizo 34) y hubo dos que lo consiguieron en la segunda ejecución.

Los comentarios anteriores hacen referencia a la ejecución global pero, como vimos en la Introducción, en este análisis se subdividió la tarea en cinco submetas o puntos por los que necesariamente deben pasar todos los sujetos para llegar a la solución final. Estas submetas se identificaron con los nombres 5C (colocar el disco 5 en el espacio C, que puede lograrse alcanzando los estados 16, arista derecha, ó 98, arista inferior de la Figura 3.1); 4C (colocar el disco 4 encima del 5 en C, momento representado con los estados 24 ó 226); 3C (colocar el disco 3 encima del 5 y del 4 en C, logrado cuando se alcanzan los estados 28 ó 180); 2C, con los cuatro discos mayores en C (esta posición podría alcanzarse en los estados 30 ó 223) y 1C, cuando se consigue colocar todos los discos en el espacio C (estado 31).

Estas Submetas fueron identificadas como tales por los propios sujetos porque, una vez alcanzada alguna de ellas, no volvían a quitar los

discos implicados de esa posición (LUGER, 1976); dicho de otra forma : cuando un sujeto lograba colocar el disco 5 en el espacio C no volvía a quitarlo de ahí; si posteriormente lograba poner el 4 encima del 5, no movía ninguno de los dos discos, y así sucesivamente.

Este hecho de alcanzar submetas y no abandonarlas, restringe el número de estados que un sujeto puede visitar a medida que avanza en la ejecución de la tarea. Podrá dar una idea aproximada de cuál es el *espacio de estados por submeta* la siguiente enumeración, aunque debe dejarse constancia de que cuando un estado puede incluirse en dos submetas se ha adjudicado a la primera de ellas :

- . para alcanzar la submeta 5C se pueden recorrer 163 estados y se visitaron todos en el conjunto global de las ejecuciones.
- . suponiendo que el sujeto ya no mueve el disco 5 de C, para colocar el 4 en el mismo espacio puede visitar 54 estados, y se visitaron 51.
- . después de conseguir la submeta 4C y hasta lograr la 3C pueden visitarse 18 estados, y se visitaron todos.
- . para alcanzar 2C se pueden visitar 6 y se visitaron 4
- . y, por último, una vez alcanzada 2C, para llegar al Estado Final sólo se puede ir al Estado 31.

Evidentemente, todas las consideraciones anteriores eran ignoradas por los sujetos mientras realizaban la tarea, pero queremos dejar constancia de ellas porque, como postula el modelo de Newell y Simon, el número de pasos por submeta que dieron los sujetos estaba influido, aun sin ellos saberlo, por esta estructura del problema.

Por lo que se refiere ya a la operacionalización de la variable, y como puede suponerse a partir de los comentarios anteriores, el paso siguiente consistió en registrar los pasos que dio cada sujeto hasta conseguir cada una de las Submetas.

En la Tabla 3.1 se presentan los valores medios del Número de Pasos de cada Grupo en función de las otras variables manipuladas; la Figura 3.2 reproduce la representación gráfica de la tabla anterior y, por último, en la Tabla 3.2 aparecen los resultados del análisis de varianza por grupos de tratamiento, orden de ejecución y submetas.

### 3.1 - RESULTADOS GENERALES

\* El único efecto principal que resultó significativo fue el de **SUBMETAS**, que presenta, en relación a la variable que estamos analizando, ciertas peculiaridades. Recordemos que la estructura del problema (*el entorno de la tarea*), impone un número mínimo de pasos para alcanzar cada una de las submetas (p.e., no se puede colocar el disco 5 en el espacio C con menos de 16 movimientos), lo que significa que, salvo en condiciones extremadamente anómalas, esta variable debe producir un efecto significativo, como así sucedió ( $F_{(4,144)} = 182.659$ ,  $p < .001$ ). Según los resultados obtenidos, las diferencias en Número de Pasos entre cada dos Submetas consecutivas eran significativas, con los valores de  $F$  que pueden verse en la Tabla 3.3.

Para comprobar si este efecto era exclusivamente atribuible a la estructura del problema, se comparó el Número Mínimo de Pasos con el Número de Pasos reales, transformando la diferencia en porcentaje sobre el número mínimo de pasos correspondiente. Los resultados se reproducen en la Tabla 3.4.

Como puede verse, el incremento total de Pasos Reales sobre Pasos Mínimos no se distribuía a lo largo de las Submetas de forma proporcional: en 5C se dieron el doble de pasos, en 4C un 78.7 % más, en 3C un 12.5 % más y en 2C y 1C no hubo diferencias (todos los sujetos dieron el número mínimo de pasos en ellas).

TABLA 3.1  
 VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LA VARIABLE  
 "NÚMERO DE PASOS" EN FUNCIÓN DEL GRUPO DE TRATAMIENTO,  
 DEL ORDEN DE EJECUCIÓN Y DE LAS SUBMETAS.

GRUPOS	PRIMERA VEZ					SEGUNDA VEZ				
	5C	4C	3C	2C	1C	5C	4C	3C	2C	1C
GRUPO 1 $\bar{x}$	30,90	21,50	5,10	2,--	1,--	27,70	12,10	4,10	2,--	1,--
(M - R) DT	15,34	12,80	2,13	0,--	0,--	15,02	4,12	0,32	0,--	0,--
GRUPO 2 $\bar{x}$	35,30	12,30	4,--	2,--	1,--	36,--	13,90	4,20	2,--	1,--
(R - M) DT	20,60	2,75	0,--	0,--	0,--	20,11	4,36	0,63	0,--	0,--
GRUPO 3 $\bar{x}$	40,--	15,70	5,--	2,--	1,--	29,60	13,90	5,70	2,--	1,--
(M - M) DT	21,99	9,36	1,41	0,--	0,--	19,58	5,28	2,31	0,--	0,--
GRUPO 4 $\bar{x}$	32,90	10,60	4,10	2,--	1,--	25,20	14,20	4,10	2,--	1,--
(R - R) DT	17,35	3,34	0,32	0,--	0,--	5,75	8,52	0,32	0,--	0,--

NOTAS

(M-R) : Primera vez Manipulación y Segunda vez Representación, (R-M) : Primera vez Representación y Segunda vez Manipulación, (M-M) : Primera y Segunda vez Manipulación, (R-R) : Primera y Segunda vez Representación.

5C : Número medio de movimientos hasta colocar el disco 5 en el espacio C, 4C : Número medio de movimientos desde la consecución de la submeta 5C hasta que se coloca el disco 4 en el espacio C, 3C : Número medio de movimientos desde la consecución de la submeta 4C hasta que se coloca el disco 3 en el espacio C, 2C : Número medio de movimientos desde la consecución de la submeta 3C hasta que se coloca el disco 2 en el espacio C, 1C : Número medio de movimientos desde la consecución de la submeta 2C hasta que se coloca el disco 1 en el espacio C.

FIGURA 3.2 : Representación gráfica de los valores medios en **NÚMERO DE PASOS** en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas.

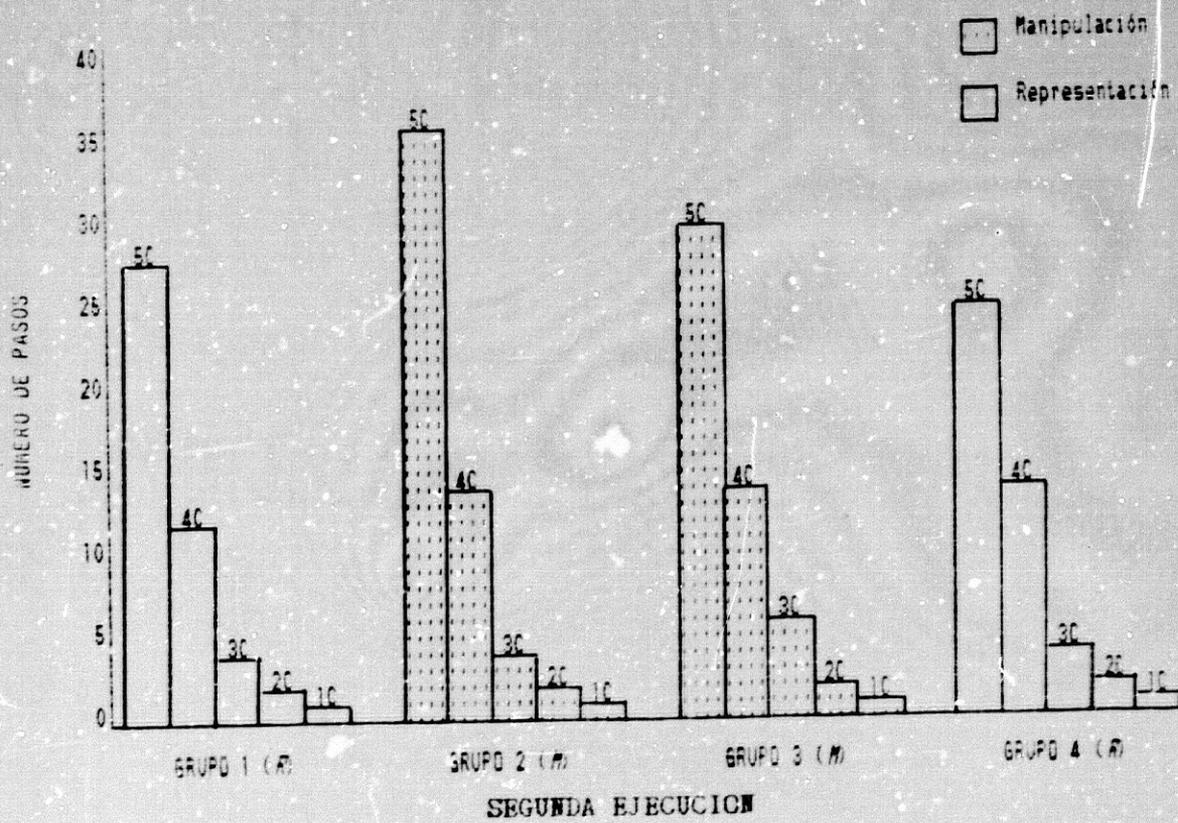
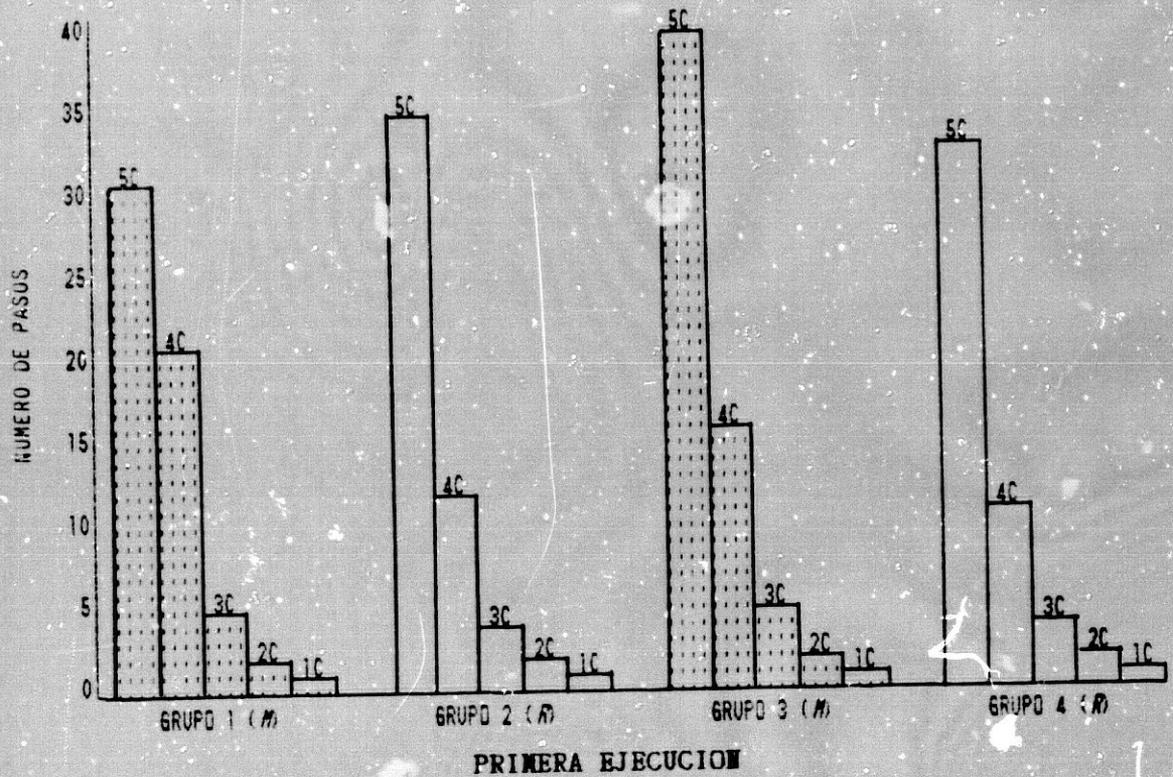


TABLA 3.2  
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE "NUMERO DE PASOS"  
POR GRUPOS DE TRATAMIENTO, ORDEN DE EJECUCION Y SUBMETAS.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRATICA	F
GRUPOS	195,27	3	65,09	0,633
ORDEN	178,22	1	178,22	3,105
SUBMETAS	54.618,76	4	13.654,69	182,659***
GRUPOS x ORDEN	162,05	3	54,02	0,941
GRUPOS x SUBMETAS	796,53	12	66,38	0,888
ORDEN x SUBMETAS	397,24	4	99,31	1,480
GRUP. x ORD. x SUBM.	696,63	12	58,05	0,865
ERROR <sub>GRUPOS</sub>	3.700,63	36	102,80	
ERROR <sub>ORDEN Y GRP. x ORD.</sub>	2.066,03	36	57,39	
ERROR <sub>SUBM. Y GRP. x SUBM.</sub>	10.764,72	144	74,76	
ERROR <sub>ORD. x SUB. Y GR. x ORD. x SUBM.</sub>	9.659,33	144	67,08	

NOTA : \*\*\* =  $p < 0,001$

TABLA 3.3  
DIFERENCIAS EN NUMERO DE PASOS ENTRE SUBMETAS CONSECUTIVAS

	Número Medio de Pasos por por sujeto y Submeta					F	g.l.	p
	5C	4C	3C	2C	1C			
Comp. 5C vs 4C	32'2	14'3				18'985	(1,36)	<.001
Comp. 4C vs 3C		14'3	4'5			21'352	(1,36)	<.001
Comp. 3C vs 2C			4'5	1		26'571	(1,36)	<.001
Comp. 2C vs 1C				2	1	36'003	(1,36)	<.001

TABLA 3.4  
DIFERENCIAS ENTRE "NUMERO DE PASOS REALES" Y "NUMERO DE PASOS MINIMOS"  
POR SUJETO EN FUNCION DE LAS SUBMETAS

Submetas	Pasos Minimos por ejecución	Pasos Reales por sujeto	% de exceso Pasos Reales sobre Pasos Minimos
50	16	32'2	101'2 %
40	8	14'3	78'7 %
30	4	4'5	12'5 %
20	2	2'-	-
10	1	1'-	-
TOTAL	31	54'-	74'- %

Las anteriores consideraciones nos permiten afirmar que el efecto principal de la variable SUBMETAS no debe atribuirse únicamente a la estructura del problema, sino que la ejecución de los sujetos modificó en parte la influencia de esa estructura.

Ninguna de las interacciones, ya fuera de primero o segundo orden, resultaron significativas.

Como consecuencia del diseño experimental, la comprobación de la mayor parte de las hipótesis exige analizar la triple interacción. Teniendo en cuenta que con esta variable no resultó significativa, no tiene sentido hacer una descripción pormenorizada de los resultados, pero se introduce ya el esquema de análisis que aparecerá en el resto de las variables.

### 3.2 - ORDEN Y SUBMETAS EN CADA GRUPO

En este apartado se comparó, para cada Grupo por separado, la diferencia en ejecución global (Primera frente a Segunda vez) y las diferencias entre las dos ejecuciones por Submetas.

El único Grupo que presentó diferencias significativas entre Primera y Segunda vez ( $F_{(1,9)} = 11'62$ ,  $p < .01$ ) fue el GRUPO 1 (N-R). Fue mayor el Número de Pasos por sujeto de la Primera ejecución (M, 60'5) que el de la Segunda (R, 46'9). En las comparaciones por Submetas (Tabla 3.1) fue mayor el Número de Pasos de la Primera ejecución para las tres primeras submetas (5C, 4C, 3C), pero sólo hubo significación estadística en 4C ( $F_{(1,9)} = 6'52$ ,  $p < .05$ ).

En general puede decirse que siempre fueron más los pasos dados en la Primera Ejecución que en la Segunda, con la única y mínima excepción del GRUPO 2 (54'6 Pasos Primera Vez y 57'1, Segunda Vez).

Por Submetas aparecía un patrón muy similar (Tabla 3.1) con 5C, 4C y 3C, pero en las dos últimas (2C y 1C) no había ninguna diferencia entre las dos ejecuciones.

### 3.3 - MANIPULACION FRENTE A REPRESENTACION

El diseño experimental no permitía hacer comparaciones de todas las ejecuciones *N* frente a todas las ejecuciones *R*. Para analizar las diferencias en función de la Forma de Presentación se hicieron dos clases de comparaciones : en primer lugar se compararon las dos Formas de Presentación en cada ejecución por separado, y en segundo lugar se combinaron dos ejecuciones en los casos en que era metodológicamente posible. Quedarán más claros los comentarios que siguen si se ven a través de la Figura 2.1

- \* **COMPARACIONES *N* FRENTE A *R* EN CADA EJECUCION.** Se unían, con datos de la Primera Ejecución, los Grupos 1 y 3 (*N*) y se comparaban con los Grupos 2 y 4 (*R*).

El mismo proceso se seguía con la Segunda Ejecución, uniendo los Grupos 2 y 3 (*N*) frente a la suma de los Grupos 1 y 4 (*R*).

- \* **COMPARACIONES *N* FRENTE A *R* COMBINANDO DOS EJECUCIONES.** El primer análisis en este caso, comparaba el Grupo 3 (*N-M*) con el Grupo 4 (*R-R*).

La segunda comparación enfrentaba las ejecuciones *N* con las ejecuciones *R* de los dos Grupos (1 y 2) que habían tenido las dos Formas de Presentación : la parte *N* la constituían la Primera ejecución del Grupo 1 y la Segunda ejecución del Grupo 2; la parte *R* estaba formada por la Segunda ejecución del Grupo 1 más la Primera del Grupo 2.

Como resumen de los resultados en esta variable podría decirse que :

- . siempre eran superiores en Número de Pasos las ejecuciones *N* que las *R*, cualquiera que fuera la comparación hecha.
- . pero no aparecían diferencias significativas entre ejecuciones globales.
- . por submetas, 5C, 4C y 3C siguieron la pauta de ejecuciones globales : siempre fue mayor el Número de Pasos; las últimas submetas, 2C y 1C eran exactamente iguales en lo que a la mencionada variable se refiere.
- . aparecían diferencias significativas en algunas comparaciones entre submetas, pero nunca en 5C (en unos casos en 4C y en otros en 3C).

#### 3.4 - SECUENCIA EN EL ORDEN DE PRESENTACION

Para observar la influencia combinada de Forma de Presentación y Orden se hicieron dos clases de comparaciones : la primera entre los grupos que habían tenido distintas Formas de Presentación en las dos ejecuciones y la segunda entre los grupos que habían tenido la misma Forma de Presentación en la Segunda Ejecución.

- \* **GRUPOS CON DISTINTA FORMA DE PRESENTACION EN CADA EJECUCION.** Los grupos comparados en esta ocasión eran el 1 (*N-R*) y el 2 (*R-D*). Primero se comparaban, como en los casos anteriores, las ejecuciones globales y a continuación, segmentadas por Submetas.
- \* **GRUPOS CON LA MISMA FORMA DE PRESENTACION EN LA SEGUNDA EJECUCION.** Como se desprende del epigrafe, en este caso sólo se analizaban datos de la Segunda Ejecución, comparando en primer lugar el GRUPO 2 con el 3, ya que

ambos hicieron la Segunda vez Manipulación, pero se diferenciaban en la Forma de Presentación de la Primera ejecución y se pretendía observar el efecto de esa diferencia tanto en ejecución global como en Submetas.

En segundo lugar se comparaban entre sí los dos grupos que hicieron la Segunda vez Representación : el GRUPO 1, que la Primera vez hizo **M**, y el 4, que las dos veces hizo **R**, por el mismo motivo y con el mismo patrón de comparaciones que en el caso anterior.

En general, y por lo que se refiere a Número de Pasos :

aparecían algunas tendencias globales que nunca eran lo suficientemente grandes como para producir diferencias significativas; por ejemplo : produce menos movimientos M-R que R-M, M-M que R-M y R-R que M-R.

en las Submetas no aparecen ni tan siquiera esas tendencias.

### 3.5 - RESUMEN DE RESULTADOS

• El único efecto principal que resultó significativo fue el del factor **Submetas**, pues el Número de Pasos siguió un orden decreciente a medida que se iban consiguiendo submetas consecutivas (más pasos en 5C que en 4C, etc.). Este efecto parece atribuible, pero no sólo, a la estructura de la tarea.

• Dado que la **Forma de Presentación**, no coincidía con ninguno de los factores del análisis de varianza, se hicieron comparaciones posteriores para ver si podía detectarse alguna influencia concreta : sólo aparecieron pautas generales, que en muy pocos casos alcanzaron niveles de significación estadística, y que pueden describirse de la siguiente forma :

• cuando se comparaban, dentro de un mismo Grupo, Primera y Segunda Ejecución, la pauta que ofrecían los datos era la siguiente : (a) si se

combinaban las dos Formas de Presentación, con independencia del orden en que se hubieran ejecutado, siempre se daban más pasos en *M*; (b) si en un grupo aparecía una única Forma de Presentación solían hacerse más movimientos en la Primera Ejecución que en la Segunda.

cuando se comparaban *M* frente a *R*, uniendo más de un Grupo o más de una Ejecución, volvían a aparecer más pasos en la Forma *M*.

cuando se combinaban en un Grupo, dos ejecuciones de Forma de Presentación diferente, el orden en que se había ejecutado la tarea no parecía influir en el rendimiento global. Tampoco había influencia diferencial sobre la Segunda Ejecución en función de que la Forma de Presentación de la primera vez fuera igual o diferente que la de la segunda.

y, por último, cuando las comparaciones anteriores se desglosaban por Submetas, las pautas generales eran las mismas aunque en casos contados aparecían diferencias significativas.

Como conclusión global, se podría decir que si nos atenemos sólo a los datos con significación estadística, y tal como ocurría en otros experimentos que utilizaban esta misma medida, no parece que el Número de Movimientos sea especialmente sensible a las manipulaciones experimentales, pero si se presta atención a las tendencias que señalan los datos (mayor Número de Pasos en *M* que en *R*) se debería concluir que el comportamiento en esta variable parece ser el opuesto al esperado a partir de las hipótesis planteadas. No se discutirá ahora el significado de este resultado, pero conviene dejar constancia de él y retomarlo posteriormente.

\* \* \* \* \*

#### 4 - LONGITUD DE LAS DESVIACIONES

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis de Número de Pasos, y tratando de apresar qué influencia ejercían las Formas *N* y *R* (producían una pauta sistemática de diferencias que no solían ser lo suficientemente grandes como para alcanzar niveles de significación estadística) se analizó el Número de Pasos desde una perspectiva en cierto modo más cualitativa : en el punto anterior sólo se vio la cantidad de movimientos; quizás fuera interesante matizar un poco más la naturaleza de esos movimientos. Para ello se prepararon los datos de la forma compleja que se describe a continuación.

Como se vio en el epigrafe 1 de este capítulo, estaban identificados cuáles eran los movimientos óptimos a partir de una configuración dada. Con esta información se revisaron los movimientos de todos los sujetos y se registraron cuáles de éstos iban dirigidos a conseguir la meta eficazmente y cuáles suponían pasos que alejaban la posibilidad de lograr el objetivo. Se cuantificaron los últimos y se denominaron Número de Pasos Desviados.

Como es de suponer, a lo largo de la ejecución los sujetos a veces elegían el movimiento óptimo y a continuación podían hacer una nueva elección que les desviaba del mejor camino; por lo tanto, existían secuencias de movimientos desviados que se interrumpían en un momento determinado por una elección óptima, pero que volvían a iniciarse posteriormente. Un segundo análisis cuantificó cuántas veces a lo largo de cada ejecución el sujeto se salía del camino óptimo. Se llamó a esta variable Número de Desviaciones.

Como resumen de los datos anteriores se puede decir que el Número de Pasos fue de 4.321; de ellos, 1.564 fueron movimientos desviados (lo que nos da idea de la importancia que tiene el análisis de esta parte de la ejecución), que se produjeron a lo largo de 303 desviaciones.

Se tenía, pues, el Número de Pasos Desviados y el Número de Desviaciones por sujeto y submeta. Como es lógico suponer, existe una relación entre Número de Pasos y Número de Pasos Desviados, pues los sujetos que re-

suelven el problema con pocos movimientos es porque suelen hacer la elección óptima en la mayoría de las ocasiones. Sin embargo, puede esperarse más variación con el Número de Desviaciones : es posible que un sujeto haya tenido 20 pasos desviados, por ejemplo, y todos hayan ido seguidos ( una vez que ha vuelto por el camino correcto ya no se aparta de él), en tanto que otro sujeto puede haber tenido el mismo número de pasos desviados pero éstos se han dado de forma intermitente, intercalándose pasos desviados y pasos correctos.

Para apresar estas posibles diferencias, se pensó que sería interesante utilizar una medida combinada de las dos variables anteriores, la Longitud de las Desviaciones, que sería el resultado de dividir, para cada sujeto y cada submeta, el Número de Pasos Desviados entre el Número de Desviaciones.

Con este análisis se trataba, pues, de detectar las diferencias que pudieran existir entre los sujetos en la parte menos eficaz de su ejecución, esto es, en los segmentos de movimientos que les alejaban de la consecución de las submetas correspondientes.

También conviene indicar que los valores altos en esta variable pueden interpretarse como bajo rendimiento, ya que indican que el sujeto no sabe qué hacer para resolver el problema con el número mínimo de pasos a partir de cualquier estado dado.

La Tabla 3.5 reproduce los valores de medias y desviaciones típicas de la Longitud de las Desviaciones en función de las variables manipuladas, y la Figura 3.3 contiene la representación gráfica de las mismas. En la Tabla 3.6 se presenta el Análisis de Varianza por Grupos de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas.

TABLA 3 5  
VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LA VARIABLE "LONGITUD DE LAS DESVIACIONES" EN FUNCION DEL GRUPO DE TRATAMIENTO, DEL ORDEN DE EJECUCION Y DE LAS SUBMETAS.

GRUPOS	PRIMERA VEZ					SEGUNDA VEZ				
	5C	4C	3C	2C	1C	5C	4C	3C	2C	1C
GRUPO 1 $\bar{x}$	3'42	7'13	1'10	0'--	0'--	3'49	2'86	0'10	0'--	0'--
(M - R) DT	2'64	4'12	2'13	0'--	0'--	2'22	2'22	0'32	0'--	0'--
GRUPO 2 $\bar{x}$	3'43	3'66	0'--	0'--	0'--	5'28	5'90	0'20	0'--	0'--
(R - M) DT	2'50	2'53	0'--	0'--	0'--	2'77	4'36	0'63	0'--	0'--
GRUPO 3 $\bar{x}$	4'80	4'93	1'--	0'--	0'--	3'51	4'40	1'50	0'--	0'--
(M - M) DT	3'18	4'77	1'41	0'--	0'--	4'13	3'19	2'17	0'--	0'--
GRUPO 4 $\bar{x}$	3'48	2'--	0'10	0'--	0'--	4'85	5'05	0'10	0'--	0'--
(R - R) DT	2'66	1'88	0'32	0'--	0'--	4'98	8'59	0'32	0'--	0'--

## NOTAS

(M-R) : Primera vez Manipulación y Segunda vez Representación. (R-M) : Primera vez Representación y Segunda vez Manipulación. (M-M) : Primera y Segunda vez Manipulación. (R-R) : Primera y Segunda vez Representación.

5C : Longitud media de las desviaciones hasta colocar el disco 5 en el espacio C.  
4C : Longitud media de las desviaciones producidas desde la consecución de la submeta 5C hasta que se coloca el disco 4 en el espacio C. 3C : Longitud media de las desviaciones producidas desde la consecución de la submeta 4C hasta que se coloca el disco 3 en el espacio C. 2C : Longitud media de las desviaciones producidas desde la consecución de la submeta 3C hasta que se coloca el disco 2 en el espacio C. 1C : Longitud medias de las desviaciones producidas desde la consecución de la submeta 2C hasta que se coloca el disco 1 en el espacio C.

**FIGURA 3.3 :** Representación gráfica de los valores medios en **LONGITUD DE LAS DESVIACIONES** en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas.

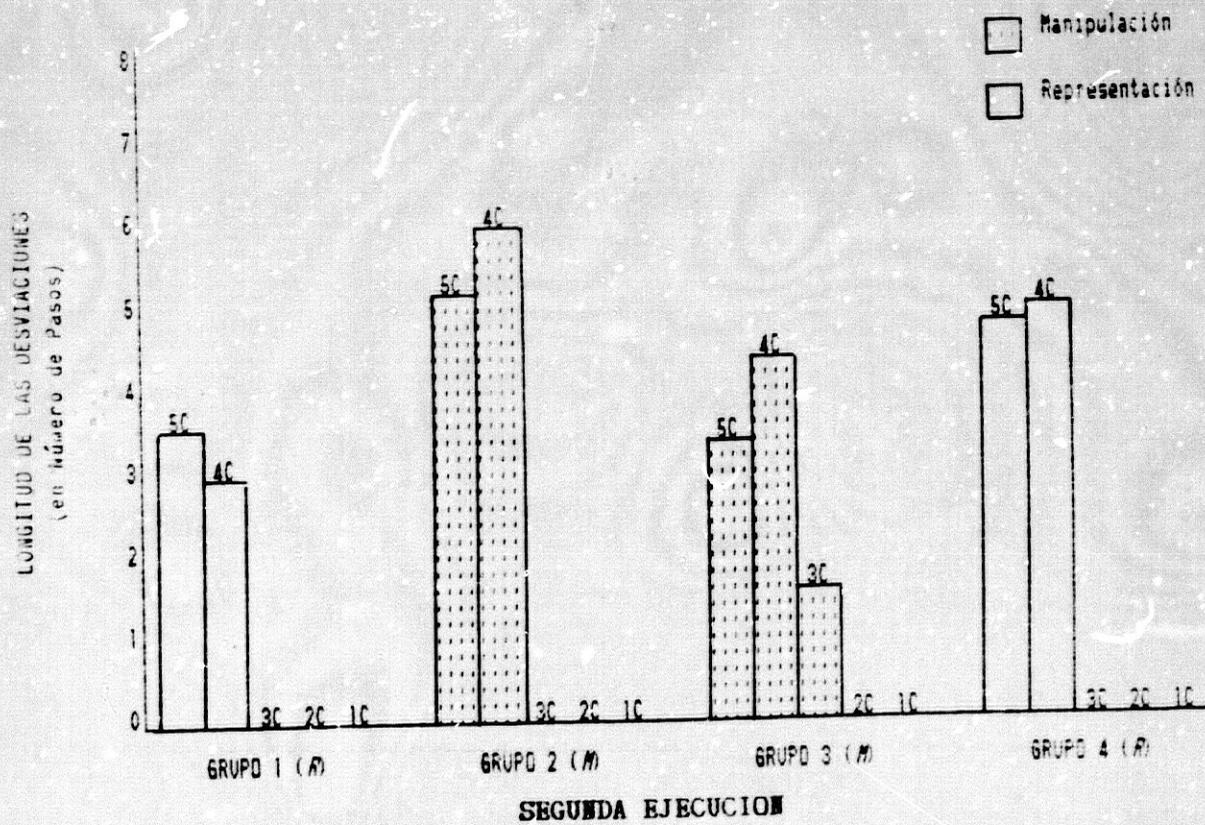
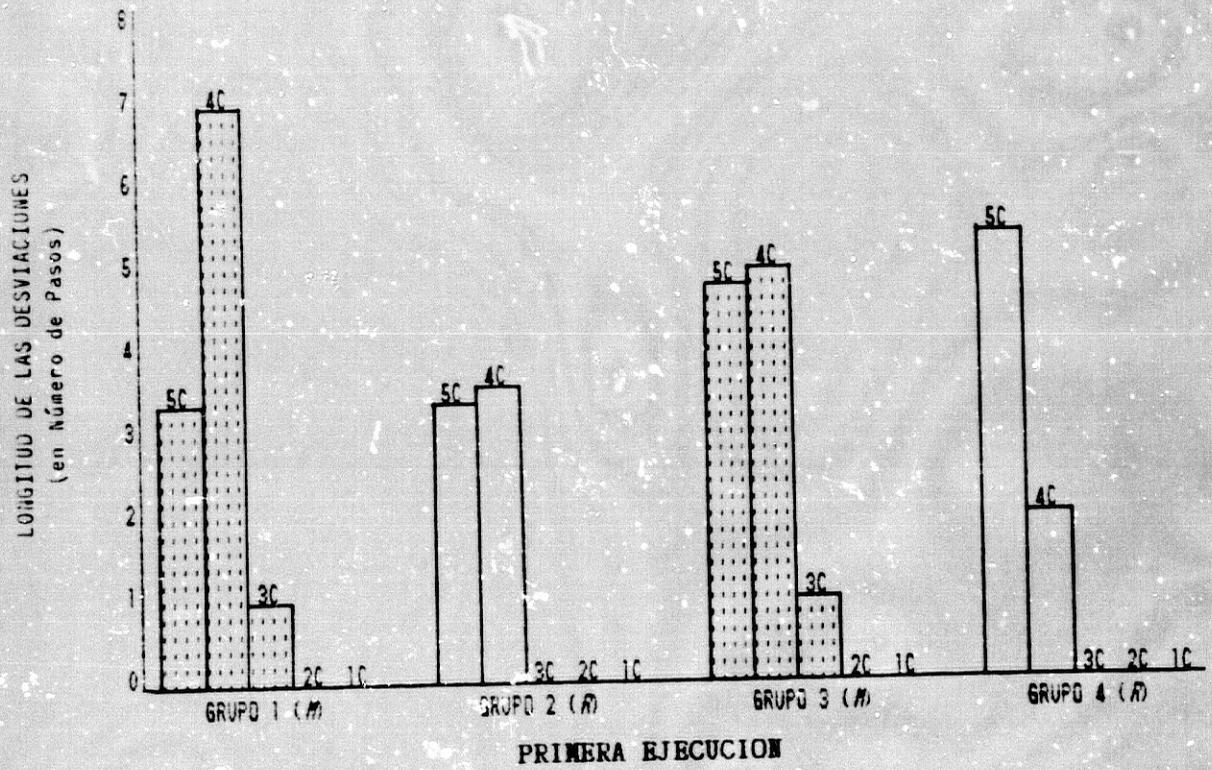


TABLA 3.6

ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE "LONGITUD DE LAS DESVIACIONES"  
 POR GRUPOS DE TRATAMIENTO, ORDEN DE EJECUCION Y SUBMETAS.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRATICA	F
GRUPOS	3'67	3	1'22	0'173
ORDEN	0'01	1	0'01	0'002
SUBMETAS	1,720'70	4	430'17	69'963***
GRUPOS x ORDEN	53'05	3	17'68	2'955
GRUPOS x SUBMETAS	69'99	12	5'83	0'949
ORDEN x SUBMETAS	0'40	4	0'10	0'016
GRUP. x ORD. x SUBM.	144'72	12	12'06	1'856*
ERROR <sub>GRUPOS</sub>	254'58	36	7'07	
ERROR <sub>ORDEN Y GRP. x ORD.</sub>	215'47	36	5'99	
ERROR <sub>SUBM. Y GRP. x SUBM.</sub>	885'40	144	6'15	
ERROR <sub>ORD. x SUB. Y GR. y ORD. x SUBM.</sub>	935'45	144	6'50	

NOTA : \*\*\* =  $p < 0,001$  ; \* =  $p < 0,05$

#### 4.1 - RESULTADOS GENERALES

Los resultados de este apartado siguen la misma tendencia que aparecía en Número de Pasos, pues ni Grupos ni Orden produjeron efectos significativos.

- El factor **SUBMETAS** (5C, 4C, 3C, 2C, 1C) si produce valores que arrojan significación estadística ( $F_{(4,144)} = 69.963$ ,  $p < .001$ ). La Longitud media de las Desviaciones en cada Submeta y el resultado de las comparaciones entre Submetas consecutivas se presenta en la Tabla 3.7 :

Como puede verse, ningún sujeto dio más pasos de los mínimos para conseguir las dos últimas submetas. No repetiremos este dato, pues, en los análisis posteriores por submetas, y sólo hubo diferencias significativas entre 4C y 3C. Según estos datos debemos concluir que, con respecto a esta variable, sólo hay dos clases de Submetas : por una parte 5C y 4C y por la otra 3C, 2C y 1C. No obstante, siendo ésta la interpretación obligada según los análisis estadísticos estandard, quizás sea conveniente hacer algunas matizaciones : la Longitud de las Desviaciones es, hasta el momento, la única variable que presenta valores iguales a cero en algunos sujetos (por ejemplo, ningún sujeto tuvo desviaciones en la consecución de las submetas 2C y 1C, sólo 15 se desviaron del camino óptimo para alcanzar en alguna de las dos ejecuciones la submeta 3C, 69 para 4C y 72 para alcanzar la Submeta 5C). Como es de rigor, los cálculos se hicieron dividiendo la suma de las Longitudes por Desviación entre los 40 sujetos en cada ejecución, pero si se efectuaran estos mismos cálculos sólo para los sujetos que realmente tenían desviaciones, obtendríamos los siguientes valores :

<u>Submetas</u>	<u>Longitud de las Desviaciones.</u>
5C	4'75
4C	5'21
3C	2'73
2C	0'--
1C	0'--

TABLA 3.7  
 DIFERENCIAS EN LONGITUD DE LAS DESVIACIONES ENTRE SUBMETAS CONSECUTIVAS

	Longitud Media de las Desviaciones por sujeto y Submeta					F	g.l.	p
	5C	4C	3C	2C	1C			
Comp. 5C vs 4C	4'28	4'49						n.s.
Comp. 4C vs 3C		7'19	0'52			14'798	(1,36)	<.001
Comp. 3C vs 2C			0'52	0				n.s.
Comp. 2C vs 1C				0	0			n.s.

lo que permitiría concluir que cuando un sujeto elegía una alternativa que no era la más adecuada en la consecución de la submeta 4C, daba más pasos por un camino no óptimo que cuando se desviaba durante la consecución de la submeta 5C. Era muy inferior el número de movimientos por desviación en 3C, pero es mayor que el que se produce en 2C y 1C.

- \* Ninguna de las interacciones de primer orden (GRUPOS x ORDEN; GRUPOS x SUBMETAS; ORDEN x SUBMETAS) resultó significativa.
- \* La triple interacción, GRUPOS x ORDEN x SUBMETAS fue significativa, con una  $F_{(12,144)} = 1'856$  y una  $p < .05$ .

#### 4.2 - ORDEN Y SUBMETAS EN CADA GRUPO

- \* GRUPO 1 (N-P). Fueron diferentes la Primera (Longitud de cada desviación 2'33 movimientos) y la Segunda Ejecución (1'29 movimientos), con una  $F_{(1,9)} = 9'14$  y una  $p < .05$ .

En las comparaciones por Submetas de este grupo sólo resultó diferente la Submeta 4C ( $F_{(1,9)} = 8'266$ ,  $p < .05$ ) como puede verse en la Tabla 3.5, que presentó un valor de 7'13 movimientos por desviación la Primera vez y de 2'66 la Segunda. En 5C los valores correspondientes fueron casi iguales, y fue mayor el de 3C de la Primera ejecución, pero estas diferencias, como ya hemos dicho, no fueron significativas.

Teniendo en cuenta la Forma de Presentación en cada una de las dos ejecuciones, al igual que sucedía con Número de Pasos, eran más largas las desviaciones de N, pero pudiera ser debido a que también era la Primera Ejecución.

- GRUPO 2 (R-N). La Longitud media en la Primera ejecución fue de 1'42 pasos por desviación y de 2'28 en la Segunda, aunque esta diferencia no alcanzó significación estadística.

En las tres primeras Submetas (5C, 4C y 3C) fue mayor la Longitud de las Desviaciones en la Segunda ejecución (N), pero los valores no fueron distintos estadísticamente hablando.

Este nuevo dato ya matiza el resultado del Grupo anterior : cuando N va en segundo lugar, también produce desviaciones más largas.

- GRUPO 3 (N-N). En la Primera ejecución, cada desviación tuvo como promedio 2'15 pasos, y en la Segunda 1'88, sin que la diferencia fuera significativa.

Por Submetas fueron algo mayores (Tabla 3.5) los valores en 5C y 4C y menor en 3C la Primera vez, pero tampoco resultaron significativas estas diferencias.

- GRUPO 4 (R-R). La Longitud de las Desviaciones en la Primera ejecución fue de 1'52 pasos por desviación, y de 2 pasos en la Segunda, aunque tampoco fue significativa esta diferencia.

Por Submetas hubo de todo : la Primera ejecución tuvo, como media, desviaciones más largas en 5C, más cortas en 4C e iguales en 3C, pero estas diferencias no eran significativas.

En resumen :

- los Grupos 1 (N-R) y 3 (N-N) tuvieron las desviaciones más largas en la Primera ejecución, en tanto que los Grupos 2 (R-N) y 4 (R-R) las tuvieron en la Segunda.

- entre las comparaciones globales por ejecución sólo presentó diferencias significativas el Grupo 1 (*N-R*).
- en las comparaciones por Submetas no aparecía un patrón claro, pues unas veces eran mayores los valores de la Primera ejecución y otros los de la Segunda.
- pero sólo hubo una diferencia significativa entre las dos ejecuciones : la de 4C del Grupo 1; las diecinueve restantes no alcanzaron niveles de significación estadística.

#### 4.3 - MANIPULACION FRENTE A REPRESENTACION

- \* **COMPARACIONES *N* FRENTE A *R* EN CADA EJECUCION.** En la Primera Ejecución se unieron, de un lado, los Grupos *N*, 1 y 3 (2'24 pasos por desviación) y de otro los Grupos *R*, 2 y 4 (1'47 pasos por desviación) y se compararon globalmente; la diferencia fue significativa con una  $F_{(1,36)} = 8'918$  y una  $p < .01$ . En las comparaciones por Submetas, si bien fueron más largas las desviaciones *N* que las *R* en todos los casos, sólo resultaron estadísticamente distintas en 4C ( $F_{(1,36)} = 8'248$ ,  $p < .01$ ) y en 3C ( $F_{(1,36)} = 6'020$ ,  $p < .05$ ).

En la siguiente comparación se utilizaron sólo datos de la Segunda Ejecución. La forma *N* estaba constituida por los Grupos 2 y 3 (1'04 pasos por desviación) y la Forma *R* por los Grupos 1 y 4 (0'82 pasos por desviación); la diferencia global no fue significativa. En las comparaciones por Submetas sólo hubo diferencias entre 3C<sub>N</sub> y 3C<sub>R</sub>, con una  $F_{(1,36)} = 4'229$  y una  $p < .05$ , aunque siempre fueron más largas las desviaciones *N* que las *R*.

- \* **COMPARACIONES *N* FRENTE A *R* COMBINANDO DOS EJECUCIONES.** Primero se compararon los Grupos 3 (*N-N*) y 4 (*R-R*). La Longitud de las desviaciones

del Grupo *N-N* fue de 2'01 pasos y la del Grupo *R-R* fue de 1'76 pasos; la diferencia global entre ambos grupos no fue significativa. Por Submetas fue mayor la Longitud de las Desviaciones *R* en 5C, menor en 4C y 3C e igual en 2C y 1C; sólo fue significativa la diferencia en 3C ( $F_{(1,36)} = 6'838$ ,  $p < .05$ ).

En segundo lugar se compararon las ejecuciones *N* de los Grupos 1<sup>Primera</sup> y 2<sup>segunda</sup> frente a las ejecuciones *R* de esos mismos grupos (Grupo 1<sup>segunda</sup> más Grupo 2<sup>Primera</sup>). La Longitud de las Desviaciones de las ejecuciones *N* fue de 2'30 pasos por desviación y la de *R*, 1'35 pasos; esta diferencia fue significativa ( $F_{(1,18)} = 8'376$ ,  $p < .01$ ). En las comparaciones correspondientes por Submetas fueron más largas las desviaciones *N* que las *R* en 5C, 4C y 3C, pero sólo fue significativa la diferencia en 4C (*N* = 6'52 pasos y *R* = 3'26 pasos), con una  $F_{(1,10)} = 7'757$  y una  $p < .05$ .

En resumen :

- . comparadas globalmente, las ejecuciones *N* tuvieron siempre desviaciones más largas que las ejecuciones *R*.
- . pero sólo se alcanzaron diferencias estadísticamente significativas entre las ejecuciones *N* y *R* de la Primera vez, y entre las ejecuciones *N* y *R* de los Grupos 1 y 2.
- . por lo que se refiere a las submetas, en la práctica totalidad de los casos fueron más largas las desviaciones *N* que las *R* en 5C, 4C y 3C (recordemos que no había desviaciones ni en 2C ni en 1C).
- . pero de las veinte comparaciones entre submetas, sólo fueron significativas cinco, y todas en comparaciones de 4C y 3C (nunca en 5C).

#### 4.4 - SECUENCIA EN EL ORDEN DE PRESENTACION

• **GRUPOS CON DISTINTA FORMA DE PRESENTACION EN CADA EJECUCION.** En este bloque se comparaban los dos Grupos que habian hecho el problema cada vez de una manera, pero balanceando el orden de la Forma de Presentación. El Grupo 1 (*N-R*) dio 1'81 pasos por desviación y el Grupo 2 (*R-N*) 1'84 pasos; la diferencia entre los grupos no fue significativa. Por Submetas, sin diferencias significativas, hubo de todo : en 5C dio más pasos por desviación el Grupo 2, en 4C prácticamente igual y en 3C el Grupo 1.

• **GRUPOS CON LA MISMA FORMA DE PRESENTACION EN LA SEGUNDA EJECUCION.** Los dos grupos que hicieron Manipulación la Segunda vez fueron el 2, *R-N* (2'28 pasos por desviación) y el 3 (*N-N*, 1'88 pasos por desviación); la diferencia global no fue significativa. Por Submetas fue mayor la Longitud de las Desviaciones del Grupo 2 en 5C y 4C (sin significación estadística) y menor en 3C, resultando esta diferencia significativa ( $F_{(1,36)} = 6'353, p < .05$ ). Curiosamente, la única diferencia entre Submetas que alcanza significación es de sentido contrario a la global.

Los grupos que hicieron la Segunda vez Representación fueron el 1 (*N-R*, 1'29 pasos por desviación) y el 4 (*R-R*, 2 pasos por desviación) y deben considerarse semejantes, pues las diferencias no fueron significativas ni en la comparación global ni por submetas, aunque fueron más largas las desviaciones en 5C y 4C del grupo 4.

En resumen :

• por lo que se refiere a la Longitud de las desviaciones, no parece producir ningún efecto la secuencia en el orden de presentación.

• si se alternan las Formas de Presentación da igual cuál se haga antes.

y tampoco influye en la segunda ejecución el que la Forma de Presentación de la Primera haya sido igual o diferente.

#### 4.5 - ANALISIS ESPECIFICOS DE ALGUNOS SEGMENTOS DE EJECUCION

---

##### 4.5.1 - El primer movimiento de las Submetas 5C y 4C

Cuando los sujetos se enfrentan por primera vez al problema de la Torre de Hanoi y se ven obligados a elegir dónde mover el disco más pequeño, suponiendo que todavía están construyendo su espacio del problema y que no conocen apenas la estructura de la tarea, es probable que seleccionen el lugar de destino de dicho disco al azar. Teniendo en cuenta que sólo hay dos espacios, cada uno de ellos tendría el 50% de probabilidades de resultar elegido.

Pero llega un momento en que se consigue alcanzar la primera Submeta (estados 16 ó 98 de la Figura 3.1). En este caso pueden elegir entre tres movimientos, uno de los cuales es quitar el disco 5 del espacio de meta y volverlo a su posición anterior; teniendo en cuenta que, en este estudio como en otros, ningún sujeto optó por esa elección (por lo que se asumió una probabilidad nula para ese operador), de nuevo necesitan elegir dónde situar el disco 1.

Parecía, pues, interesante, en estos dos puntos críticos (en el resto de las Submetas es irrelevante el análisis) observar cómo había sido la ejecución de los sujetos. Para ello se contabilizaron cuántas elecciones correctas e incorrectas se habían producido, tanto en Primera como en Segunda Ejecución, en estos dos puntos del proceso de resolución. En la Tabla 3.8 se representan los sujetos que en cada caso eligieron la posición óptima; es evidente que los que optaron por la elección alternativa son los que restan hasta los 10 sujetos que componían cada grupo.

TABLA 3.8  
 FRECUENCIAS DE SUJETOS QUE ELIGEN EL MOVIMIENTO OPTIMO DEL DISCO 1 AL  
 COMIENZO DE CADA ENSAYO (5C) Y DESPUES DE ALCANZAR LA PRIMERA SUBMETA  
 (4C), POR GRUPOS DE TRATAMIENTO Y ORDEN DE EJECUCION.

Grupos	Primera Ejecución		Segunda Ejecución	
	5C	4C	5C	4C
1 (M-R)	7	6	7	3
2 (R-M)	4	3	7	1
3 (M-Y)	8	5	9	3
4 (R-R)	3	4	8	3
TOTAL	22	18	31	10

NOTA. Cada casilla puede alcanzar una frecuencia máxima = 10 (que es el número de sujetos por Grupo y Ejecución).

Para poder interpretar el significado de estos datos se hizo un primer análisis con el fin de comprobar si la distribución de las elecciones correctas estaba en función del Grupo de Tratamiento. La  $H_0$  suponía que, por ejemplo, los 22 sujetos que habían hecho la elección óptima en el primer movimiento del primer ensayo (5C) se distribuirían proporcionalmente entre los cuatro grupos; lo mismo ocurriría con los 18 que habían elegido la mejor alternativa en el primer movimiento de 4C, etc... Para comprobar si esta hipótesis se verificaba, se aplicó la prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov (SIEGEL, 1956) a cada una de las cuatro distribuciones, demostrando los resultados que la  $H_0$  era correcta (los valores  $D$  tuvieron siempre una significación de  $p > .05$ ).

Una vez comprobado el comportamiento homogéneo de los grupos, se procedió al segundo análisis, pero trabajando ya con las frecuencias totales de cada columna de la Tabla 3.8. En este caso la  $H_0$  predeciría una selección al azar del movimiento, lo que supondría que el 50% de los sujetos harían la elección correcta y el otro 50% la incorrecta. En la Primera Ejecución la distribución de 22 elecciones correctas frente a 18 incorrectas para 5C, según la prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov, se correspondía a lo predicho por la  $H_0$ ; lo mismo sucedía con las 18 correctas y las 22 incorrectas de 4C en la misma ejecución.

Pero los resultados cambiaban cuando se pasaba a analizar la Segunda Ejecución. En este caso, para 5C, la distribución era de 31 elecciones correctas frente a 9 incorrectas ( $D_{.40} = 0.250$ ,  $p < .01$ ); dado que la distribución no se adaptaba a una elección al azar, habría que suponer que a los sujetos les guiaba algún criterio y, dado que había más elecciones correctas, podría también suponerse que habían aprendido en la Primera Ejecución cómo seleccionar adecuadamente esos operadores.

Pero esta línea argumental se rompía cuando se analizaba la distribución en 4C (10 correctas y 30 incorrectas ( $D_{.40} = 0.250$ ,  $p < .01$ )). En este caso la elección también obedecía a un criterio, pero ese criterio no era el más adecuado para alcanzar la solución en el Número mínimo de Pasos. Si este procedimiento había resultado adecuado para elegir el primer operador del ensayo (5C, más difícil por estar más alejado de la Submeta) era

incongruente fracasar cuando la tarea era más fácil. Esto lleva a pensar que las razones que movían a los sujetos a acertar en 5C no eran las adecuadas, pero producían un buen resultado; aplicadas estas mismas razones a 4C, el efecto era el opuesto.

Esta incongruencia se detectó ya en la etapa experimental; por ello, en los comentarios posteriores a la finalización de cada sesión, se preguntó a la mayor parte de los sujetos por qué habían elegido en la forma en que lo hubiera hecho cada uno de ellos, y casi nunca se obtuvo una razón que se ajustara realmente a la conducta manifestada; los que habían acertado no eran conscientes (al menos retrospectivamente) de la relación entre el primer movimiento y el resultado con respecto a su submeta, y los que no acertaban tampoco parecían tener muy claro qué les había llevado a esa elección; muchos decían que en realidad daba igual una posición que otra, pero, de hecho, estaban, como grupo, sesgados hacia una de las dos.

Podría existir una razón que, guiando la elección, produjera este efecto contradictorio en función del momento en que se aplicara. Conviene recordar que cuando el número de discos es impar, el primer movimiento correcto supone colocar el disco menor en el poste o espacio objetivo (el 1 en C para la submeta 5C), pero cuando el número de discos es par (y esto sucede cuando ya se ha colocado el disco 5 en C, pues queda el mismo problema con cuatro discos) el disco menor debe situarse en el otro espacio (ni el de origen ni el de meta). Quizás la estrategia aplicada por los sujetos fuera colocar el disco menor en el espacio objetivo (en C), y esto les llevaba a elegir adecuadamente en el primer movimiento de la submeta 5C pero, cuando repetían la misma norma para 4C, se desviaban del camino óptimo. Habían aprendido algo, aún cuando no fueran conscientes de qué, pero ese aprendizaje no siempre facilitaba la ejecución. Este razonamiento no admite verificación a partir de los datos disponibles, pero podría ser una explicación plausible de los resultados aparecidos.

Independientemente de la razón "real" lo cierto es que en la Submeta 4C hay más sujetos que se "desvían" desde el comienzo que en el resto de las submetas, lo que explicaría que, siendo más fácil en otros aspectos que 5C, tenga la misma Longitud de las Desviaciones o incluso mayor

(dependiendo de la inclusión de todos los sujetos o sólo de los que se desvían)

#### 4.5.2 - El patrón de acercamiento a las Submetas 5C y 4C

Sugerido tanto por el análisis de EGAN (1973) sobre la dificultad de los movimientos en la Torre de Hanoi, como por el descubrimiento de KOTOVSKY, HAYES y SIMON (1985) de la existencia de un patrón de "camino final" a la meta en el problema de Monstruos, se añadió un nuevo análisis de los datos que pretendía comprobar si existía, en el experimento actual, algún comportamiento equivalente por parte de los sujetos.

Como se recordará, según Egan, la dificultad de un movimiento dependía de la distancia entre el estado actual y la primera submeta a alcanzar, lo que llevaría a suponer que los movimientos inmediatamente anteriores a colocar los discos en alguna submeta resultarían más fáciles (luego habría menos desviaciones) que el resto de los pasos correspondientes a esas submetas. Teniendo en cuenta que no había desviaciones en 2C ni en 1C y que de los 1.564 pasos desviados sólo 41 correspondían a 3C, se analizaron exclusivamente los datos de las dos primeras submetas : 5C y 4C.

Por otra parte, Kotovsky y colaboradores observaron que no era la distancia objetiva a la meta lo que facilitaba la elección del movimiento óptimo, sino que era necesario que el sujeto "viera" de una forma distinta el problema y para ello necesitaba tener práctica con la tarea.

Combinadas estas dos sugerencias se quiso comprobar cuándo aparecía esa especie de insight detectado por Kotovsky y colaboradores, pero matizado en dos segmentos distintos de la tarea, idea sugerida por el trabajo de Egan.

Para ello se contabilizaron, para cada sujeto, los movimientos que había hecho desde el último paso desviado hasta que se colocaba el disco cinco en el espacio C, y lo mismo se hizo en la submeta 4C. La mayor parte

de los sujetos hacían ocho movimientos sin desviación inmediatamente antes de alcanzar cada una de las submetas. Ello llevó a proponer tres categorías de clasificación : sujetos que habían dado más de ocho pasos sin desviarse, sujetos que habían dado ocho pasos y sujetos que habían dado menos de ocho pasos. En la Tabla 3.9 puede verse la distribución resultante en cada grupo.

No es sorprendente que en 4C no haya ningún sujeto incluido en el Grupo "más de 8 movimientos" porque, una vez puesto el disco 5 en el espacio C, sea cual sea la posición que tengan los discos, en ocho pasos se puede colocar el 4 sobre el 5, pero sí resulta sorprendente que haya tan pocos sujetos incluidos en el grupo "menos de 8 movimientos". Más llamativo aún resulta que el grupo "8 movimientos" sea el que incluye más frecuencias en 5C; en esta submeta los sujetos podrían introducirse en el camino óptimo desde una distancia de 16 pasos, pero sólo el 25% del total (22 veces sobre 80 ocasiones) se introducen entre 16 y 9 pasos y no vuelven a salir, en tanto que el 60% entra a 8 pasos y no vuelve a salir, y un 12.5% entra a menos de 8 pasos.

A simple vista parece poco probable que esta distribución sea debida al azar, y el primer paso consistió en verificar esa idea. Para ello se siguió la misma lógica descrita en el apartado precedente. Se supuso, por ejemplo, que en la primera ejecución y en la Submeta 5C, la  $H_0$  predeciría que los 40 sujetos tendrían la misma probabilidad de entrar (y no volver a desviarse del camino óptimo) en cualquiera de los estados que están en un "radio" de 16 pasos de los estados 16 ó 98. Lo mismo sucedería en la Segunda Ejecución. En cuanto a 4C, la lógica sería la misma, pero en este caso podrían introducirse (y no volver a salir) en el camino óptimo a partir de cualquiera de los estados que están a una distancia de 8 pasos de los estados 24 ó 226 (tanto en este caso como en el anterior se habla sólo de estados que corresponden al espacio de estados de la submeta correspondiente; no entrarían, pues, los que están a esa distancia pero suponen la previa colocación del disco en su espacio de meta). Se aplicó la prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov para cada una de las distribuciones de la Tabla 3.9, y los valores de  $D$  obtenidos pueden verse en la última fila de la mencionada Tabla. Puede decirse que es altamente improbable que esa distribución aparezca si no está producida por algún motivo a determinar.

TABLA 3.9  
DISTRIBUCION DE LOS SUJETOS EN FUNCION DEL NUMERO DE PASOS (SIN DESVIACION DE LA SECUENCIA OPTIMA) QUE DAN INMEDIATAMENTE ANTES DE ALCANZAR LAS SUBMETAS 5C y 4C.

Grupo	Punto de ingreso en el camino óptimo	Primera Ejecución		Segunda Ejecución	
		5C	4C	5C	4C
1 (M-R)	más de 8 movimientos	2	-	1	-
	8 movimientos	6	10	9	7
	menos de 8 movimientos	2	-	-	3
2 (R-M)	más de 8 movimientos	2	-	4	-
	8 movimientos	7	9	5	10
	menos de 8 movimientos	1	1	1	-
3 (M-M)	más de 8 movimientos	2	-	4	-
	8 movimientos	5	8	5	9
	menos de 8 movimientos	3	2	1	1
4 (R-R)	más de 8 movimientos	4	-	3	-
	8 movimientos	5	10	6	9
	menos de 8 movimientos	1	-	1	1
TOTAL	más de 8 movimientos	10	-	12	-
	8 movimientos	28	37	25	35
	menos de 8 movimientos	7	3	3	5

<i>D</i>	0'262**	0'800**	0'362**	0'750**
----------	---------	---------	---------	---------

NOTAS.

*D* = Valor de la *Máxima Desviación* de las predicciones derivadas de la  $H_0$  (distribución aleatoria de los sujetos) según la prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov

\*\* =  $p < .01$

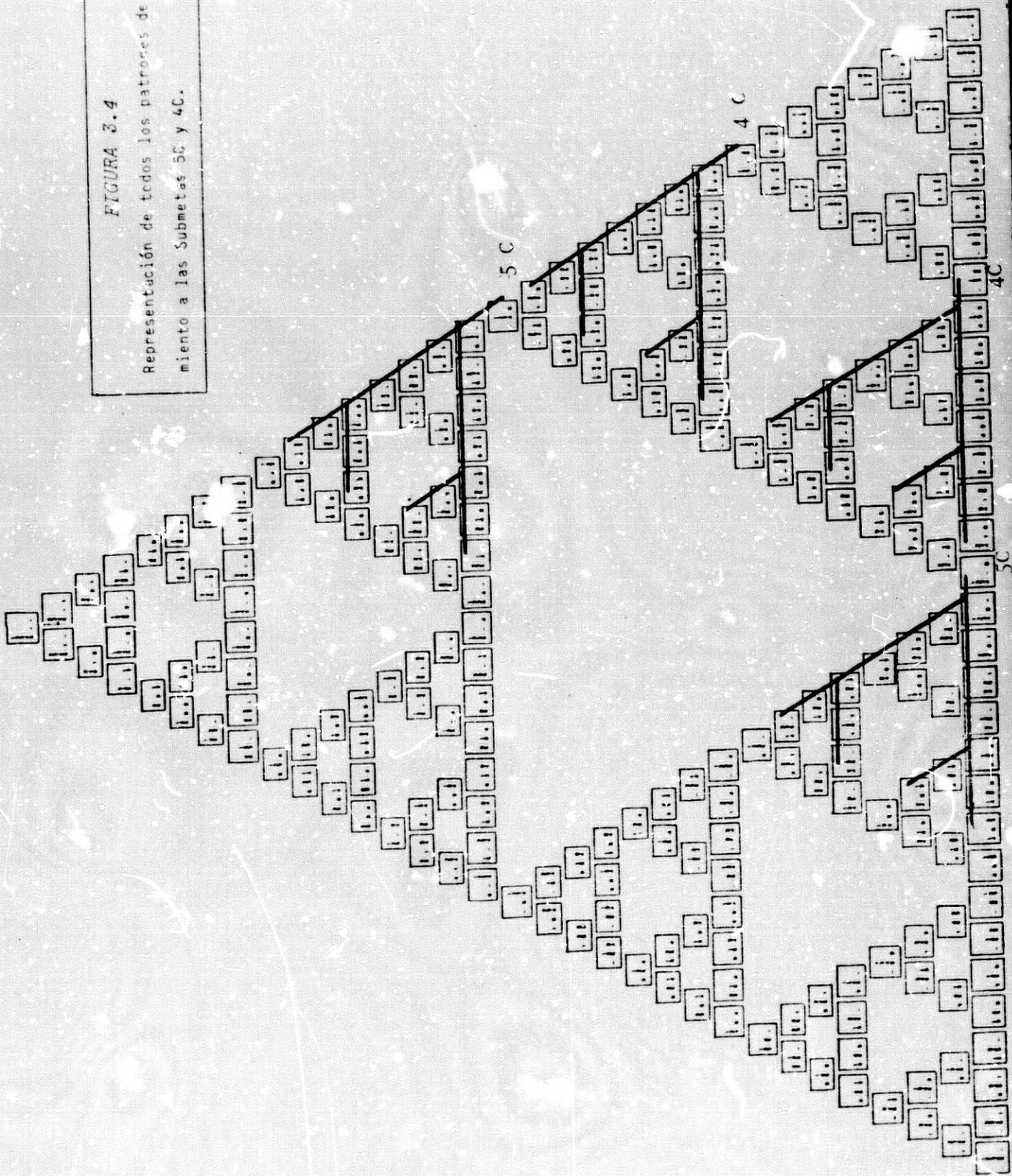
Un segundo paso de este análisis intentó comprobar si el grupo al que hubiera sido asignado cada sujeto incrementaba o disminuía la probabilidad de entrar en el camino óptimo por un punto o por otro. En este caso la significación estadística de los valores correspondientes de  $D$  tuvo siempre una  $p > .05$ , por lo que pueden considerarse homogéneos los grupos en este aspecto.

En resumen, lo más llamativo de este resultado es que en el 75% de los casos posibles (120 sobre 160 observaciones), los sujetos, en algún momento de su ejecución, tanto en 5C como en 4C, iniciaban una secuencia óptima de ocho movimientos que les llevaba a alcanzar cada una de esas submetas, o, dicho con otras palabras: los sujetos pueden "vagar" por el espacio de estados de múltiples formas; en esa conducta habrá ocasiones en las que han estado a una distancia de ocho pasos de alguna de las dos submetas (en realidad en 4C nunca están a más de esa distancia), y ese hecho objetivo no parece tener influencia en su ejecución; pero llega un momento en que, quizás, son capaces de anticipar sus pasos hasta el punto de ejecutarlos sin error. Lo curioso es que aparezca esa constante de ocho pasos anticipados con tanta frecuencia. Sería conveniente, pues, encontrar algún método que permita dar sentido a ese bloque de movimientos, pero eso se intentará mediante el análisis de los Tiempos por Movimiento. Baste, por el momento, destacar la existencia del fenómeno y ponerle un nombre que ayude a su identificación posterior: a partir de ahora se llamará *patrón de acercamiento a las submetas 5C y 4C*, y los estados desde los que puede iniciarse ese patrón están indicados en la Figura 3.3.

#### 4.6 - RESUMEN DE RESULTADOS

Cuando se analizaba sólo una parte de los movimientos de los sujetos, aquéllos que le alejan de la consecución de las submetas correspondientes, si aparecían algunas diferencias que no estaban tan marcadas en el Numero de Pasos total:

FIGURA 3.4  
Representación de todos los patrones de acercamiento a las Submetas 5C y 4C.



- Los factores **GRUPOS** y **ORDEN** seguían sin influir en el rendimiento.
- El factor **SUBMETAS** volvía a producir diferencias entre los niveles que lo componen, pero estas diferencias no eran iguales a las aparecidas en Número de Pasos. Según la clase de análisis que se hiciera, las diferencias entre Submetas consecutivas podían considerarse de dos formas diferentes :
  - si se dividía la suma de la Longitud de las Desviaciones para cada submeta entre los cuarenta sujetos, debía afirmarse que 5C y 4C eran homogéneas; que 3C, 2C y 1C también lo eran, y que los dos bloques se diferenciaban significativamente.
  - si se dividía la suma de la Longitud de las Desviaciones entre el número de sujetos que se habían desviado, las mayores desviaciones se producían en 4C, le seguía 5C y a continuación 3C; en 2C y en 1C no había ninguna desviación.
- En las comparaciones que trataban de analizar la influencia de **FORMA DE PRESENTACION**, aparecían también diferencias más potentes que las detectadas en Número de Pasos :
  - cuando se comparaban, dentro de un mismo Grupo, Primera y Segunda Ejecución, la pauta que ofrecían los datos era la siguiente : (a) si se combinaban las dos formas de presentación, con independencia del orden en que aparecieran eran más largas las desviaciones de **N** que las de **R**, pero la diferencia sólo era significativa cuando **N** iba en primer lugar; (b) cuando en un grupo se daba una única forma de presentación, se hacían desviaciones más largas la Primera vez que la Segunda, pero las diferencias sólo eran significativas cuando se presentaba el problema en la forma **N**.
  - en las diferentes comparaciones **N** frente a **R** que unían o dos grupos o dos ejecuciones, siempre eran más largas las desviaciones de **N** que las de **R**, y las diferencias fueron significativas en dos de las cuatro comparaciones efectuadas.

- cuando se analizaba el efecto que tenía la Secuencia de Presentación no había diferencias entre las dos secuencias que aparecen en el experimento (*M-R* y *R-M*).
  - cuando se trataba de comprobar si las ejecuciones de igual Forma de Presentación en la Segunda Ejecución diferían en función de con qué forma se había resuelto el problema en la Primera, no aparecía una pauta homogénea y las diferencias nunca eran significativas.
  - y, por último, la Longitud de las Desviaciones por Submetas seguía una pauta semejante a la descrita en las comparaciones globales anteriores; además, cuando aparecían diferencias significativas en cada submeta entre las dos Formas de Presentación, solía ser en 4C y 3C.
- \* **PRIMER MOVIMIENTO DE LAS SUBMETAS 5C y 4C.** También se pudo comprobar que en Primera Ejecución, la elección del primer movimiento de las submetas 5C y 4C se producía por azar, pero no podía afirmarse lo mismo en la Segunda Ejecución ; lo sujetos parecían seguir una estrategia de elección que resultaba adecuada para 5C, pero que incrementaba el Número de Pasos desviados en 4C.
- \* **PATRON DE ACERCAMIENTO A LAS SUBMETAS 5C Y 4C.** Se detectaba un patrón de acercamiento a las dos primeras Submetas aparentemente semejante, que consistía en realizar una secuencia de ocho movimientos correctos sin desviarse del camino óptimo, y que producía la colocación de los discos 5 y 4 en C (el patrón se manifestaba en el 75% de los casos posibles). El inicio de esta conducta no parecía coincidir con ninguna otra característica de la tarea ni se detectaba a través de las verbalizaciones de los sujetos.

En conclusión, la utilización de esta variable permite potenciar las diferencias que aparecían sólo sugeridas en Número de Pasos (más movimientos en *M* que en *R*), pero también las matiza, pues demuestra que las dos primeras submetas generan conductas erráticas por el espacio del problema con mucha mayor frecuencia que las otras tres; igualmente permite detectar otras diferencias entre las dos Formas de Presentación : la forma de "vagar" en *R* y *M* no es igual; cuando los sujetos resuelven el problema con pa-

pel y lápiz dan casi los mismos pasos que cuando manipulan directamente los discos, pero hay un matiz diferente : es más probable que reconduzcan su camino hacia la vía óptima cuando se han salido de él o que permanezcan menos tiempo (pasos) en la dirección equivocada (las desviaciones son más cortas).

\* \* \* \* \*

## 5 - TIEMPO DE EJECUCION

La tercera variable dependiente que se analizó fue el tiempo invertido en la ejecución de la tarea. Ya se ha adelantado que no se suponía una relación directa entre número de Movimientos y tiempo de ejecución, por lo que la información proporcionada por estas dos variables pudiera ser complementaria. Según se desprende de las instrucciones, el tiempo debiera ser especialmente sensible a la Forma de Presentación del problema. Cuando los sujetos tienen que utilizar el material denominado *N* invierten muy poco tiempo en la ejecución de cada movimiento, en tanto que con la forma *R* deben representar en un papel, mediante líneas trazadas por ellos mismos, la posición en que quedan los discos después de cada movimiento. Ello hace esperar necesariamente unas diferencias en tiempo de ejecución muy grandes. Posteriormente se verá si las diferencias reales obtenidas son atribuibles exclusivamente a la naturaleza mecánica de la tarea o si intervienen otros factores distintos.

Como se ha comentado anteriormente, en las sesiones experimentales no se registraba el tiempo que tardaba el sujeto en ejecutar la tarea, al menos no de una forma precisa. Por ello fue necesario hacer estas estimaciones posteriormente. El método seguido para cuantificar el Tiempo de ejecución fue el siguiente :

- . una vez transcritos los protocolos, se señalaba en los mismos el momento en que el sujeto hacía un movimiento. Este momento venía determinado tanto por la verbalización concreta como por otros indicios que proporcionaban las cintas (sonido del disco al ser colocado en la nueva posición, tono de voz del sujeto, etc...). En los protocolos del ANEXO II ya viene señalado con superíndices este dato.
- . se creó un programa de ordenador que trabajaba con un reloj de tiempo real, con una precisión de centésimas de segundo. El programa paraba el cronómetro cada vez que se apretaba una tecla, registraba en un fichero el valor de la variable y continuaba cronometrando. También registraba tiempos acumulados pulsando otra tecla diferente.

con este programa y con los protocolos se pasó a registrar el tiempo que había tardado cada sujeto en hacer cada movimiento y el tiempo acumulado por submetas. Evidentemente, la mayor posibilidad de error estaba en el tiempo de reacción de la operadora, pero el hecho de tener los protocolos delante al tiempo que se escuchaba la cinta, permitía anticipar cuándo había que pulsar una tecla. De cualquier forma, el posible error se mantuvo constante para todos los sujetos pues todos los tiempos fueron controlados por la misma persona; por último, los cálculos se hicieron con valores acumulados por submetas.

El programa también identificaba el tiempo que había tardado cada sujeto en decidir que había entendido las instrucciones. Esta decisión, como puede verse en los ejemplos de protocolos del ANEXO II, era bastante subjetiva, porque, aún creyendo que ya lo comprendían, posteriormente intentaban hacer movimientos que contravenían las reglas. En la Hipótesis 1 se anticipaba que debiera ser más fácil construir el espacio del problema con *M* que con *R*, lo que implicaría que los tiempos de instrucciones *R* debieran ser mayores que los de *M*. Efectivamente, se tardaba más tiempo en entender las instrucciones de *R* (media por sujeto = 304'53 sg.) que las de la forma *M* (232'99 sg.) en la Primera Ejecución y la diferencia entre ambas medias era significativa (para muestras independientes  $t_{(38)} = 3'650$ ,  $p < .001$ ). En la Segunda, los sujetos que repetían Forma de Presentación no volvían a leerlas pero, para aquellos Grupos (1 y 2) que cambiaron la Forma de Presentación de la Primera a la Segunda Ejecución, esto es, que ya conocían el problema pero debían aprender una forma nueva de trabajar con el material, los tiempos medios fueron de 180'93 segundos para la forma *R* y de 137'24 para la forma *M*. En ambos casos, llevaba algo más del 30% de tiempo entender las instrucciones *R* que las *M*.

Concluida la cuantificación informática de los datos, se registraron los valores de tiempo de ejecución para cada sujeto en cada submeta y en cada ejecución. Se mantuvo el valor en segundos por la dificultad que suponían los cálculos posteriores si se transformaban en horas y minutos. Una vez preparados los datos se pasó a analizarlos con la misma estrategia que se ha propuesto para las variables dependientes anteriores.

La Tabla 3.10 reproduce los valores de medias y desviaciones típicas del Tiempo de Ejecución en función de las variables manipuladas, y la Figura 3.5 contiene la representación gráfica de las mismas. En la Tabla 3.11 aparece el Análisis de Varianza por grupos de tratamiento, orden de ejecución y submetas.

### 5.1 - RESULTADOS GENERALES

Como puede verse en la Tabla 3.11, todos los efectos principales y todas las interacciones resultaron significativos; en este apartado se comentarán sólo los efectos principales de Orden y Submetas por estar directamente relacionados con alguna de las hipótesis planteadas, e inmediatamente se pasará a describir los resultados de las comparaciones que tratan de analizar la triple interacción.

- \* El efecto principal del factor **ORDEN** (Primera y Segunda Vez) resultó significativo ( $F_{(1,36)} = 32'729$ ,  $p < .001$ ) : los sujetos tardaban menos tiempo en hacer la tarea la Segunda Vez (Primera vez = 1.457'14 sg. por sujeto y Segunda vez = 802'71 sg.).
- \* Igualmente fue significativo el efecto principal del factor **SUBMETAS** (5C, 4C, 3C, 2C, 1C), con un  $F_{(4,144)} = 136'714$  y una  $p < .001$ . El tiempo invertido en las distintas submetas seguía un orden decreciente : se tardaba más tiempo en llevar el disco 5 al espacio C que en llevar el 4, y así sucesivamente. En la Tabla 3.12 se presenta el tiempo invertido en cada ejecución por sujeto y submeta junto con los valores de  $F$  de las comparaciones entre cada dos submetas consecutivas que, en todos los casos, resultaron significativamente diferentes. Una idea orientativa de cómo se distribuía el tiempo podría ser la siguiente : llevar el 5 a C supone aproximadamente el 71% del tiempo total de ejecución; llevar el 4 el 22%, el 3 el 4,5%, el 2 el 1,5% y el disco 1 el 1% del tiempo total.

TABLA 3.10  
VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LA VARIABLE "TIEMPO DE EJECUCION" (EN SEGUNDOS) EN FUNCION DEL GRUPO DE TRATAMIENTO, DEL ORDEN DE EJECUCION Y DE LAS SUBMETAS.

GRUPOS	PRIMERA VEZ					SEGUNDA VEZ				
	5C	4C	3C	2C	1C	5C	4C	3C	2C	1C
GRUPO 1 $\bar{x}$	407,40	192,18	27,88	4,96	1,77	862,84	360,95	94,27	27,41	13,72
(M - R) DT	259,52	106,54	20,60	1,33	0,68	339,47	160,24	36,74	4,26	3,52
GRUPO 2 $\bar{x}$	1,917,97	431,88	83,32	31,79	15,68	265,72	73,66	17,47	4,74	2,09
(R - M) DT	1,149,16	216,75	22,42	9,72	4,27	162,63	27,70	11,90	1,54	0,78
GRUPO 3 $\bar{x}$	428,95	117,24	19,57	3,74	1,82	171,01	61,93	20,21	3,80	1,80
(M - M) DT	186,88	116,32	9,80	1,45	0,50	152,83	27,90	10,17	1,48	0,71
GRUPO 4 $\bar{x}$	1,625,09	391,63	87,05	28,14	11,--	772,93	354,51	68,91	22,57	10,31
(R - R) DT	747,75	268,74	39,56	9,71	4,45	399,31	204,14	19,84	6,16	3,37

#### NOTAS

(M-R) : Primera vez Manipulación y Segunda Vez Representación, (R-M) : Primera vez Representación y Segunda vez Manipulación, (M-M) : Primera y Segunda vez Manipulación, (R-R) : Primera y Segunda Vez Representación,

5C : Tiempo transcurrido hasta que se coloca el disco 5 en el espacio C, 4C : Tiempo transcurrido desde la consecución de la submeta 5C hasta que se coloca el disco 4 en el espacio C, 3C : Tiempo transcurrido desde la consecución de la submeta 4C hasta que se coloca el disco 3 en el espacio C, 2C : Tiempo transcurrido desde la consecución de la submeta 3C hasta que se coloca el disco 2 en el espacio C, 1C : Tiempo transcurrido desde la consecución de la submeta 2C hasta que se coloca el disco 1 en el espacio C,

FIGURA 3. 5: Representación gráfica de los valores medios en TIEMPO DE EJECUCION en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas.

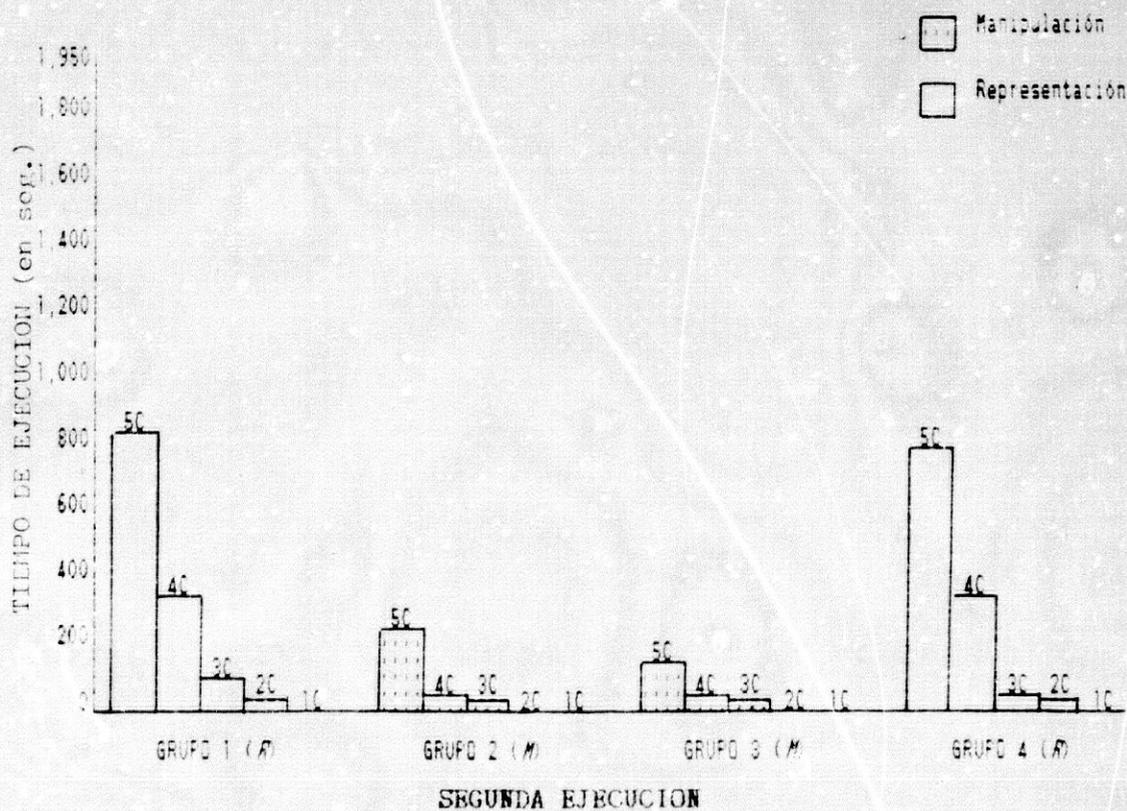
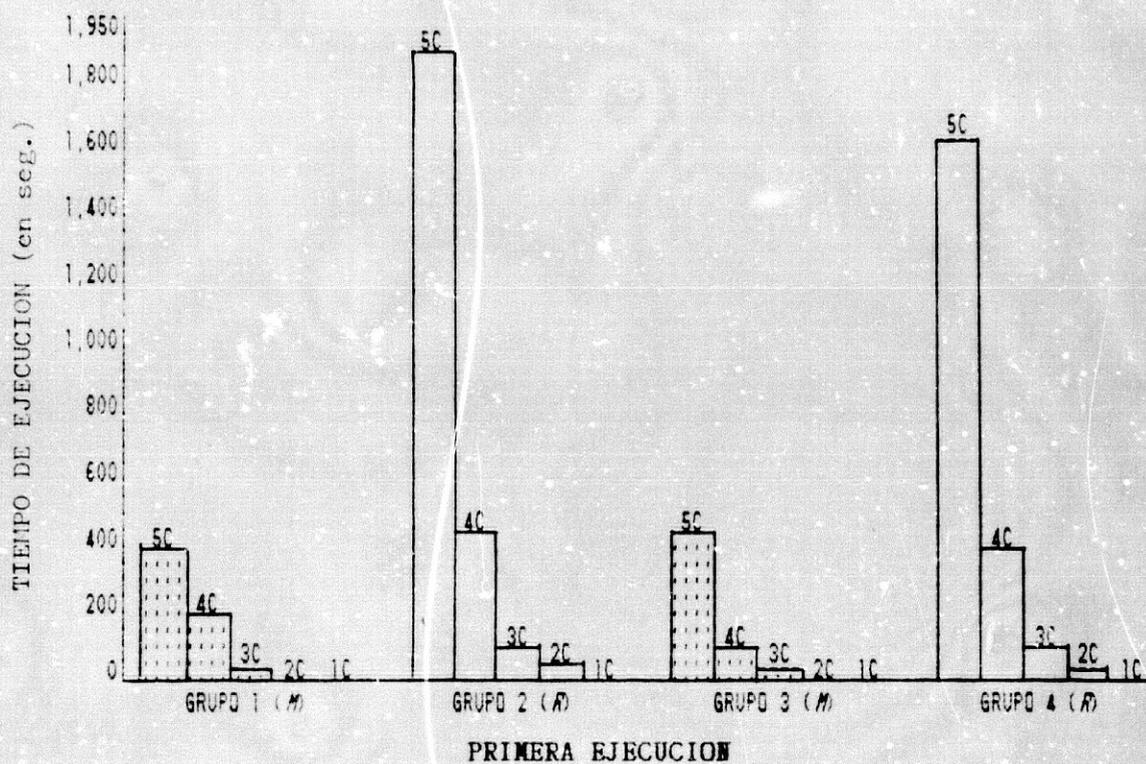


TABLA 3.11

ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE "TIEMPO DE EJECUCION"  
 POR GRUPOS DE TRATAMIENTO, ORDEN DE EJECUCION Y SUBMETAS.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRATICA	F
GRUPOS	3,695,745,00	3	1,231,915,00	15,468***
ORDEN	1,713,110,00	1	1,713,110,00	32,729***
SUBMETAS	36,751,590,00	4	9,190,398,00	136,714***
GRUPOS x ORDEN	4,226,114,00	3	1,408,705,00	26,913***
GRUPOS x SUBMETAS	7,611,416,00	12	634,284,70	9,435***
ORDEN x SUBMETAS	5,035,928,00	4	1,258,982,00	21,876***
GRUP. x ORD. x SUBM.	8,532,728,00	12	711,060,70	12,356***
ERROR <sub>GRUPOS</sub>	2,867,176,00	36	79,643,78	
ERROR <sub>ORDEN Y GRP. x ORD.</sub>	1,884,324,00	36	52,342,33	
ERROR <sub>SUBM. Y GRP. x SUBM.</sub>	9,680,176,00	144	67,223,45	
ERROR <sub>ORD. x SUB. Y GR. x ORD. x SUBM.</sub>	8,287,132,00	144	57,549,53	

NOTA : \*\*\* = p < .001

TABLA 3.12

DIFERENCIAS EN "TIEMPO DE EJECUCION" ENTRE SUBMETAS CONSECUTIVAS

	Tiempo medio de Ejecución (en segs.) por sujeto y Submeta					F	g.l.	p
	5C	4C	3C	2C	1C			
Comp. 5C vs 4C	806'43	248'-				15'033	(1,36)	<.001
Comp. 4C vs 3C		248'-	52'34			19'044	(1,36)	<.001
Comp. 3C vs 2C			52'34	15'90		21'365	(1,36)	<.001
Comp. 2C vs 1C				15'90	7'28	18'719	(1,36)	<.001

A continuación se describen las relaciones que se establecían entre las variables dentro de cada grupo, para pasar posteriormente a hacer comparaciones entre los grupos.

## 5.2 - ORDEN Y SUBMETAS EN CADA GRUPO

\* **GRUPO 1 (N-R).** Hubo diferencias significativas entre Primera y Segunda vez ( $F_{(1,9)} = 31'125$ ,  $p < .001$ ) siendo menor el tiempo de la Primera vez ( $M$ , 634'27 sg. por sujeto) que el de la Segunda ( $R$ , 1.359'19 sg.), tardándose la Segunda Vez algo más del doble de tiempo que la Primera. Se ha comentado anteriormente que el efecto principal del factor Orden daba un tiempo mayor la Primera vez que la Segunda; este grupo, pues, se comportó de forma opuesta a lo que se esperaría a partir del efecto principal de Orden. Sin embargo, también se anticipó que los tiempos  $R$  son siempre mayores que los tiempos  $M$ . En este caso predominaba el efecto de Forma de Presentación sobre el efecto de Orden, efectos que en este grupo se oponen.

La influencia añadida del factor submetas produjo un tiempo mayor para todas las submetas de la segunda vez con respecto a su equivalente de la primera. Esto es, se tardó más tiempo en llevar el 5 a C la segunda vez y también el 4 a C, y así sucesivamente (Tabla 3.10). Los valores de  $F$  de las comparaciones correspondientes fueron :

Comparación 5C (1ª vez) frente a 5C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 10'882$ ,  $p < .01$

Comparación 4C (1ª vez) frente a 4C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 9'833$ ,  $p < .05$

Comparación 3C (1ª vez) frente a 3C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 6'348$ ,  $p < .05$

Comparación 2C (1ª vez) frente a 2C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 296'658$ ,  $p < .001$

Comparación 1C (1ª vez) frente a 1C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 105'346$ ,  $p < .001$

\* **GRUPO 2 (R-M).** En este grupo también fue significativa la diferencia entre Primera (Tiempo Total por sujeto = 2.480'64 sg.) y Segunda vez (363'68

sg.,  $F_{(1,9)} = 28'327$ ,  $p < .001$ ), siendo casi siete veces mayor el tiempo de la primera vez; en este caso se produce el efecto sumado de Orden y Forma de Presentación, lo contrario de lo que sucedía en el Grupo 1.

Por lo que se refiere al tercer factor (Submetas) se reprodujo la relación esperada : fue mayor el tiempo de ejecución de cada submeta de la primera vez que el de su correspondiente en la segunda (Tabla 3.10). Los valores de  $F$  de las comparaciones correspondientes fueron :

Comparación 5C (1ª vez) frente a 5C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 18'601$ ,  $p < .01$   
 Comparación 4C (1ª vez) frente a 4C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 27'897$ ,  $p < .001$   
 Comparación 3C (1ª vez) frente a 3C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 78'494$ ,  $p < .001$   
 Comparación 2C (1ª vez) frente a 2C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 100'358$ ,  $p < .001$   
 Comparación 1C (1ª vez) frente a 1C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 132'634$ ,  $p < .001$

- \* GRUPO 3 (N-D). Aunque las diferencias siguieron la dirección esperada ( $F_{(1,9)} = 23'745$ ,  $p < .001$ ) pues fue mayor el tiempo de la Primera vez (Tiempo Total por sujeto : 570'72 sg; Segunda vez : 258'75), el valor absoluto de las mismas era bastante menor que en el del Grupo 2 (se tardó poco más del doble la Primera vez); dado que las dos veces se daba la misma Forma de Presentación (N), la diferencia debe ser atribuida únicamente a la repetición de la tarea, sin que intervengan otros efectos.

Ahora bien, si se comprueba la reproducción de este resultado en cada submeta (Tabla 3.10), se aprecia aparecían tiempos de ejecución mayores para todas las submetas la primera vez (con la única excepción de 2C que son iguales), pero sólo fue significativa la diferencia en la submeta 5C ( $F_{(1,9)} = 12'03$ ,  $p < .01$ ).

- \* GRUPO 4 (R-D). También apareció una diferencia significativa ( $F_{(1,9)} = 27'633$ ,  $p < .001$ ) con mayor tiempo la Primera (Tiempo Total por sujeto : 2.142'91 sg.) que la Segunda vez (1.229'23 sg. por sujeto) -poco menos del doble-, diferencia que, al igual que sucedía en el Grupo 3, sólo debe ser atribuida a la repetición de la tarea.

En los distintos niveles del factor Submetas seguían siendo mayores los valores correspondiente a la Primera presentación (Tabla 3.10), pero estas diferencias sólo alcanzaron significación en 2 submetas : 5C ( $F_{(1,9)} = 22'756, p < .01$ ) y 2C ( $F_{(1,9)} = 6'020, p < .05$ ).

En resumen :

- . salvo en el Grupo 1 (*M-R*) siempre fueron mayores los tiempos de ejecución de la Primera vez que los de la Segunda.
- . las diferencias globales entre Primera y Segunda ejecución no eran constantes pues se veían afectadas fundamentalmente por el Forma de Presentación de la tarea (cuando se combinaban en un mismo grupo *M* y *R* las diferencias eran mayores).
- . por lo que se refiere a los análisis de tiempo por Submetas, el patrón fue el mismo que el correspondiente al tiempo global, aunque las diferencias no siempre alcanzaron niveles de significación estadística.

### 5.3 - MANIPULACION FRENTE A REPRESENTACION

Dado que el diseño experimental no permitía hacer comparaciones de todas las ejecuciones *M* frente a todas las ejecuciones *R*, para analizar las diferencias en función de la Forma de Presentación se hacían las dos clases de comparaciones repetidamente descritas : en primer lugar se comparaban las dos Formas de Presentación en cada ejecución por separado y en segundo lugar combinando dos ejecuciones en los casos en que era metodológicamente posible.

- . **COMPARACIONES *M* FRENTE A *R* EN CADA EJECUCION.** Se juntaron los grupos dos a dos en la Primera Ejecución. Por una parte se unieron los Grupos 1

y 3, que habían tenido la forma *N* (Tiempo Total : 602'49 sg. por sujeto) y se compararon con los Grupos 2 y 4 que habían tenido la Forma *R* (2.311'77 sg. por sujeto). La diferencia fue significativa con una  $F_{(1,36)} = 53'917$  y una  $p < .001$ . Una estimación global de las diferencias entre las dos Formas de Presentación puede venir dada por la relación entre ambas : los grupos *R* invirtieron casi cuatro veces más tiempo que los grupos *N* en la ejecución. Las diferencias se mantenían con el mismo nivel de significación cuando se comparaban los respectivos niveles del factor submetas :

Comparación 5C<sub>M</sub> frente a 5C<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 36'977$ ,  $p < .001$   
 Comparación 4C<sub>M</sub> frente a 4C<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 18'342$ ,  $p < .001$   
 Comparación 3C<sub>M</sub> frente a 3C<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 58'377$ ,  $p < .001$   
 Comparación 2C<sub>M</sub> frente a 2C<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 135'158$ ,  $p < .001$   
 Comparación 1C<sub>M</sub> frente a 1C<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 137'204$ ,  $p < .001$

El mismo proceso se siguió en la Segunda ejecución. En este caso se unieron los Grupos 2 y 3 (*N*) por una parte (Tiempo Total por sujeto, 311'22 sg.) y se enfrentaron a los Grupos 1 y 4 (*R*) por otra (Tiempo Total por sujeto, 1.294'21 sg.). También resultaron significativas las diferencias tanto globales ( $F_{(1,36)} = 81'846$ ) como por Submetas, siempre con una  $p < .001$ . El Tiempo Total de los grupos *R* fue poco más de cuatro veces superior al Tiempo Total de los grupos *N*. Los valores de *F* por Submetas fueron :

Comparación 5C<sub>M</sub> frente a 5C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 44'303$ ,  $p < .001$   
 Comparación 4C<sub>M</sub> frente a 4C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 48'806$ ,  $p < .001$   
 Comparación 3C<sub>M</sub> frente a 3C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 84'070$ ,  $p < .001$   
 Comparación 2C<sub>M</sub> frente a 2C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 281'845$ ,  $p < .001$   
 Comparación 1C<sub>M</sub> frente a 1C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 162'729$ ,  $p < .001$

\* **COMPARACIONES *N* FRENTE A *R* COMBINANDO DOS EJECUCIONES.** En primer lugar se compararon los dos grupos que habían tenido una diferencia máxima en sus Formas de Presentación : el Grupo 3, que había hecho las dos veces *N* (Tiempo Total por ejecución = 414'74 sg.) frente al Grupo 4 que había

hecho las dos veces *R* (Tiempo Total por ejecución = 1.686'07 sg.). En la comparación global apareció una diferencia significativa con una  $F_{(1,36)} = 40'588$  y una  $p < .001$  y, de nuevo, el tiempo *X* fue cuatro veces superior al tiempo *M*. Este mismo resultado se produjo en las comparaciones correspondientes por Submetas, pues en todos los casos se obtuvieron  $p < .001$  (se comparaba el tiempo invertido en llevar el disco 5 al espacio C durante la Primera vez, más el invertido en alcanzar la misma submeta la Segunda vez del Grupo 3 con los tiempos equivalentes del Grupo 4, y se repetía la comparación para cada Submeta). Los valores de *F* de estas comparaciones fueron los siguientes :

Comp. 5C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 5C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 25'095$ ,  $p < .001$   
 Comp. 4C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 4C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 31'500$ ,  $p < .001$   
 Comp. 3C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 3C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 49'595$ ,  $p < .001$   
 Comp. 2C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 2C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 102'335$ ,  $p < .001$   
 Comp. 1C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 1C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 67'284$ ,  $p < .001$

Por último se compararon los dos grupos que habían tenido una Forma de Presentación distinta en cada ejecución (Grupo 1, *M-R*; Grupo 2, *R-M*) de la siguiente forma : se unía la Primera ejecución del Grupo 1 (*M*) con la Segunda ejecución del Grupo 2 (*M*) y se comparaba con la Segunda ejecución del Grupo 1 (*R*) más la Primera ejecución del Grupo 2 (*R*). El resultado de la comparación global reprodujo los anteriores : el tiempo de ejecución de los grupos *R* (1.919'92 sg. por sujeto) fue de nuevo casi cuatro veces mayor que el de los grupos *M* (498'97 sg. por sujeto) con una  $F_{(1,18)} = 46'126$  y una  $p < .001$ .

Se repitió esta misma comparación en cada uno de los niveles del factor Submetas, con los siguientes resultados :

Comp. 5C<sub>M</sub> (G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 5C<sub>R</sub> (G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 26'790$ ,  $p < .001$   
 Comp. 4C<sub>M</sub> (G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 4C<sub>R</sub> (G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 37'047$ ,  $p < .001$   
 Comp. 3C<sub>M</sub> (G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 3C<sub>R</sub> (G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 110'994$ ,  $p < .001$   
 Comp. 2C<sub>M</sub> (G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 2C<sub>R</sub> (G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 272'534$ ,  $p < .001$   
 Comp. 1C<sub>M</sub> (G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 1C<sub>R</sub> (G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 237'373$ ,  $p < .001$

En resumen :

cuando se compararon los grupos *R* frente a los grupos *N*, ya sea sólo en la Primera ejecución, sólo en la Segunda o bien en alguna combinación de las dos ejecuciones, el tiempo invertido por los grupos *R* fue aproximadamente cuatro veces superior al de los grupos *N*.

sin embargo, esta relación no se mantenía en las comparaciones por Submetas. Si bien es cierto que en todos los casos las diferencias eran significativas, no siempre eran proporcionales. Sin entrar en una descripción minuciosa, y existiendo una cierta variabilidad entre las comparaciones anteriores, podríamos decir que en las tres primeras Submetas (5C, 4C, y 3C) los Tiempos Totales de *R* fueron unas cuatro veces superiores a los de *N*, pero en las dos últimas submetas (2C y 1C) los Tiempos *R* fueron superiores a los *N* en más de seis veces.

#### 5.4 - SECUENCIA EN EL ORDEN DE PRESENTACION

Para observar la influencia combinada de Forma de Presentación y Orden se hicieron dos clases de comparaciones : la primera entre los grupos que habían tenido distintas Formas de Presentación en las dos ejecuciones y la segunda entre los grupos que habían tenido la misma Forma de Presentación en la Segunda ejecución.

\* **GRUPOS CON DISTINTA FORMA DE PRESENTACION EN CADA EJECUCION.** Se trataba de comparar los dos grupos que habían tenido una Forma de Presentación diferente en cada ejecución (Grupo 1, *N-R*, Tiempo Total por sujeto y ejecución = 996'73 sg., y Grupo 2, *R-N*, 1.422'16 sg). Teniendo en cuenta que la tarea ejecutada por los dos grupos había sido la misma, si aparecían diferencias deberían atribuirse al orden de ejecución. El resultado de los análisis permitió afirmar que el tiempo global del Grupo 2 era superior al del Grupo 1 ( $F_{(1,36)} = 4'545$ ,  $p < .05$ ).

Realizadas las comparaciones entre los dos grupos en cada Submeta, sólo aparecieron diferencias en el disco 5 ( $F_{(1,36)} = 6'471$ ,  $p < .05$ ). Además, no todas las Submetas presentaban la misma tendencia: por ejemplo, el Grupo 1 tardó más tiempo en conseguir colocar los discos 4 y 3 en C que el Grupo 2 (resultado contrario a la tendencia global por grupos).

En resumen, el beneficio global de la secuencia *N-R* sobre la secuencia *R-N* no es homogéneo a lo largo de toda la ejecución, pues sólo se produce en la consecución de la submeta 5C. Como habíamos dicho anteriormente, a esta submeta corresponde aproximadamente el 71% del tiempo total, lo que produce diferencias significativas globales entre los dos grupos; pero, una vez que han conseguido colocar el disco 5 en el espacio C, ya no influye la secuencia de Forma de Presentación.

#### \* GRUPOS CON LA MISMA FORMA DE PRESENTACION EN LA SEGUNDA EJECUCION.

Esta segunda clase de comparación pretendía detectar si los sujetos obtienen mejor rendimiento cuando ejecutan dos veces la misma tarea o cuando alternan las formas de presentación.

Se tomaron en primer lugar los grupos que habían hecho la Segunda Vez Manipulación (Grupo 2, Tiempo Total por sujeto 363'68 sg. y Grupo 3, 258'75 sg.) y se comprobó que si bien globalmente considerado era superior el tiempo del Grupo 2 (*R-N*), esta diferencia no alcanzaba significación estadística. Tampoco hubo diferencias significativas cuando se compararon los dos grupos en cada submeta.

En los grupos que habían hecho la Segunda Vez Representación (Grupo 1, Tiempo Total por sujeto 1.359'19 sg. y Grupo 4, 1.229'22 sg. por sujeto), era mayor el tiempo global del Grupo 1 (*N-R*), pero la diferencia no fue significativa. En la comparación de estos mismos grupos por submetas sí aparecieron diferencias en 3C ( $F_{(1,36)} = 6'864$ ,  $p < .05$ ), 2C ( $F_{(1,36)} = 7'701$ ,  $p < .01$ ) y en 1C ( $F_{(1,36)} = 9'321$ ,  $p < .01$ ). Parece, pues, que los sujetos se benefician de la igualdad de formas de presentación *R* sólo en la parte fácil del problema, cuando ya se han colocado los discos 5 y 4 en C. Quizás convenga señalar que el efecto que aparecía era

opuesto al que describíamos antes (Grupo 1 frente a Grupo 2) : ahora sí aparecían diferencias en algunas submetas pero, teniendo en cuenta el poco peso de las mismas (8%) en la ejecución total, los grupos no se diferenciaban globalmente.

Como evidentemente en el conjunto global y por grupos hay un mejor rendimiento la Segunda vez (pues el tiempo es significativamente menor) hay que afirmar que los sujetos han aprendido algo durante la Primera ejecución (la excepción es el Grupo 2, *N-R*, pero difícilmente puede interpretarse este resultado como un deterioro en el rendimiento, dado que los tiempos exigidos para cada Forma de Presentación son distintos).

En resumen, los efectos de la manipulación de la Secuencia en la Forma de Presentación, no parecen ser tan patentes como los de las otras variables (Primera frente a Segunda Vez, o Manipulación frente a Representación), pues aunque aparecen diferencias significativas en algunos casos, los niveles de significación son inferiores a los obtenidos en las comparaciones mencionadas anteriormente.

### 5.5 - RESUMEN DE RESULTADOS

Esta es la variable, de las analizadas hasta el momento, que presentaba resultados significativos en todas las fuentes de variación del Análisis de Varianza :

- \* Los tiempos de ejecución fueron significativamente diferentes para los cuatro **GRUPOS** experimentales. Los tiempos extremos correspondían a los dos Grupos que habían hecho el problema igual las dos veces : el mayor fue *R-R* y el menor *N-N*. Cuando se combinaban las dos Formas de Presentación en un Grupo se veía que se tardaba menos en ejecutar la secuencia *N-R* que en hacerlo con *R-N*.

- **ORDEN.** En el conjunto de los cuatro grupos se tardó menos tiempo en hacer la tarea la Segunda vez que la Primera. En el epigrafe 3 vimos que no había diferencias en cuanto al Número de Pasos, pero sí aparecían diferencias en tiempo de ejecución, lo que indica que había alguna clase de ganancia o aprendizaje cuando se hacía el problema dos veces : se daban los mismos pasos pero se tardaba menos tiempo en darlos.
- **SUBMETAS.** Había diferencias significativas en el tiempo de ejecución entre submetas consecutivas, resultado esperable dado que hay que dar más pasos para conseguir, por ejemplo, la submeta 5C que la 4C. Pero si se comparan las distribuciones proporcionales de Número de Pasos y Tiempo por Submetas, se ve que no hay una relación exacta. Se ha comentado que llevar el disco 5 al espacio C suponía el 59'6% de los movimientos totales, pero supone el 71% del tiempo total; llevar el 4 a C se correspondía con el 26'5% de los pasos totales y con el 22% del tiempo total; la submeta 3C incluía el 8'3% de los movimientos y el 4'5% del tiempo; 2C, el 3'7% de los movimientos y el 1'5% del tiempo y, por último, 1C, el 1'9% de los movimientos y el 1% del tiempo. Estos datos permiten intuir que no se tarda lo mismo en hacer un movimiento en 5C que en 4C, pero esta hipótesis se analizará en la variable siguiente (Tiempo por Movimiento).
- **GRUPOS x ORDEN x SUBMETAS.** Cuando se comparaba, para cada grupo, la Primera con la Segunda Ejecución, aparecían unas pautas generales que podrían resumirse así :
  - si en un grupo se combinaban las dos Formas de Presentación, siempre eran mayores los tiempos *R* que los tiempos *M*, tanto si se hacían comparaciones globales como si se hacían por submetas.
  - si en un grupo había una única Forma de Presentación, siempre eran mayores los tiempos de la Primera Ejecución que los de la Segunda. También eran mayores los tiempos por Submetas, pero las diferencias podían no ser significativas.
- **FORMA DE PRESENTACION.** En las diferentes comparaciones que trataban de analizar la influencia de esta variable, se obtuvieron los siguientes resultados :

- . cuando se comparaban los Grupos *R* frente a los Grupos *M*, ya sea sólo en la Primera Ejecución, sólo en la Segunda, o bien en alguna combinación de las dos ejecuciones, el tiempo invertido por los Grupos *R* era aproximadamente cuatro veces superior al de los grupos *M*.
- . sin embargo, esta relación no se mantenía en las comparaciones por Submetas : si bien es cierto que en todos los casos las diferencias eran significativas, no siempre eran proporcionales. Sin entrar en una descripción minuciosa, y existiendo una cierta variabilidad entre las comparaciones, podríamos decir que en las tres primera submetas (5C, 4C y 3C) los Tiempos Totales *R* eran unas cuatro veces superiores a los de *M*, pero en las dos últimas submetas (2C y 1C) los tiempos *R* eran superiores a los *M* en más de seis veces.
- . cuando se comparaban los dos grupos que habían tenido dos Formas de Presentación pero en distinta secuencia, había diferencias significativas en la ejecución global : el tiempo del Grupo *M-R* (fácil-difícil) era inferior al del Grupo *R-M* (difícil-fácil), pero esta ganancia era atribuible fundamentalmente a la Submeta 5C; para el resto no había diferencias.
- . cuando se comparaba la Segunda Ejecución de los grupos que tenían la Forma *M*, no había diferencias entre ellos, aún cuando en la Primera Ejecución hubieran tenido una Forma de Presentación diferente.
- . lo mismo sucedía con los grupos que tenían la Forma *R* en la Segunda Ejecución cuando se comparaban globalmente. Pero en las comparaciones por Submetas, el grupo que había hecho las dos veces *R* invirtió menos tiempo en la consecución de las tres últimas submetas.
- . por último, y como se proponía en la Hipótesis 1, los Tiempos de Instrucciones para los sujetos que recibían en la Primera Ejecución la Forma *R* eran mayores que los correspondientes a los que recibían *M*.

Aunque se volverá en la discusión sobre estos resultados, es evidente que la variable Tiempo de Ejecución es más sensible a las manipulaciones experimentales que Número de Pasos.

\* \* \* \* \*

## 6 - TIEMPO MEDIO POR MOVIMIENTO

Ya se ha comentado antes que una forma de analizar la ejecución de un sujeto es cuantificar el tiempo que invierte en ella, pero el tiempo puede observarse desde perspectivas diferentes. En el punto anterior se analizaba el Tiempo Total empleado en la ejecución de cada una de las partes en que se había dividido la tarea global; en las Torres de Hanoi el tiempo depende, hasta cierto punto, de la cantidad de movimientos que se hacen en cada una de las submetas : las que tienen un *espacio de estados* más amplio producen tiempos de ejecución superiores.

Pero otra perspectiva diferente y que pudiera aportar información complementaria, sería comprobar si el tiempo por Submeta depende sólo del Número de Movimientos o bien cada movimiento puede exigir, a su vez, tiempos diferentes en función de la parte de la tarea que se esté realizando.

Una forma de poner a prueba esta idea era introducir una nueva variable : el Tiempo Medio por Movimiento, que se obtuvo dividiendo el Tiempo Total entre el Número de Pasos; por ello se hizo el cálculo para cada sujeto en cada submeta y en cada ejecución.

Por las mismas razones que comentábamos para Tiempo Total, esta variable debiera ser también muy sensible a la Forma de Presentación, dado que en *R* los sujetos deben dibujar en un papel sus movimientos, en tanto que en *N* se limitan a cambiar un disco de una posición a otra.

En la Tabla 3.13 pueden verse las medias y desviaciones típicas por grupos, orden y submetas, y su representación gráfica aparece en la Figura 3.6. El Análisis de Varianza por Grupos de Tratamiento, Orden de Ejecución y Submetas puede verse en la Tabla 3.14. A continuación se comentan los resultados presentados.

TABLA 3.13

VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LA VARIABLE "TIEMPO POR MOVIMIENTO" (EN SEGUNDOS) EN FUNCION DEL GRUPO DE TRATAMIENTO, DEL ORDEN DE EJECUCION Y DE LAS SUBMETAS.

GRUPOS	PRIMERA VEZ					SEGUNDA VEZ				
	5C	4C	3C	2C	1C	5C	4C	3C	2C	1C
GRUPO 1 $\bar{x}$	13,29	8,90	5,06	2,49	1,77	32,89	30,06	22,79	13,71	13,72
(M - R) DT	6,91	3,74	2,07	0,66	0,69	7,02	9,44	8,--	2,13	3,52
GRUPO 2 $\bar{x}$	56,04	34,20	20,83	15,90	15,68	7,77	5,62	4,23	2,37	2,09
(R - M) DT	19,--	12,77	5,61	4,86	4,27	3,80	2,75	3,01	0,82	0,78
GRUPO 3 $\bar{x}$	11,56	5,46	3,92	1,87	1,82	5,55	4,70	3,48	1,90	1,80
(M - M) DT	3,79	3,42	1,66	0,73	0,50	1,96	2,11	0,98	0,74	0,71
GRUPO 4 $\bar{x}$	51,90	34,31	20,51	14,08	11,--	29,79	25,88	16,79	11,29	10,31
(R - R) DT	20,92	14,49	8,11	4,86	4,45	12,38	11,--	3,82	3,08	3,37

## NOTAS.

(M-R) : Primera vez Manipulación y Segunda vez Representación. (R-M) : Primera vez Representación y Segunda vez Manipulación. (M-M) : Primera y Segunda vez Manipulación. (R-R) : Primera y Segunda vez Representación.

5C : Tiempo medio de los movimientos realizados para colocar el disco 5 en el espacio C. 4C : Tiempo medio de los movimientos realizados desde la consecución de la submeta 5C hasta que se coloca el disco 4 en el espacio C. 3C : Tiempo medio de los movimientos realizados desde la consecución de la submeta 4C hasta que se coloca el disco 3 en el espacio C. 2C : Tiempo medio de los movimientos realizados desde la consecución de la submeta 3C hasta que se coloca el disco 2 en el espacio C. 1C : Tiempo medio de los movimientos realizados desde la consecución de la submeta 2C hasta que se coloca el disco 1 en el espacio C.

FIGURA 3.6 : Representación gráfica de los valores medios en TIEMPO POR MOVIMIENTO en función del Grupo de Tratamiento, Orden de Ejecución y de las Submetas.

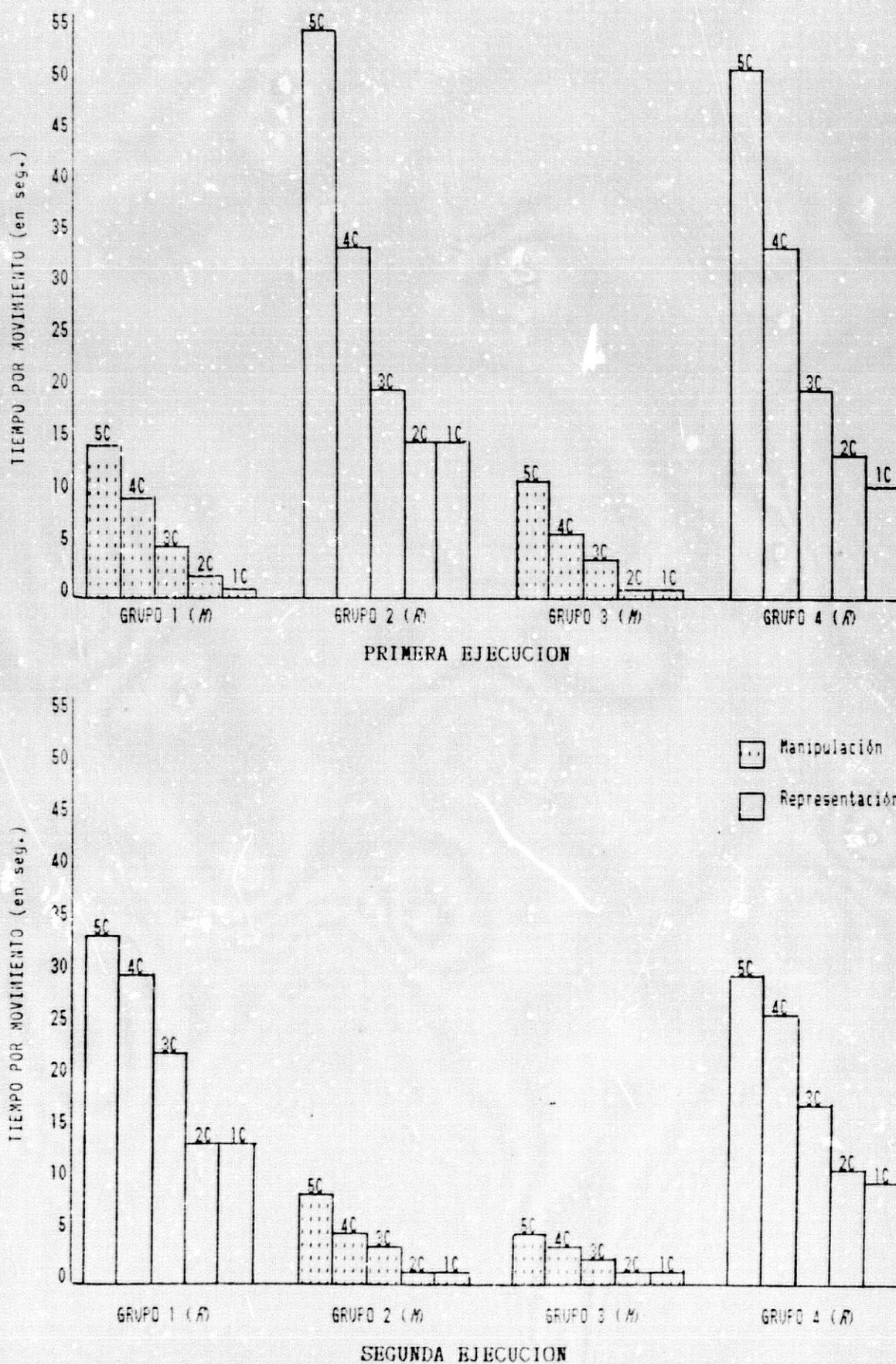


TABLA 3.14

ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE "TIEMPO POR MOVIMIENTO"  
 POR GRUPOS DE TRATAMIENTO, ORDEN DE EJECUCION Y SUBMETAS.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRATICA	F
GRUPOS	17,391,52	3	5,793,84	33,060***
ORDEN	1,816,52	1	1,816,52	29,599***
SUBMETAS	20,229,26	4	5,057,32	120,038***
GRUPOS x ORDEN	20,911,75	3	6,970,58	113,582***
GRUPOS x SUBMETAS	4,542,91	12	378,58	8,986***
ORDEN x SUBMETAS	2,653,99	4	663,50	26,404***
GRUP. x ORD. x SUBM.	3,765,73	12	313,81	12,488***
ERROR <sub>GRUPOS</sub>	6,309,10	36	175,25	
ERROR <sub>ORDEN Y GRP. x ORD.</sub>	2,209,34	36	61,37	
ERROR <sub>SUBM. Y GRP. x SUBM.</sub>	6,066,84	144	42,13	
ERROR <sub>ORD. x SUB. Y GR. x ORD. x SUBM.</sub>	3,618,49	144	25,13	

NOTA : \*\*\* =  $p < 0,001$

## 6.1 - RESULTADOS GENERALES

Aunque, como se ve en la Tabla 3.14 son significativos todos los efectos principales simples y todas las interacciones, sólo se comentarán, en este apartado los efectos de Orden y Submetas para pasar inmediatamente después a la triple interacción.

- \* El efecto principal del factor **ORDEN** (Primera y Segunda vez) fue significativo ( $F_{(1,36)} = 29'599$ ,  $p < .001$ ) : los sujetos tardaron, como media, más tiempo en hacer un movimiento en la Primera ejecución (16'60 sg.) que en la Segunda (12'34 sg).
- \* También fue significativo el efecto principal del factor **SUBMETAS** (5C, 4C, 3C, 2C, 1C), con una  $F_{(4,144)} = 120'038$  y una  $p < .001$ . Al igual que sucedía con Tiempo Total, el Tiempo por Movimiento en las distintas submetas seguía un orden decreciente, como puede verse en la Tabla 3.15, que también recoge los valores de  $F$  de las comparaciones entre Submetas consecutivas. Como puede observarse, en cuanto a esta variable, las submetas 2C y 1C no son diferentes.

## 6.2 - ORDEN Y SUBMETAS EN CADA GRUPO

- \* **GRUPO 1 (N-R)**. Fueron significativas las diferencias entre Primera y Segunda ejecución ( $F_{(1,9)} = 194'32$ ,  $p < .001$ ), con un Tiempo por Movimiento menor la Primera vez (6'30 sg.) que la Segunda (22'63 sg.). De nuevo en este grupo predominaba el efecto de Forma de Presentación sobre el efecto de Orden, efecto este último que nos haría esperar un tiempo de ejecución menor la Segunda vez.

Comparadas las dos ejecuciones en cada Submeta, se obtuvieron los siguientes resultados :

TABLA 3.15  
 DIFERENCIAS EN "TIEMPO POR MOVIMIENTO" ENTRE SUBMETAS CONSECUTIVAS

	Tiempo por movimiento (en sg.) por sujeto y Submeta					F	g.l.	p
	5C	4C	3C	2C	1C			
Comp. 5C vs 4C	25'10	18'77				11'604	(1,36)	<.001
Comp. 4C vs 3C		18'77	12'25			12'539	(1,36)	<.001
Comp. 3C vs 2C			12'25	7'95		14'899	(1,36)	<.001
Comp. 2C vs 1C				7'95	7'27	1'567	(1,36)	n.s.

Comparación 5C (1ª vez) frente a 5C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 44'496, p < .001$   
 Comparación 4C (1ª vez) frente a 4C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 60'854, p < .001$   
 Comparación 3C (1ª vez) frente a 3C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 67'998, p < .001$   
 Comparación 2C (1ª vez) frente a 2C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 296'785, p < .001$   
 Comparación 1C (1ª vez) frente a 1C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 105'346, p < .001$

En todos los casos fue inferior el Tiempo por Movimiento de la Primera ejecución (*M*) al de la Segunda (*R*), como puede verse en la Tabla 3.13.

- **GRUPO 2 (R-M)**. También resultó significativa la diferencia global entre Primera y Segunda ejecución ( $F_{(1,9)} = 112'23, p < .001$ ). El Tiempo por Movimiento la Primera vez fue de 28'53 sg. y la Segunda de 4'42 sg. El resultado, pues, sigue el efecto principal de Orden, pero potenciado por la interacción con Forma de Presentación. Se tardaba siete veces más tiempo en hacer un movimiento la Primera Vez que en hacerlo la Segunda.

El factor Submetas también reprodujo los resultados esperados : el Tiempo por Movimiento de la Primera ejecución, salvo en 3C, fue unas siete veces mayor que su equivalente en la Segunda (Tabla 3.13), con los siguientes valores de F :

Comparación 5C (1ª vez) frente a 5C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 63'363, p < .001$   
 Comparación 4C (1ª vez) frente a 4C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 50'422, p < .001$   
 Comparación 3C (1ª vez) frente a 3C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 78'883, p < .001$   
 Comparación 2C (1ª vez) frente a 2C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 100'402, p < .001$   
 Comparación 1C (1ª vez) frente a 1C (2ª vez) :  $F_{(1,9)} = 132'635, p < .001$

- **GRUPO 3 (M-M)**. En este grupo la diferencia entre Primera y Segunda ejecución se debía sólo al efecto de la variable Orden, sin interacción con Forma de Presentación, puesto que ésta fue igual en las dos ejecuciones. Esta diferencia fue también significativa ( $F_{(1,9)} = 14'57, p < .01$ ), aunque el valor de la misma fue bastante inferior al de los grupos anteriores

(Tiempo por Movimiento<sub>1a vez</sub> = 5'13 sg. y Tiempo por Movimiento<sub>2a vez</sub> = 3'49 sg.).

En las comparaciones correspondientes por submetas (Tabla 3.13) se rompió el patrón de los grupos anteriores : en las submetas 3C, 2C y 1C el Tiempo por Movimiento fue prácticamente igual entre Primera y Segunda ejecución; la diferencia fue algo mayor en la Submeta 4C, pero no llegó a alcanzar nivel de significación estadística; si fue significativa la diferencia en 5C ( $F_{(1,9)} = 23'914$ ,  $p < .001$ ) y se podría decir que esta submeta era la que producía las diferencias globales entre las dos ejecuciones. El mismo resultado se había obtenido en Tiempo Total.

- \* GRUPO 4 (R-R). La diferencia entre la Primera ejecución (26'44 sg. por movimiento) y la Segunda (18'81 sg.) fue significativa ( $F_{(1,9)} = 18'88$ ,  $p < .01$ ), siendo mayor el Tiempo por Movimiento de la Primera.

Cuando se hicieron las correspondientes comparaciones por Submetas entre las dos ejecuciones en este grupo, pudo observarse que sólo aparecían diferencias significativas en 5C ( $F_{(1,9)} = 31'15$ ,  $p < .001$ ) y en 2C ( $F_{(1,9)} = 6'022$ ,  $p < .05$ ), si bien en todos los casos, como puede verse en la Tabla 3.13 fueron mayores los tiempos de la Primera Ejecución. Las Submetas que produjeron diferencias son las mismas que en Tiempo Total y, al igual que en esa variable, la disminución en el Tiempo por Movimiento debe atribuirse a la repetición de la tarea, dado que en las dos ocasiones se dio la misma Forma de Presentación.

En resumen :

- salvo en el grupo 1 (N-R) siempre fueron mayores los tiempos por Movimiento de la Primera ejecución que los de la Segunda (análisis global por ejecuciones).
- la cuantía de las diferencias no era constante, pues se veía afectada por la variable Forma de Presentación.

por último, el patrón de las distintas Submetas fue, en líneas generales, igual que el de las ejecuciones globales, aunque las diferencias no siempre alcanzaron niveles de significación estadística.

### 6.3 - MANIPULACION FRENTE A REPRESENTACION

Las comparaciones efectuadas en este apartado fueron las mismas que se describen en los puntos anteriores correspondientes.

\* **COMPARACIONES *N* FRENTE A *R* EN CADA EJECUCION.** El Tiempo de los Grupos *N* en la Primera Ejecución fue de 5'71 sg. por movimiento, y el de los Grupos *R* fue de 27'48 sg., lo que indica que se tardó casi cinco veces más tiempo en hacer un movimiento en la Forma *R* que en la Forma *N*. Como se ve, se acentúa la diferencia que se manifestaba en Tiempo Total (con esta variable, la diferencia no llegaba a las cuatro veces). Como era de esperar, la diferencia entre los Grupos 1 y 3 (*N*) por una parte, y los Grupos 2 y 4 (*R*) por la otra, fue significativa ( $F_{(1,36)} = 146'062$ ,  $p < .001$ ). Cuando se hicieron las comparaciones correspondientes por niveles de la variable Submetas se mantuvieron las diferencias en la misma línea. Los valores de *F* de estas comparaciones fueron :

Comparación 5<sub>M</sub> frente a 5<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 80'219$ ,  $p < .001$

Comparación 4<sub>M</sub> frente a 4<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 70'843$ ,  $p < .001$

Comparación 3<sub>M</sub> frente a 3<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 102'927$ ,  $p < .001$

Comparación 2<sub>M</sub> frente a 2<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 136'179$ ,  $p < .001$

Comparación 1<sub>M</sub> frente a 1<sub>R</sub> en 1ª vez :  $F_{(1,36)} = 137'206$ ,  $p < .001$

A continuación, y utilizando sólo los datos correspondientes a la Segunda Ejecución, se compararon los Grupos 2 y 3 (*N*) por una parte (Tiempo por Movimiento = 3'95 sg.), frente al 1 y el 4 (*R*) por la otra (Tiempo por Movimiento = 20'72 sg.). La diferencia global entre ellos fue significativa ( $F_{(1,36)} = 189'080$ ,  $p < .001$ ). En este caso, los Grupos *N* tardaron cinco veces menos en hacer un movimiento que los Grupos *R*. Como

en la comparación anterior, se acentúa la tendencia que había aparecido en Tiempo Total.

En las comparaciones por Submetas aparecieron diferencias significativas en todos los casos :

Comparación 5C<sub>M</sub> frente a 5C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 135'715, p < .001$

Comparación 4C<sub>M</sub> frente a 4C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 93'708, p < .001$

Comparación 3C<sub>M</sub> frente a 3C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 114'621, p < .001$

Comparación 2C<sub>M</sub> frente a 2C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 281'649, p < .001$

Comparación 1C<sub>M</sub> frente a 1C<sub>R</sub> en 2ª vez :  $F_{(1,36)} = 162'726, p < .001$

En la introducción de esta variable dependiente se comentaba que el hecho de tener que dibujar en un papel la configuración de discos exige indudablemente más tiempo de ejecución, y los resultados anteriores lo confirman, pero convendría ir analizando si las diferencias aparecidas pueden ser sólo debidas a eso. Si lo anterior fuera cierto, y suponiendo una cierta semejanza en el tiempo invertido en dibujar las líneas a lo largo de toda la ejecución (siempre hay que hacer cinco rayas aunque en distintas posiciones), debieran aparecer diferencias constantes en términos absolutos en los Tiempos por Movimiento de las Submetas correspondientes entre *N* y *R* (si se tardan "x" segundos en hacer las rayas, el Tiempo por Movimiento *R* tenderá a ser "x" segundos mayor que el Tiempo por Movimiento *N*). El primer paso, pues, sería comprobar cuáles eran los datos reales, y en la Tabla 3.16 pueden verse las diferencias absolutas por Submeta y Ejecución entre Tiempos por Movimiento *N* y *R*.

A partir de estos datos, o bien se tarda, por ejemplo, un 40% menos en hacer las rayas en 4C que en 5C, o las diferencias en Tiempo por Movimiento son, además, debidas a otras causas que habría que buscar. La pregunta a plantear sería : ¿qué otras cosas, además de rayas, hacen los sujetos en *R* que no hacen en *N*? Si los datos anteriores son debidos a algo más que el azar, debieran encontrarse algunas diferencias interesantes en las verbalizaciones de los sujetos.

TABLA 3.16  
 DIFERENCIAS ABSOLUTAS ENTRE "TIEMPOS POR MOVIMIENTO" *M* Y *R*,  
 POR SUBMETAS Y ORDEN DE EJECUCION

	Primera Ejecución	Segunda Ejecución
$TM_R - TM_M$ en 50	41'55 sg.	24'60 sg.
$TM_R - TM_M$ en 40	26'58 sg.	22'81 sg.
$TM_R - TM_M$ en 30	16'38 sg.	15'94 sg.
$TM_R - TM_M$ en 20	12'81 sg.	10'37 sg.
$TM_R - TM_M$ en 10	11'55 sg.	10'07 sg.

NOTAS.  $TM_R$  = Promedio de los Tiempos por Movimiento de las ejecuciones R  
 $TM_M$  = Promedio de los Tiempos por Movimiento de las ejecuciones M

COMPARACIONES *N* FRENTE A *R* COMBINANDO DOS EJECUCIONES. El Tiempo por Movimiento en las dos ejecuciones del Grupo 3 (*N-N*) fue de 4'31 sg. y el del Grupo 4 (*R-R*) fue de 22'62 sg. La diferencia entre estos dos grupos fue significativa ( $F_{(1,36)} = 95'741$ ,  $p < .001$ ), siendo cinco veces y media mayor el Tiempo por Movimiento *R* que el *N*. Cuando se compararon los dos grupos en cada Submeta se mantuvo la misma tendencia :

Comp. 5C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 5C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 54'254$ ,  $p < .001$   
 Comp. 4C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 4C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 60'142$ ,  $p < .001$   
 Comp. 3C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 3C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 80'051$ ,  $p < .001$   
 Comp. 2C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 2C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 102'362$ ,  $p < .001$   
 Comp. 1C<sub>M</sub> (Grupo 3) frente a 1C<sub>R</sub> (Grupo 4) :  $F_{(1,36)} = 67'284$ ,  $p < .001$

En la siguiente comparación, que enfrentaba los Grupos 1 y 2, se juntaron las ejecuciones como en las variables anteriores; por una parte estaban las ejecuciones *N* (Grupo 1, Primera vez más Grupo 2, Segunda vez) y por otra las *R* (Grupo 1, Segunda vez más Grupo 2, Primera vez). El Tiempo por Movimiento de *N* fue 5'36 sg. y el de *R* fue 25'58 sg.; volvió, pues, a aparecer un resultado similar al de Tiempo Total, pero acentuado : el Tiempo por Movimiento de *R* fue casi cinco veces superior al de *N*. La diferencia fue significativa, con una  $F_{(1,36)} = 249'620$  y una  $p < .001$ . En las comparaciones por Submetas aparecieron igualmente diferencias significativas, con los siguientes valores de *F*:

Comp. 5C<sub>M</sub>(G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 5C<sub>R</sub>(G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 101'458$ ,  $p < .001$   
 Comp. 4C<sub>M</sub>(G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 4C<sub>R</sub>(G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 105'019$ ,  $p < .001$   
 Comp. 3C<sub>M</sub>(G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 3C<sub>R</sub>(G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 145'216$ ,  $p < .001$   
 Comp. 2C<sub>M</sub>(G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 2C<sub>R</sub>(G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 272'641$ ,  $p < .001$   
 Comp. 1C<sub>M</sub>(G<sub>1</sub>1<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>2<sub>2</sub>) frente a 1C<sub>R</sub>(G<sub>1</sub>2<sub>2</sub>+G<sub>2</sub>1<sub>2</sub>) :  $F_{(1,18)} = 237'373$ ,  $p < .001$

En resumen :

en todas las comparaciones de las ejecuciones *N* frente a las ejecuciones *R* aparecieron diferencias significativas.

los Tiempos por Movimiento fueron de cuatro veces y media a cinco veces y media superiores para *R*, pero esta diferencia no se mantenía proporcional para las submetas; se acentuaba la diferencia en los movimientos correspondientes a las dos últimas submetas (se tardaba de seis a siete veces y media más en hacer un movimiento en estas submetas en la forma *R*).

La diferencia proporcional entre *N* y *R* es mayor en la Segunda ejecución que en la Primera, lo que indica que la repetición de la tarea no afecta en la misma medida a las dos Formas de Presentación, al menos en lo que a esta variable dependiente se refiere (un resultado similar pero menos acentuado había aparecido en Tiempo Total).

#### 6.4 - SECUENCIA EN EL ORDEN DE PRESENTACION

El efecto que produce la secuencia en la Forma de Presentación se analizó, al igual que en la variable anterior, mediante dos clases de comparaciones : una entre los grupos que tuvieron las dos Formas de Presentación pero en una secuencia distinta y otra entre los grupos que en el Segunda ejecución tuvieron la misma Forma de Presentación, independientemente de lo que tuvieron en la Primera.

- \* **GRUPOS CON DISTINTA FORMA DE PRESENTACION EN CADA EJECUCION.** Estos Grupos fueron el 1 (*N-R*) y el 2 (*R-N*). El conjunto de la tarea fue el mismo para los dos Grupos, salvo en el aspecto que analizamos en este momento. El Tiempo por Movimiento del Grupo 1 en el conjunto de las dos ejecuciones fue de 14'47 sg. y el del Grupo 2 fue 16'47 sg.; la diferencia no resultó significativa. Recordemos que en Tiempo Total las diferencias entre estos mismos grupos fueron significativas con un  $p < .05$ .

Efectuadas las comparaciones correspondientes por cada Submeta se reprodujo el resultado de la comparación global : en ningún caso fueron significativas las diferencias, si bien, como puede verse en la Tabla 3.13

fueron mayores los Tiempos por Movimiento del Grupo 2 en todos los casos excepto en 2C.

- . GRUPOS CON LA MISMA FORMA DE PRESENTACION EN LA SEGUNDA EJECUCION. Se compararon en primer lugar los dos grupos que habían hecho la Segunda vez el problema con la Forma N (Grupos 2 y 3). El Tiempo del Grupo 2 fue de 4'42 sg. por movimiento y el del Grupo 3 fue 3'49 sg. La diferencia no fue significativa ni en la comparación global ni en las comparaciones por submetas (igual había sucedido con Tiempo Total).

A continuación se compararon los dos grupos que habían resuelto el problema la Segunda vez con la Forma R (Grupos 1 y 4). El Tiempo del Grupo 1 fue 22'63 sg. por movimiento y el del Grupo 4, 18'81 sg. La diferencia resultó significativa ( $F_{(1,36)} = 4'913$ ,  $p < .05$ ). Por lo que respecta a las comparaciones por Submetas, en la Tabla 3.13 puede verse que en todos los casos fue mayor el Tiempo por Movimiento del Grupo 1, pero sólo aparecieron diferencias significativas en las últimas submetas : 3C ( $F_{(1,36)} = 8'132$ ,  $p < .01$ ), 2C ( $F_{(1,36)} = 7'698$ ,  $p < .01$ ) y 1C ( $F_{(1,36)} = 9'321$ ,  $p < .01$ ). Este resultado nos lleva, también con esta variable, a afirmar que los sujetos se benefician de la igualdad de Formas de Presentación R sólo en la parte más sencilla del problema, que es la que corresponde a las tres últimas submetas.

No parece, por el conjunto de los resultados obtenidos en este punto, que la mejora en rendimiento de los sujetos en la Segunda ejecución pueda estar influida por un efecto diferencial de la igualdad o diferencia de ejecuciones. Es más importante haber hecho ya el problema una vez que haberlo hecho en Forma de Presentación igual o diferente.

## 6.5 - CARACTERISTICAS TEMPORALES DEL "PATRON DE ACERCAMIENTO" A LAS SUBMETAS 5C Y 4C

En el punto 4.5.2 de este capítulo se llamaba la atención sobre el hecho de que la longitud más frecuente de las secuencias de movimientos óptimos que aparecen inmediatamente antes de alcanzar las submetas 5C y 4C era de 8 pasos. La repetitividad de este resultado era lo suficientemente llamativa como para intentar buscarle alguna explicación. Sería posible que ese patrón apareciera en el momento en que los sujetos eran capaces de anticipar los movimientos que les permitirían alcanzar la submeta correspondiente y que no tuvieran esa capacidad en cualquier momento de su ejecución. Ahora bien, si fuera cierto que la secuencia es el resultado de una planificación de varios movimientos, el Tiempo del Primer Movimiento de la secuencia (al que se denominará *8º movimiento*) debiera ser mayor que el de los siete restantes (denominados *7 últimos*): primero se pensaría detenidamente qué hacer para, a continuación, ejecutar rápidamente las decisiones previstas. Si se buscara un punto de referencia más general, sería posible que el tiempo del *8º movimiento* fuera mayor que el Tiempo por Movimiento *Global* de cada submeta (que supuestamente debe incluir tanto movimientos de planificación como de ejecución rápida a lo largo de toda la tarea) y también que los *7 últimos* se ejecutaran con más rapidez que el promedio de los restantes movimientos. En otras palabras, se esperaría que el Tiempo por Movimiento, en orden de mayor a menor, fuera el siguiente: *8º movimiento, global, 7 últimos*.

Para probar si esto era cierto se siguieron los siguientes pasos:

- a) se seleccionaron los sujetos que en cualquier de las dos ejecuciones y de las dos Submetas reproducían el *patrón de acercamiento*.
- b) se identificaron los Tiempos por Movimiento *Globales* de esos sujetos, el Tiempo del *8º movimiento* y los Tiempos de los *7 últimos* movimientos, calculándose el promedio de éstos.

- c) como resultado de los análisis presentados en Longitud de las Desviaciones, se hubieran podido analizar conjuntamente todos los grupos, pero se consideró más conveniente mantener la diferencia entre ejecuciones *M* y *R* por las grandes diferencias en Tiempo por Movimiento que existían, en general, entre ambas Formas de Presentación.
- d) los datos recogidos según (b) se promediaron, pues, separadamente para *M* y *R*, para 1ª y 2ª Ejecución y para 5C y 4C. Los resultados de estos agrupamientos pueden verse en las Tablas 3.17a y 3.17b. La simple observación de los datos permite ver que las relaciones que aparecen entre los tres tipos de Tiempos por Movimiento eran las anticipadas.
- e) Se aplicó la prueba *t* de Student para verificar si las diferencias podían ser debidas al azar, y los resultados pueden verse en las Tablas 3.18a y 3.18b. Todas las diferencias fueron significativas, como mínimo, con una  $p < .02$ , aunque la mayoría alcanzaron niveles de significación superiores ( $p < .001$ ).

Como conclusión es, pues, posible afirmar que el *patrón de acercamiento* pudiera ser el resultado de una planificación eficaz, que es capaz de anticipar las consecuencias de los movimientos. Es igualmente posible que esa planificación se haya intentado anteriormente, pero sin éxito. El por qué aparece en un momento determinado y desaparece de nuevo (hay sujetos que manifiestan el patrón en 5C, pero que dan muchos pasos hasta que vuelven a reproducirlo en 4C cuando hubieran podido conseguirlo desde el primer movimiento de esa submeta) es más difícil de justificar. Baste por ahora dejar constancia de las características temporales de ese *patrón de acercamiento*.

## 6.6 - RESUMEN DE RESULTADOS

También fueron significativos todos los efectos principales y todas las interacciones :

TABLA 3.17

VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE TRES CLASES DE "TIEMPO POR MOVIMIENTO" EN LOS SUJETOS QUE MANIFIESTAN EL "PATRÓN DE ACERCAMIENTO" A LAS SUBMETAS 5C y 4C

(a)

GRUPOS		PRIMERA EJECUCION					
		Submeta 5C			Submeta 4C		
		82 Movimiento	Global	7 Últimos	82 Movimiento	Global	7 Últimos
1 y 3 (M)	$\bar{x}$	20'10	13'51	5'93	32'97	8'17	3'97
	DT	37'17	6'30	4'94	32'63	3'57	1'53
	n	11	11	11	18	18	18
2 y 4 (R)	$\bar{x}$	85'98	55'29	26'85	68'91	34'95	23'58
	DT	77'60	21'82	15'34	46'18	13'28	8'20
	n	12	12	12	19	19	19

(b)

GRUPOS		SEGUNDA EJECUCION					
		Submeta 5C			Submeta 4C		
		82 Movimiento	Global	7 Últimos	82 Movimiento	Global	7 Últimos
2 y 3 (M)	$\bar{x}$	6'97	5'62	3'16	9'91	5'14	3'94
	DT	4'86	1'51	0'99	10'02	2'50	3'23
	n	10	10	10	19	19	19
1 y 4 (R)	$\bar{x}$	82'81	31'98	20'78	69'32	28'48	21'72
	DT	52'11	8'68	6'19	42'01	10'61	7'89
	n	15	15	15	16	16	16

## NOTAS

(M) = Manipulación. En la Primera Ejecución incluye los sujetos que siguen el patrón de acercamiento en los Grupos 1 y 3; en la Segunda Ejecución los de los Grupos 2 y 4.

(R) = Representación. En la Primera Ejecución incluye los sujetos que siguen el patrón de acercamiento de los Grupos 2 y 3; en la Segunda Ejecución, los de los Grupos 1 y 4.

82 Movimiento = Tiempo por Movimiento del primer paso del patrón de acercamiento.

Global = Tiempo por Movimiento del conjunto de pasos de la Submeta correspondiente.

7 Últimos = Tiempo por Movimiento de los siete últimos pasos del patrón de acercamiento.

TABLA 3.18

VALORES DE "t" Y NIVELES DE SIGNIFICACION DE LAS DIFERENCIAS DE MEDIAS ENTRE TRES CLASES DE "TIEMPOS POR MOVIMIENTO" DE LOS SUJETOS QUE MANIFIESTAN EL "PATRON DE ACERCAMIENTO" A LAS SUBMETAS 5C y 4C

(a)

		PRIMERA EJECUCION			
		SUBMETA 5C		SUBMETA 4C	
GRUPOS	TIEMPO POR MOVIMIENTO	Global	7 últimos	Global	7 últimos
1 y 3 (M)	82 Movimiento Global	3'130*	3'370** 3'471**	4'355***	4'483*** 4'361***
2 y 4 (R)	82 Movimiento Global	3'555**	3'593** 3'612**	4'470***	4'471*** 4'471***

(b)

		SEGUNDA EJECUCION			
		SUBMETA 5C		SUBMETA 4C	
GRUPOS	TIEMPO POR MOVIMIENTO	Global	7 últimos	Global	7 últimos
2 y 3 (M)	82 Movimiento Global	3'079*	3'297** 3'328**	4'457***	4'462*** 4'464***
1 y 4 (R)	82 Movimiento Global	4'----**	4'002** 4'005**	4'125***	4'125*** 4'125***

## NOTAS.

Cada valor de *t* corresponde a la comparación entre los Tiempos por Movimiento de los segmentos de ejecución indicados en la fila y columna correspondientes.

\* =  $p < .02$  \*\* =  $p < .01$  \*\*\* =  $p < .001$

(M) = Manipulación. En la Primera Ejecución incluye los sujetos que siguen el patrón de acercamiento en los Grupos 1 y 3; en la Segunda Ejecución los de los Grupos 2 y 4.

(R) = Representación. En la Primera Ejecución incluye los sujetos que siguen el patrón de acercamiento de los Grupos 2 y 3; en la Segunda Ejecución, los de los Grupos 1 y 4

82 Movimiento = Tiempo por Movimiento del primer paso del patrón de acercamiento.

Global = Tiempo por Movimiento del conjunto de pasos de la Submeta correspondiente.

7 últimos: Tiempo por Movimiento de los siete últimos pasos del patrón de acercamiento.

- **GRUPOS.** Aparecía la misma pauta que en Tiempo Total por Submetas. El Tiempo Medio mayor fue el del Grupo *R-R*, le seguía *R-M*, *M-R* y *M-M*.
- **ORDEN.** Los sujetos tardaban menos en hacer cada movimiento la Segunda vez.
- **SUBMETAS.** Los Tiempos Medios de cada Submeta eran menores a medida que se avanzaba en la tarea. Lo mismo había sucedido con Tiempo Total, pero este dato ya aporta una información diferente. Con la variable anterior, si bien se invertía menos tiempo en las últimas Submetas, podía ser debido a que se hacían menos movimientos, pero con la nueva variable se podía comprobar que no era esa la única causa. El hecho material de mover un disco o hacer cinco rayas en las fichas se mantenía constante a lo largo de toda la ejecución, pero sin embargo, se tardaba tres veces menos en hacerlo en la parte final de la tarea que al principio. Esto ya debe ser un indicio de que el tiempo no está provocado únicamente por la ejecución material del movimiento, sino que intervienen otra serie de factores que deberán ser analizados. Por otra parte, las dos últimas Submetas, que parecían diferentes con la variable Tiempo Total, resultaron no ser diferentes con esta nueva variable : se tardaba más porque había que hacer dos movimientos, pero en cada movimiento se invertía aproximadamente el mismo tiempo.
- **GRUPOS x ORDEN x SUBMETAS.** Las diferencias entre Primera y Segunda Ejecución eran siempre significativas, pero no siempre igual de intensas. Además estaban mediadas por el factor Submetas. Para describir más claramente estas relaciones, analizaremos en primer lugar los dos grupos que tuvieron distinta Forma de Presentación en cada ejecución y luego los otros dos grupos que tuvieron la misma Forma de Presentación las dos veces :
  - En el Grupo 1 (*M-R*) se tardaba tres veces y media más en hacer un movimiento la Segunda vez (*R*) que la Primera. Recordemos que era el único Grupo que no seguía la pauta general descrita en el análisis del factor Orden. Esta diferencia no era homogénea a lo largo de toda la ejecución;

por ejemplo, los movimientos de la Submeta 5C exigían dos veces y media más tiempo en *R*, pero los de 1C exigían casi ocho veces más tiempo.

En el Grupo 2 (*R-N*) cada movimiento *R* exigía seis veces y media más tiempo (en la ejecución global) que un movimiento *N*. Por Submetas se mantenían igualmente grandes diferencias : entre seis y siete veces más para *R*, excepto en 3C que sólo eran cinco veces mayores.

En el Grupo 3 (*N-N*), comparadas globalmente las dos ejecuciones, se tardaba más tiempo en hacer un movimiento la Primera vez (aunque no llegaba a una vez y media) pero, al analizar la diferencia entre Submetas se veía que la única que diferenciaba significativamente las dos ejecuciones era 5C.

Y, por último, en el Grupo 4 (*R-R*) sucedía lo mismo, con la única excepción de 2C : no llegaba a 1 sg. la diferencia entre Primera y Segunda ejecución, pero este valor mínimo bastaba para producir diferencias significativas.

\* **FORMA DE PRESENTACION.** Podríamos resumir así los resultados de esta variable :

en todas las comparaciones globales *N* frente a *R*, aparecían grandes diferencias en el Tiempo Medio por Movimiento : se tardaba aproximadamente cinco veces más en hacer un movimiento *R* que en hacer uno *N*. La diferencia proporcional entre *N* y *R* es mayor en la Segunda Ejecución que en la Primera, lo que indica que la repetición de la tarea no afecta en la misma medida a las dos Formas de Presentación, al menos en lo que a esta variable dependiente se refiere (un resultado similar pero menos acentuado había aparecido en Tiempo por Submetas).

por Submetas había algo más de variabilidad, pero no mucho : en las tres primeras (5C, 4C, 3C) cada movimiento exigía casi cinco veces más tiempo en *R* que en *N*, y en las dos últimas (2C y 1C) la diferencia era de siete veces (mayor *R*).

si en lugar de analizar las diferencias relativas entre Tiempos por Movimiento *N* y *R* se observaban las diferencias absolutas por Submetas en cada Ejecución, se podía plantear la posibilidad de que en la aparición

de las diferencias detectadas estén interviniendo además otros factores distintos a la ejecución mecánica de las rayas sobre el papel.

por lo que se refiere a la influencia del orden en la Forma de Presentación, los resultados generales son similares a los obtenidos con la variable Tiempo Total, aunque no coinciden siempre en la significación estadística. Es más importante haber hecho ya el problema una vez que haberlo hecho en Forma de Presentación igual o diferente.

- \* **PATRON DE ACERCAMIENTO.** Las características temporales de la secuencia de movimientos denominada *patron de acercamiento* son semejantes en todos los casos en que aparece : el primero de los 8 movimientos tarda más en ejecutarse que los siete restantes, lo que podría significar que en ese momento se produce una planificación más profunda.

\* \* \* \* \*

## 7 - NUMERO DE VERBALIZACIONES

Como ya se comentó ampliamente en la Introducción, tareas como la de las Torres de Hanoi, que producen un largo tiempo de ejecución, exigen métodos de observación que no son habituales en otras áreas de la Psicología Cognitiva. El análisis de la conducta de un sujeto cuando resuelve un problema suele ser muy superficial si se atiende sólo a variables como tiempo de ejecución o número de movimientos, por lo que habitualmente se pide a los sujetos que procuren decir en voz alta lo que piensan mientras realizan la tarea; estas verbalizaciones son registradas en cinta magnetofónica y posteriormente se estudia el contenido de las mismas : es el Análisis de Protocolos. En su momento discutimos la bibliografía publicada sobre este método, que cuenta con críticas importantes pero que sigue utilizándose porque, por el momento, no ha podido ser sustituido por otro más eficaz.

Cualquiera que haya trabajado en resolución de problemas, y más si se interesa por problemas de transformación como las Torres de Hanoi que exigen la ejecución de secuencias de conducta largas y complejas, comprende que no puede ignorar la información que proporcionan los comentarios de los sujetos, aún cuando esta información deba ser críticamente utilizada.

Por ello, en el experimento que nos ocupa, se incluyeron, como un material más de observación, las verbalizaciones producidas por los sujetos; estos protocolos se utilizaron con dos objetivos diferentes : por una parte se hizo una cuantificación de las verbalizaciones para ver si su número estaba influido por las variables manipuladas y, por otra, se analizó la naturaleza de estas verbalizaciones. En el punto actual nos centraremos en los resultados obtenidos con el Número de Verbalizaciones.

Ya se ha comentado en diversas ocasiones que se había transcrito mecanográficamente la conducta verbal de los sujetos, y éste fue el material bruto de partida, pero su utilización exigía una serie de manipulaciones posteriores, manipulaciones que se describen a continuación.