

## 4 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

*¿Son los seres humanos lo bastante inteligentes para saber hasta qué punto son inteligentes?*

*Dan Spencer, 1994*

### 4.1 Objetivos de la investigación experimental

Podemos clasificar los principales objetivos perseguidos en la investigación experimental que se ha realizado dentro los siguientes ámbitos:

- ☑ Medida de la inteligencia cotidiana mediante la resolución de problemas en un contexto similar al de la vida cotidiana.
- ☑ Detección de las dificultades mentales que obstaculizan la resolución de una batería de tres problemas de comprensión súbita (*insight*).
- ☑ Observación directa de los procesos de resolución empleados por los sujetos, del impacto de las diferentes ayudas preestablecidas y de las soluciones especiales —o intentos de solución— surgidos de la aplicación de la creatividad y el pensamiento divergente.
- ☑ Medir, en relación con la eficacia de resolución de los problemas de comprensión súbita (*insight*), los siguientes aspectos:
  - La influencia de las capacidades lógicas y matemáticas (Experimento núm. 1).
  - La influencia de las capacidades metacognitivas necesarias para aplicar correctamente el concepto clave de la solución (Experimento núm. 2).
  - La influencia del orden en que se dan diferentes módulos preestablecidos de ayudas metacognitivas y pistas analógicas verbales (Experimento núm. 2).
  - La influencia de las capacidades de superación de fijaciones funcionales (Experimento núm. 2).
  - La influencia de los estímulos sensoriales (Experimento núm. 3).
  - La comparación entre la eficacia de las ayudas sensoriales y la eficacia de las ayudas verbales<sup>18</sup> (Experimento núm. 3).

---

<sup>18</sup> Los tres problemas de *insight* empleados tienen un concepto clave de resolución con implicaciones sensoriales.

- La influencia de un contexto de superación de fijaciones funcionales (comparación de resultados entre Experimentos 2 y 3).
- La correlación entre diferentes problemas de *insight* (Experimento núm. 3).

## **4.2 Factores comunes en los tres experimentos**

### ***Población elegida***

La población elegida para aplicar los tres experimentos ha sido el conjunto de estudiantes de los cursos primero y segundo de las facultades de Psicología de las universidades de Barcelona y Autónoma de Barcelona durante dos años escolares consecutivos entre 2000 y 2002. Con una distribución de edades que oscila entre un máximo de 42 años, un mínimo de 19 y una media de 22. El nivel de estudios realizados es, como era de suponer, muy homogéneo, con la excepción de un 1% de participantes que poseían un título superior anterior. La distribución por géneros es fuertemente asimétrica: 91% participantes del sexo femenino y sólo 9% del sexo masculino, pero corresponde a la distribución actual, muy feminizada, de los primeros cursos de las facultades mencionadas.

El método de selección de los participantes para los Experimentos núm. 1 y 3, de pasación individual, ha consistido en su inscripción en una hoja de solicitud de voluntarios colocada semanalmente en el tablón de avisos de la Facultad.

Para el Experimento núm. 2, de pasación colectiva, se han reclutado voluntarios entre los asistentes a las clases, garantizando que no hubiera repeticiones con los estudiantes que habían participado en los Experimentos individuales.

### ***Problema clave***

Los tres Experimentos giran alrededor del problema clave titulado abreviadamente “Las tres bombillas” o, simplemente “Bombillas”. Se han redactado dos versiones del enunciado, una para los Experimentos núm. 1 y 3, de pasación individual y una segunda para el Experimento núm. 2, de pasación colectiva. Pueden verse las dos variantes del enunciado y la descripción de las características del problema en el Anexo I.

### ***Tipos de ayudas previstas***

En el Experimento núm. 1 disponemos del grupo de control en el que no se utilizan ayudas de ningún tipo. En el Experimento núm. 2 se utilizan ayudas

verbales y ayudas metacognitivas. En el Experimento núm. 3 se utilizan ayudas verbales y ayudas sensoriales.

### **Ayudas verbales**

Diremos que una ayuda es de tipo verbal —con independencia de que sea suministrada en forma oral o escrita— cuando se intenta provocar el acceso del participante al concepto clave de la resolución mediante el recurso de una frase. Pero el concepto clave sólo solucionará el problema si es aplicado bajo el esquema mental adecuado. El concepto clave del problema Bombillas es “el calor de las bombillas”, pero para completar la solución hay que aplicar el esquema mental siguiente: “dando diferentes duraciones al tiempo de encendido de las bombillas obtendremos tres temperaturas diferentes” o el esquema mental alternativo: “podemos combinar la posición del interruptor {apagado | encendido} con el calor de la bombilla {caliente | fría}”.

### **Ayudas metacognitivas**

Diremos que una ayuda es de tipo metacognitivo —con independencia de que sea suministrada en forma oral o escrita— cuando pretende provocar la adquisición del esquema mental necesario para solucionar el problema. En los problemas de identificación de clónicos, el esquema mental necesario es la utilización de una variable ternaria o la combinación de dos binarias.

### **Ayudas sensoriales**

Diremos que una ayuda es de tipo sensorial cuando se proporciona al participante un estímulo sensorial similar al que se precisa contemplar dentro del procedimiento de resolución del problema, con independencia de que se utilicen o no —para dar este estímulo— los mismos objetos y situaciones del problema u objetos y situaciones simplemente análogos.

### **Secuencias de ayudas**

Si damos la ayuda antes de que el participante conozca el enunciado y, por lo tanto, antes de que inicie la búsqueda de la solución, diremos que se trata de una ayuda previa. Si damos la ayuda cuando el participante ya ha excedido, sin éxito, el tiempo máximo de resolución previsto, diremos que se trata de una ayuda final<sup>19</sup>.

En una misma prueba podremos combinar ayudas previas con ayudas finales y ayudas verbales con ayudas sensoriales. Pero, para no complicar en exceso el diseño de los experimentos, no se han utilizado ayudas en puntos intermedios. El foco principal de los experimentos diseñados está puesto en

---

<sup>19</sup> Sería más correcto hablar de ayudas “posteriores”, pero hemos escrito “final”, en vez de “posterior”, por la comodidad de tener iniciales diferentes en los dos tipos de ayudas. Se trata de una ayuda “al final” del tiempo límite de resolución, pero no implica que sea, necesariamente, la última ayuda que recibe. Una misma secuencia puede tener dos ayudas “finales”, es decir: posteriores al tiempo límite de resolución previsto.

el progreso mental del participante, en su proceso de búsqueda de la solución, a través de las sucesivas aproximaciones que las diferentes ayudas le van proporcionando.

Para abreviar, codificaremos las ayudas utilizadas con tres letras según el sistema indicado en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 - Codificación de las ayudas		
1a letra	2a letra	3a letra
<b>A</b> = ayuda	<b>V</b> = verbal <b>S</b> = sensorial <b>R</b> = razonamiento	<b>P</b> = previa <b>F</b> = final

Así, por ejemplo, ASF querrá decir: ayuda sensorial final, y AVP querrá decir: ayuda verbal previa.

### 4.3 Características del problema Bombillas

#### Cotidianidad

En el contexto PQ, el participante ha de imaginar su acomodación de emergencia en un refugio de montaña cercano, ya conocido por él, como consecuencia de una pequeña lesión en la pierna mientras hacía montañismo. Aunque un participante concreto no haya hecho nunca montañismo ni haya tenido nunca lesión alguna, en función de su edad y de su perfil socioeconómico, puede asimilar perfectamente como propia la situación descrita.

Que los interruptores del piso de arriba estén al pie de la escalera y que no estén en el mismo orden que las bombillas que encienden, es una situación bastante verosímil.

Que se quiera conocer la correspondencia exacta entre los interruptores y las bombillas, es verosímil también, porque —tal como dice el enunciado— si se quiere cambiar una bombilla concreta, hará falta dejarla desconectada pero deberemos iluminarnos con las bombillas restantes.

Que se quiera minimizar los desplazamientos al piso de arriba, viene justificado por el dolor que tiene el participante en su supuesta pierna lesionada.

#### Lógica

El problema no se puede solucionar mediante el azar de simples tanteos: Se precisa acceder a una combinación de tres estados físicamente distinguibles para cada una de las bombillas —originados por las manipulaciones

adecuadas de los interruptores— y será imprescindible combinar de una manera lógica dos variables binarias o una de ternaria —si se tiene la capacidad de encontrarlas—.

### **Fijación funcional**

Para identificar las dos variables binarias —o la variable ternaria— que ha de permitir solucionar el problema, el participante ha de superar las fijaciones funcionales que le impiden el acceso al concepto “calor de las bombillas”.

La fijación funcional principal viene dada por la asimilación de la bombilla a un simple punto de luz. A pesar de que en la vida cotidiana hay más de una utilización de las bombillas como focos de calor, la población normal tiene gran dificultad en tomar conciencia del atributo calorífico que toda bombilla encendida tiene. Una gran cantidad de participantes reconoce que se han quemado alguna vez con una bombilla en la vida real<sup>20</sup> —probablemente por falta de atención a este atributo—, pero no siempre son capaces de aplicar este conocimiento tácito. A pesar de que en el Experimento núm. 1 se les proporcionan ayudas verbales e, incluso, estímulos sensoriales directos con el tacto de una bombilla caliente, comprobaremos en el capítulo de resultados hasta qué punto la fijación funcional persiste y el acceso conceptual no llega a producirse.

### **Implicación sensorial**

La resolución de Bombillas por la vía más natural pasa por la utilización de la variable “temperatura de las bombillas” y su discriminación —binaria o ternaria— por el tacto. Es prácticamente imposible resolverlo, tanto en las condiciones del enunciado del contexto ER como del enunciado del contexto PQ, sin la mediación de este tacto<sup>21</sup>.

### **Simulable**

En el contexto PQ, para dar la facilidad de simular la situación del enunciado, se ha construido un aparato especial fabricado con conglomerado de madera y material eléctrico siguiendo el esquema constructivo adjunto.

La caja mayor es un paralelepípedo de 60 x 30 x 30 cm. con una tapa superior que cierra bastante herméticamente el paso de la luz y que puede abrirse mediante un tirador. Representa el dormitorio del refugio. En su interior hay tres portalámparas —alineados y etiquetados con las letras A, B

---

<sup>20</sup> En el conjunto del total de 246 sujetos, un 58% han indicado en la encuesta complementaria que han tenido experiencia de alguna quemada con bombillas.

<sup>21</sup> Veremos más adelante que, en realidad, existen soluciones basadas en un gran conocimiento de la electricidad y una cierta capacidad de manipulación de los elementos eléctricos, pero que son difícilmente planteables en los escenarios descritos por ambos enunciados.

y C— con sus correspondientes bombillas de 25 W. Un cable de 1.5 m permite enchufar la caja a la toma de corriente.

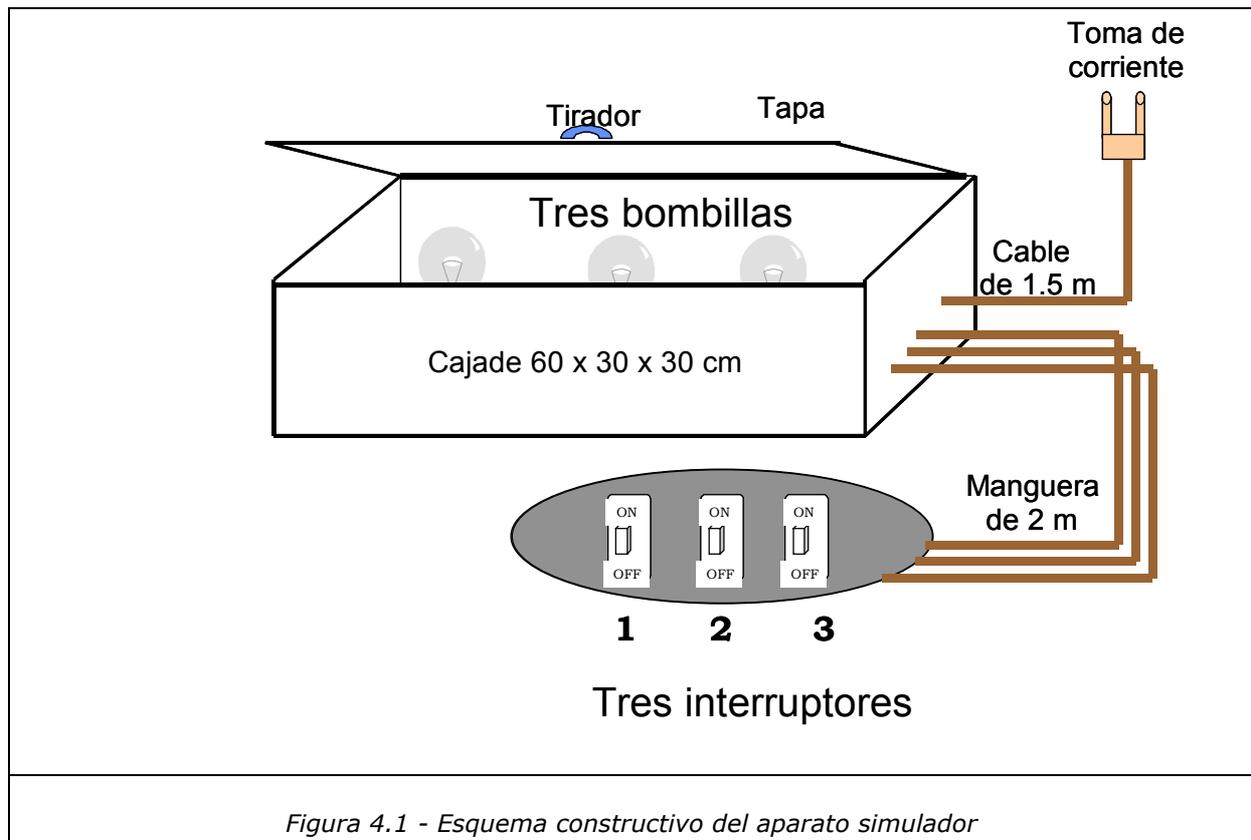


Figura 4.1 - Esquema constructivo del aparato simulador

La caja pequeña, unida a la caja grande por una manguera de cables eléctricos de 2 metros de longitud, contiene tres interruptores en fila, numerados del 1 al 3 y con indicación clara de las posiciones de encendido (*on*) y de apagado (*off*). Representa los interruptores situados al pie de la escalera que conduce al dormitorio<sup>22</sup>.

### **Novedad**

Si los participantes conocen *a priori* las soluciones del problema, la prueba carece de sentido. De aquí la conveniencia de emplear problemas nuevos, en el sentido de desconocidos, para la gran mayoría de sujetos.

El problema de las bombillas ha sido recogido de la tradición oral entre un grupo de jóvenes barceloneses aficionados a los enigmas y problemas de inteligencia. Hasta la fecha, no nos ha sido posible encontrar referencia escrita en la literatura especializada. Hemos localizado únicamente su publicación en Internet en webs dedicadas a recopilar problemas de ingenio, enigmas y adivinanzas. Han sido referenciadas dichas webs —para el que pudiese estar interesado en ellas— en el Anexo II.

<sup>22</sup> El aparato está construido de manera que la correspondencia entre los interruptores y las bombillas es: 1 = B, 2 = C y 3 = A; pero es fácil adaptarlo a cualquier otra combinación mediante la permutación de los cables en las regletas interiores de sus conexiones eléctricas.

El nivel de conocimiento previo entre los participantes era francamente bajo al inicio de los experimentos —octubre de 2000— hasta que en verano de 2001, en los capítulos 155 y 156 de la popular serie televisiva “El cor de la ciutat” emitida por Televisión de Catalunya, S. A., uno de los personajes de la serie planteó una variante muy similar basada en tres interruptores y una única bombilla<sup>23</sup>.

Se ha controlado el eventual conocimiento previo de este problema que pueda tener el participante mediante el análisis del proceso del razonamiento que sigue durante la resolución —en las pasaciones individuales— y mediante el ítem 6 de la encuesta final —en los tres experimentos—. Las pruebas de aquellos participantes que reconocen que ya conocían el problema, o que son claramente sospechosos de conocerlo, han sido eliminadas. Los escasos participantes que a pesar de conocer el enunciado no lo han sabido resolver han sido tomados en consideración porque no perturban las variables dependientes que queremos medir.

Para minimizar la pérdida de novedad del problema, en el momento de despedir al participante, se le daba las gracias por su colaboración y se le rogaba que, a fin de no perturbar las estadísticas del experimento, no explicase nada a sus compañeros.

### **Dificultad**

El nivel de dificultad del problema de las bombillas sin ayuda previa es alto. En la descripción de los experimentos realizados podremos ver en que medida las sucesivas ayudas, previas o posteriores al enunciado, hacen que este nivel de dificultad decrezca.

## **4.4 Impedimentos mentales para resolver Bombillas**

Los principales impedimentos mentales que hemos observado que dificultan el acceso a la solución del problema Bombillas son de tres tipos: fijaciones funcionales, restricciones mentales e ignorancias metacognitivas.

### **Las bombillas sólo son luz**

Si no se supera la fijación funcional “bombilla = luz”, es imposible resolver el problema con un único desplazamiento. Necesitaremos un mínimo de dos viajes al dormitorio.

### **Las bombillas no se pueden tocar**

---

<sup>23</sup> Consultado el equipo de redacción de “El cor de la ciutat”, han confirmado que ellos tampoco disponían de ninguna fuente escrita del enunciado. “Alguien del equipo nos lo explicó y nos apeteció usarlo para la escena en la que Paquita comenta que ha aprobado el carné de taxista” —nos comentaron.

Aunque el participante haya accedido al concepto clave “las bombillas se calientan”, si tiene la restricción mental de que las bombillas no son accesibles o de que está prohibido tocarlas, no podrá resolver el problema. Nada en el enunciado nos conduce a considerar que las tres bombillas sean inaccesibles al tacto. Por el contrario, se dice implícitamente que son accesibles, puesto que se habla de sustituir una de ellas. Por otra parte, sería bastante extraño que en un refugio de montaña no estuviera prevista la sustitución fácil de una eventual bombilla fundida.

No hemos observado explícitamente que ningún participante cayese en esta restricción. De existir, habrá quedado incluida con la fijación funcional “bombilla = luz”.

### **Ignorancia metacognitiva**

Si el participante no es capaz de aplicar el esquema mental que permite discriminar tres objetos clónicos combinando dos variables binarias o una variable ternaria, de nada le servirá acceder al concepto clave “las bombillas se calientan”.

Son muchos los participantes que se empeñan en combinar sólo los interruptores porque ignoran que, con combinaciones de la variable “luz de la bombilla”, sólo podrán diferenciar dos estados {encendida | apagada} y necesitarán, por lo tanto, un mínimo de dos desplazamientos. Por más combinaciones de {on | off} que hagan en los tres interruptores, nunca podrán conseguir tres estados diferentes en las bombillas.

### **Distorsión causada por el enunciado**

Para dar verosimilitud cotidiana al enunciado, se le ha añadido la necesidad de cambiar la bombilla de 25 W por una de 100 W. Este detalle tiene un doble objetivo: por un lado, dar un sentido práctico a la necesidad de conocer la correspondencia correcta entre interruptores y bombillas y, por otro lado, dar implícitamente la información de que las bombillas son fácilmente accesibles. Pero, como consecuencia de ello, un número pequeño de participantes ha interpretado —erróneamente— que el problema consistía en cambiar una bombilla en un solo viaje.

Cambiar una bombilla cualquiera es una solución relativamente fácil —véase el apartado titulado “Solución al cambio de una bombilla cualquiera”— si renunciamos a conocer la correspondencia entre interruptores y bombillas. Pero la solución prevista en el diseño de la investigación experimental no era cambiar una bombilla cualquiera y, en consecuencia, cuando el investigador observaba que un participante mostraba esta distorsión en la comprensión del enunciado, le advertía de que se pedía identificar la correspondencia entre las tres bombillas y los tres interruptores. Para darle un sentido práctico y cotidiano, se justificaba la conveniencia de este conocimiento por la necesidad de ahorrar electricidad, ya que en los refugios de montaña los generadores eléctricos son accionados

por un motor de gasolina y —en las circunstancias del enunciado— no se debe correr el riesgo de quedarse sin combustible.

## 4.5 Soluciones al problema Bombillas

Hay diferentes vías de solución. Las podemos clasificar en función de los conocimientos de electricidad requeridos según el siguiente árbol:

- 1) Soluciones que sólo requieren **conocimientos básicos de electricidad** —los conocimientos esperados en la población elegida—. Las podemos dividir en dos subconjuntos en función de cómo se considere la variable **temperatura de la bombilla** que nos sirve para discriminar las bombillas:
  - a) Soluciones con la temperatura como variable **binaria**.
  - b) Soluciones con la temperatura como variable **ternaria**.
- 2) Soluciones que requieren **conocimientos especiales de electricidad** —conocimientos muy poco frecuentes en la población elegida—.

Pero también las podríamos clasificar en dos conjuntos según los sentidos utilizados para resolver el problema:

- 1) Soluciones **con la vista y el tacto**.
- 2) Soluciones **con sólo el tacto**.

Evidentemente, este segundo subconjunto de soluciones podría ser aplicado por personas invidentes.

### **La variable luz de las bombillas**

La variable “luz de las bombillas” debe ser considerada binaria, con sólo dos estados posibles: {encendida | apagada}. Sólo tiene sentido pensar en la variable “intensidad lumínica” de las bombillas con manipulaciones eléctricas especiales. Las tres bombillas son de la misma potencia y, puesto que hemos de suponer que son de incandescencia de filamento, no podemos distinguir diferentes grados de intensidad de la luz según el tiempo que lleven encendidas —distinción que podríamos aplicar si se tratara de bombillas de mercurio o de ciertos tipos de lámparas frías que requieren un lapso de tiempo para entrar en régimen.

### **La variable tiempo de encendido**

Es la segunda gran dificultad de este problema. Algunos participantes tienen verdaderos problemas para comprender que para conseguir diferencias en la

temperatura de las bombillas son precisos, simplemente, diferentes tiempos de encendido de los interruptores. No era el objetivo de estos experimentos, pero nos ha hecho ver que sería interesante analizar cuántos sujetos de la población elegida carecen de la más mínima idea de como funciona el fenómeno físico que nos ocupa y poder comparar los resultados en distintas capas de población.

### **La variable temperatura de las bombillas**

Evidentemente, si aceptamos que la luz de las bombillas sólo puede tener dos estados {encendida | apagada}, necesitaremos una segunda variable, un segundo atributo de las bombillas, para poder solucionar el problema.

Podríamos considerar que la “temperatura de la bombilla” es una variable continua entre la temperatura ambiente del dormitorio y la temperatura máxima que puede alcanzar una bombilla de 25 W cuando lleva suficiente tiempo encendida. En el hipotético caso de que dispusiéramos de un termómetro de contacto y del conocimiento previo que nos relacionara cada temperatura de la bombilla con su tiempo de encendido —la temperatura de la bombilla en función del tiempo—, podríamos solucionar el problema con un único desplazamiento dando tres tiempos de encendido diferentes a los interruptores. De hecho, con este supuesto, podríamos solucionar mediante un único viaje al dormitorio problemas de envergadura muy superior: el número de bombillas que podríamos discriminar sería muy grande, dependería tan sólo de la distinción en intervalos fiables que pudiéramos aplicar a la temperatura de las bombillas.

Pero, si somos realistas, en las condiciones implícitas del enunciado del problema, está totalmente descartada la posibilidad práctica de considerar la “temperatura de la bombilla” como una variable continua. Es natural, por consiguiente, que ningún participante la haya considerado factible. Debemos considerar la variable “temperatura o calor de la bombilla”, medida con el tacto del participante, como una variable binaria {fría | caliente} o, a lo sumo, ternaria {fría | caliente | muy caliente}.

### ***Soluciones con temperatura binaria***

Si consideramos la variable “temperatura de la bombilla” como binaria, podremos tener cuatro estados diferentes en una misma bombilla. Son los que mostramos, numerados convencionalmente del 1 al 4 en la Tabla 4.1.

<i>Tabla 4.1 – Posibles estados de una bombilla</i>			
<b>Estado</b>	<b>Luz</b>	<b>Calor</b>	<b>Comentario</b>
1	encendida	caliente	Hace rato que está encendida
2	encendida	fría	La acabamos de encender
3	apagada	caliente	La hemos apagado después de tenerla encendida un buen rato

4	apagada	fría	Hace bastante rato que está apagada
---	---------	------	-------------------------------------

Combinando los interruptores de manera que se produzcan tres estados diferentes en las respectivas bombillas, tendremos una solución válida. El número de soluciones válidas posibles corresponderá, por lo tanto, a las combinaciones simples, sin repetición, de 4 estados posibles tomados de 3 en 3, o sea:

$$C^3_4 = (4 \times 3 \times 2) / 3! = 4$$

Detallamos, a continuación, las cuatro variantes posibles de solución con temperatura binaria.

Solución	Estados de bombillas	Acciones antes de subir	Deducciones a efectuar sobre los interruptores
Tb1	1, 2 y 3	Abrimos los interruptores primero y segundo y, unos cuantos minutos después, cerramos el segundo y abrimos el tercero.	El primero corresponderá a la bombilla encendida y caliente. El segundo a la bombilla apagada y caliente. El tercero a la bombilla encendida y fría.
Tb2	1, 2 y 4	Abrimos el primer interruptor y, unos cuantos minutos después, el segundo interruptor.	El primero corresponderá a la bombilla encendida y caliente. El segundo a la bombilla encendida y fría. El tercero a la bombilla que permanece apagada.
Tb3	1, 3 y 4	Abrimos dos interruptores y, unos cuantos minutos después, cerramos uno de ellos.	El cerrado corresponderá a la bombilla apagada pero caliente. El abierto a la bombilla encendida. El que no hemos usado a la bombilla apagada y fría.
Tb4	2, 3 y 4	Abrimos el primer interruptor y, unos cuantos minutos después, lo cerramos y abrimos el segundo interruptor.	El primero corresponderá a la bombilla apagada pero caliente. El segundo a la bombilla encendida. El tercero a la bombilla apagada y fría.

### ***Soluciones con tres niveles de temperatura***

Si consideramos la temperatura como variable ternaria {fría | caliente | muy caliente}, los estados diferenciados de una bombilla serán seis ( $2 \times 3 = 6$ ). Y el número de soluciones válidas será las combinaciones sin repetición de estos seis estados tomados de tres en tres:

$$C^3_6 = (6 \times 5 \times 4) / 3! = 20$$

No detallamos las 20 soluciones porque van en la misma línea ya mostrada.

Tabla 4.3 – Estados de una bombilla con temperatura ternaria

Estado	Luz	Calor	Comentario
1	encendida	muy caliente	Lleva 10 o más minutos encendida
2	encendida	caliente	Lleva entre 1 y 5 minutos encendida
3	encendida	fría	La acabamos de encender
4	apagada	muy caliente	La hemos apagado después de tenerla más de 10 minutos encendida
5	apagada	caliente	La hemos apagado después de tenerla entre 1 y 5 minutos encendida
6	apagada	fría	Lleva mucho rato apagada

### **Soluciones con sólo el tacto**

Cualquier combinación, de entre las veinte anteriores, que disponga de tres temperaturas diferentes, podrá funcionar con sólo el tacto. En total, tendremos ocho combinaciones diferentes de este tipo<sup>24</sup>. A título de ejemplo, expondremos la solución que combina los estados 1, 5 y 6.

Tabla 4.4 – Ejemplo de una de las soluciones posibles con temperatura ternaria

Solución	Estados de bombillas	Acciones antes de subir	Deducciones a efectuar sobre los interruptores
TT-tacto	1, 5 y 6	Abrimos los interruptores primero y segundo y, unos cinco minutos después, se cierra el segundo interruptor y esperamos unos cinco minutos más antes de subir al dormitorio.	El primer interruptor corresponderá a la bombilla más caliente. El segundo a la bombilla poco caliente. El tercero a la bombilla fría.

### ***Soluciones con manipulación eléctrica***

Pueden construirse soluciones con manipulación eléctrica si se poseen los conocimientos de electricidad necesarios y las habilidades manuales para aplicarlos.

#### **Solución Me1 (válida) – Distinguir la intensidad lumínica**

Una primera solución con manipulación eléctrica pasaría por crear estados diferentes de la intensidad lumínica de las bombillas añadiendo un reóstato

<sup>24</sup> La solución basada en los estados 1, 5 y 6 de las bombillas ha sido dada por uno de los participantes, con la peculiaridad añadida de que partía de las tres bombillas encendidas y iba apagándolas para enfriarlas.

<sup>25</sup> Sólo uno de los participantes basa su solución en la diferente intensidad lumínica según el tiempo que la bombilla lleva encendida. Podría valer si el enunciado hablara de fluorescentes o bombillas frías, pero no la consideramos válida porque, tanto en la ilustración que acompaña el enunciado como en el aparato simulador, se han usado bombillas de incandescencia de filamento.

improvisado en el interruptor<sup>25</sup>. Sería una solución que requeriría sólo la percepción visual y permitiría prescindir del tacto.

Tabla 4.5 – Solución distinguiendo la intensidad de la luz

Solución	Estados de bombillas	Acciones antes de subir	Deducciones a efectuar sobre los interruptores
Me1	{más luminosa, menos luminosa, apagada}	Intercalar un reóstato en un interruptor <sup>26</sup> . Abrir el interruptor manipulado y otro cualquiera.	La bombilla más luminosa corresponderá al interruptor abierto no manipulado. La bombilla menos luminosa corresponderá al interruptor manipulado. La apagada, al interruptor que no hemos conectado.

### ***Solución Me2 (válida) – Fundir una bombilla***

Una segunda solución, nada convencional<sup>27</sup>, con manipulación eléctrica pasaría por manipular el voltaje de uno de los interruptores —con una actuación de tipo eléctrico que ningún participante se reconoce capaz de precisar en sus aspectos técnicos— hasta garantizar que fundimos la bombilla. O sea: como segunda variable binaria para discriminar los estados de las bombillas utilizaríamos —en vez de la variable temperatura de las bombillas— la variable “estado de las bombillas” con los posibles valores de {entera | fundida}. O —si se quiere ver de esta otra manera— con la variable ternaria: {encendida, apagada con el interruptor cerrado, apagada a pesar del interruptor abierto}. La hemos considerado solución válida porque resuelve la principal dificultad —discriminar tres estados en la bombilla— pero hay que remarcar que destruye una bombilla y, en el contexto de vida real sugerido por el enunciado —principalmente en el escenario del refugio de montaña—, no parece pertinente tener que pagar este precio para averiguar la correspondencia entre los interruptores y las bombillas.

En cualquier caso es un buen ejemplo de creatividad y pensamiento lateral. La gran dificultad mental que entraña esta solución viene reflejada en el número pequeño de participantes que han sido capaces de imaginarla.

### ***Soluciones descartadas***

No se han considerado válidas todas aquellas soluciones que no se ceñían estrictamente a las condiciones explícitas e implícitas del enunciado. Se han recogido, sin embargo, todas las soluciones aportadas por los sujetos y algunas imaginadas por los propios experimentadores. Algunas de las

<sup>26</sup> Con un destornillador o un cuchillo se puede desmontar uno de los interruptores e intercalar en él un objeto conductor de la electricidad con una fuerte resistencia —suponiendo que podamos encontrarlo en el refugio de montaña—, por ejemplo un horno eléctrico o una plancha eléctrica.

<sup>27</sup> Ha sido propuesta únicamente por uno de los participantes.

soluciones descartadas parecen auténticas maravillas del pensamiento divergente o lateral.

### **Solución Me3 (descartada) – Rehacer el cableado**

Una tercera solución con manipulación eléctrica consistiría en sacar todos los cables eléctricos, marcarlos con colores o señales apropiadas y rehacer correctamente el cableado de los interruptores<sup>28</sup>. Es una solución racional que plantea eliminar de raíz la causa del desorden y crear el orden correcto. Pero es obvio que no tenemos ni las condiciones ni las herramientas apropiadas para efectuarla y —en el contexto PQ— es una actividad no abordable con una pierna lesionada. La hemos descartado por la poca verosimilitud de que los cables estén accesibles y porque la manipulación de los cables sin desconectar la corriente es totalmente inaceptable por razones de seguridad eléctrica.

### **Solución (descartada) – Visión remota con retrovisores**

Colocando un espejo retrovisor —o un conjunto de espejos— en la posición adecuada se podría ver desde la planta baja el impacto luminoso en el dormitorio de la manipulación de los interruptores. Es un buen ejemplo de creatividad y pensamiento lateral. Se requiere un único viaje al piso de arriba para montar el conjunto de espejos retrovisores. Pero es una solución que no podemos dar por válida porque no tenemos ninguna garantía, en ninguno de los dos contextos, de que podamos disponer de los espejos adecuados y porque en el enunciado se dice explícitamente que desde abajo no tenemos manera de ver el impacto visual de las bombillas del piso de arriba.

La gran creatividad de esta solución viene reflejada en el pequeño porcentaje de participantes que han sido capaces de imaginarla

### **Solución (descartada) – Un ayudante en el piso de arriba**

A pesar de que se explicita claramente en el enunciado del problema que el sujeto está completamente solo, un número pequeño de participantes propone utilizar la ayuda de una segunda persona situada en el piso superior. Uno de ellos —amante de las comodidades y de las nuevas tecnologías, de tanta actualidad— le dota, además, de un teléfono móvil.

### **Solución (descartada) – Rendija de luz**

Un número pequeño de participantes ha supuesto —en contra de lo que explicita el enunciado— que sería posible ver a través de una rendija si hay o no una luz encendida en el piso de arriba. Con esta simple información, les ha sido posible encontrar una solución con un único desplazamiento:

---

<sup>28</sup> Dando por supuesto que los cables no van empotrados en la pared, un único participante de los 246 propone subir al dormitorio los tres interruptores con sus cables, arreglar los errores de las conexiones y, una vez ordenados, volverlos a bajar.

- 1) Abrir dos interruptores.
- 2) Subir al dormitorio e identificar el interruptor que corresponde a la bombilla apagada.
- 3) Desenroscar una de las dos bombillas encendidas.
- 4) Bajar y cerrar uno de los interruptores encendidos.
- 5) Si no desaparece la rendija de luz, corresponderá a la bombilla desenroscada. En caso contrario, a la otra.

Es una solución muy bien argumentada pero no válida porque en el enunciado se dice explícitamente que desde abajo no tenemos manera de ver el impacto visual de las bombillas del piso superior.

### **Solución (descartada) – Interruptores arriba**

Uno de los participantes hace la observación de que si también hubiera interruptores arriba, la solución consistiría en abrir un interruptor de abajo y subir. Como ya tendríamos identificado el primer interruptor, abriendo el segundo interruptor desde arriba, identificaríamos la segunda bombilla. La tercera por eliminación<sup>29</sup>.

Evidentemente, no tiene nada que ver con el enunciado dado, pero es una muestra clara de la capacidad del pensamiento lateral para descubrir falsas soluciones a la desesperada cuando no se es capaz de vencer la fijación funcional.

### **Solución (descartada) – Manipulación remota de los interruptores**

Otro participante ha pensado en poder manipular los interruptores desde el piso de arriba con un palo largo. Sube con dos interruptores abiertos y, desde arriba, discrimina la duda entre las dos bombillas encendidas apagando con el palo uno de los interruptores.

No la hemos considerado solución válida porque no tenemos garantía, en las condiciones del enunciado, de que un palo de estas características esté disponible en el refugio, ni de que se pueda acceder con él a los interruptores desde arriba. Pero queremos enfatizar la excepcionalidad y el gran componente de creatividad que esta solución comporta.

### **Solución (descartada) – Cambio de una bombilla cualquiera**

---

<sup>29</sup> En la vida cotidiana, es bastante común que una habitación situada en el piso superior disponga de dobles interruptores —uno arriba y otro abajo— conmutados. Es una construcción eléctrica de doble circuito que hace que cuando apagamos el interruptor de abajo se quede automáticamente abierto el interruptor correspondiente de arriba y viceversa.

Como consecuencia de una lectura poco profunda del enunciado, una participante propone una solución de una sorprendente sencillez:

- 1) Abrir dos interruptores cualesquiera.
- 2) Subir al dormitorio y cambiar la bombilla que está apagada.

La solución sería válida si en el enunciado se dijera que se quiere cambiar cualquiera de las bombillas —en el enunciado, por el contrario, se especifica que se desea cambiar la de en medio—, pero nos dejaría sin determinar la correspondencia entre los dos primeros interruptores y las dos bombillas encendidas tal como se demanda explícitamente en el enunciado.

Vale la pena destacar, sin embargo, que en la vida real sería una gran solución desde el punto de vista práctico<sup>30</sup>. Con un único desplazamiento al piso superior estaríamos en condiciones de cambiar directamente una de las bombillas y saber a cuál interruptor corresponde y en un futuro desplazamiento podríamos discriminar los dos interruptores restantes.

Conviene destacar que, a pesar de la gran sencillez y consistencia práctica de esta propuesta, la ha planteado un único participante, de entre 246.

#### **Solución (descartada) – Cambiar la bombilla sin desconectar la corriente**

Un participante propone abrir dos interruptores y cambiar la bombilla del medio sin cortar la corriente. No es una solución válida porque: 1) el problema no era cambiar la bombilla si no conocer la correspondencia entre interruptores y bombillas y, 2) no es aceptable trabajar con riesgo de choque eléctrico.

#### **Solución (descartada) – Desorden total de los interruptores**

Una pequeña minoría de participantes —interpretando de una manera tergiversada el enunciado— se imagina que “ninguna de las bombillas coincide con su interruptor” y encuentra una solución de gran simplicidad con un único desplazamiento.

En el supuesto mencionado, las posibilidades vendrían restringidas a la lista de alternativas siguientes:

Bombillas	A	B	C
Posibles interruptores	2 o 3	1 o 3	1 o 2

Nos bastaría con abrir un interruptor —por ejemplo el 1— y subir al dormitorio. Viendo cuál es la bombilla que se ha encendido, por eliminación

<sup>30</sup> Esta reflexión nos aporta una variante del problema muy interesante, a tener en cuenta en futuras experimentaciones de resolución de problemas en entornos de vida cotidiana.

deduciríamos las correspondencias. (Si, por ejemplo, con el 1 se ha encendido la bombilla B, querrá decir que  $B=1$  y, por deducción, tendremos que  $C=2$  y  $A=3$ .)

### **Solución (descartada) – Sólo dos interruptores desordenados**

Como una variante, no tan extrema, del supuesto anterior, algunos participantes parten del supuesto que sólo existan dos interruptores desordenados. En este caso deberían estar, obligatoriamente, permutados. La solución —también en este caso— sería tremendamente simple. Bastaría con ver cuál bombilla se enciende y aplicar deducciones lógicas:

- 1) Abrir el interruptor 1. Si se enciende la bombilla A, la solución es A–C–B.
- 2) Si se enciende la B, la solución es B–A–C.
- 3) Si se enciende la C, la solución es C–B–A.

Un participante propone esta solución y cuando se le dice que no podemos asegurar que el desorden sólo afecte a dos, propone aplicar, a pesar de todo, su solución porque “es muy poco probable que el desorden sea de los tres interruptores a la vez”. Quizá sea un argumento de bastante consistencia práctica, pero no lo hemos podido dar por válido puesto que hay maneras deterministas de solucionar completamente todas las eventualidades del problema.

### **Solución (descartada) – Un interruptor conocido**

Un número pequeño de participantes reconoce que no sabe resolver y dice, probablemente para excusar su impotencia: “Si yo ya he estado en el refugio, seguro que me acordaría, por lo menos, de cómo va uno de los interruptores”. Evidentemente, eso significaría reducir el problema al subproblema de dos bombillas y dos interruptores, fácil de resolver con un único viaje usando solamente la variable visual “luz de la bombilla”.

Otros participantes, en la misma línea de negar la necesidad del problema, van un poco más lejos al afirmar que “en la vida real, habría marcado los interruptores la primera vez que estuve en el refugio y ahora ya no tendría ningún inconveniente”.

### **Solución (descartada) – Quedarse abajo**

En el contexto PQ una participante particularmente “escapista” lo soluciona con dos desplazamientos a los 2:20 minutos de pensar y, cuando se le dice que ha de ser con un solo viaje, afirma que no le ve ninguna utilidad práctica a la historia de conocer la correspondencia de los interruptores. Se le contesta que se quiere cambiar una bombilla ahorrando viajes. En el minuto 5:00 llega a la conclusión de que: “Puedo cambiar la bombilla sin

sacar la corriente”. Se le indica que no se puede aceptar su propuesta por razones de seguridad eléctrica y a los 7:05 afirma taxativamente: ”Me quedaría a dormir en el sofá de la planta baja y pasaría de todo. ¿Si estoy lesionada de una pierna, qué sentido tiene querer subir arriba?”.

### ***Otras respuestas a destacar***

Una participante se niega a resolver el problema porque no entiende ni acepta —a pesar de las explicaciones del experimentador— que tenga ningún interés cotidiano averiguar la correspondencia entre los interruptores y las bombillas.

Un participante no llega a comprender por qué el número de bombillas es igual al de interruptores y se imagina unos circuitos eléctricos confusos.

Un número pequeño de participantes que no han sabido resolver el problema, cuando se les explica la solución, no llega a comprender la relación física entre el tiempo de encendido y el calor de la bombilla.

Un número pequeño de participantes especula con la posibilidad de estropear un interruptor, buscando una variable ternaria en el estado de los interruptores, pero no consiguen encontrar ninguna solución basada en ello<sup>31</sup>.

### ***La variante de una bombilla y tres interruptores***

En el capítulo 155 de la serie “El cor de la ciutat”, emitido por el canal TV3 de Televisión de Catalunya, S.A. durante el verano de 2001, se utilizó una variante del problema con tres interruptores y una única bombilla.

Estructuralmente, estamos delante del mismo problema, pero estaría por ver si el impacto psicológico del enunciado es realmente idéntico o no en lo que afecta al acceso al concepto “calor de las bombillas”. Cabría la hipótesis de que el enunciado de TV3 ayudase más a centrar al participante en la necesidad de utilizar una variable ternaria. Basándonos en los conocimientos teóricos y extrapolando los resultados de los experimentos presentes, pensamos que no sería así, pero podría ser interesante comprobarlo experimentalmente.

### ***Elementos anulados por el conocimiento previo del problema***

Un total de 29 participantes entre 257 —un 11,3%— han manifestado conocer el problema y, por lo tanto, han sido eliminadas sus pruebas. Es un porcentaje muy superior al inicialmente esperado en un problema sin tradición ni presencia conocida en la literatura especializada. Lo imputamos, en primer lugar, a la inclusión del problema similar referido en la popular

---

<sup>31</sup> A nuestro entender, no existe tal solución.

serie televisiva de TV3 y, en segundo lugar, aunque con un orden muy inferior de importancia, a la posibilidad de que —a pesar del ruego que se les hace— los estudiantes hayan tenido un cierto nivel de filtraciones a sus compañeros.

### ***Posible generalización del problema Bombillas***

Una vez hemos detectado la estructura de las variables que determinan el problema, podemos elaborar la generalización del enunciado a toda una clase de problemas del mismo tipo. Nos planteamos, por ejemplo, las siguientes reflexiones:

Con la “temperatura de la bombilla” como variable binaria, ¿cuántas bombillas se podrían llegar a discriminar en un solo viaje? La respuesta es: cuatro.

¿Cuántos desplazamientos serían necesarios, como mínimo, para discriminar ocho bombillas? La respuesta es: dos. Primero separaríamos las ocho bombillas en dos grupos de cuatro —por ejemplo, abriendo sólo los cuatro primeros interruptores— y en el segundo desplazamiento resolveríamos en paralelo dos subproblemas de cuatro bombillas cada uno.

Con la “temperatura de la bombilla” como variable ternaria, ¿cuántas bombillas se podrían llegar a discriminar en un solo viaje? La respuesta es: seis. Y se podrían discriminar doce bombillas con sólo dos desplazamientos.

Podría ser interesante obtener una fórmula de generalización del problema que nos permita calcular el número máximo de desplazamientos a demandar en función del número de bombillas y de interruptores. Pero lo que podría ser más interesante de estudiar sería el impacto psicológico que sobre los participantes podría tener un enunciado del problema que hablase de, por ejemplo, seis bombillas con un único desplazamiento. ¿Ayudaría a romper más fácilmente la fijación funcional “bombilla = luz”? ¿Hasta qué punto hablar de sólo tres bombillas actúa a favor de la fijación funcional porque hace pensar, a mentes poco entrenadas en el razonamiento lógico, que es fácil encontrar una combinación adecuada de {*on* | *off*} de los interruptores?

## **4.6 Impedimentos mentales para resolver Copas**

Los principales impedimentos mentales que hemos observado en la búsqueda de la solución del problema Copas son de dos tipos: fijaciones funcionales y restricciones mentales.

### **Las copas y su contenido son una sola pieza**

Fijación funcional que impide disociar el continente del contenido. El participante no se da cuenta de que está delante de dos elementos que

pueden manejarse por separado y sólo imagina movimientos de copas vacías substituyendo copas llenas. Un participante, que lo resuelve después del estímulo sensorial final, lo expresa de la siguiente manera: “Lo había pensado antes, pero no me he atrevido a decirlo porque me pensaba que estaba prohibido trasvasar el vino”.

#### **No se pueden dejar copas sucias**

Restricción mental, de origen social, que consiste en no aceptar que se dejen copas con restos de vino impregnando el fondo y las paredes. En el contexto cotidiano de fiesta social descrito en el enunciado, una gota de vino residual en una copa se considera un hecho inaceptable. Una pequeña minoría de los participantes lo explicita oralmente: “No me vale porque dejaría la copa sucia de vino”.

### **4.7 Impedimentos mentales para resolver Cartulina**

Los principales impedimentos mentales que hemos observado en la búsqueda de la solución al problema Cartulina son de dos tipos: fijaciones funcionales y restricciones mentales de origen social.

#### **La jarra no se puede invertir**

Invertir la jarra para apoyar su boca sobre la cartulina es una actuación que se ve inconscientemente impedida por la obligación de mantener las jarras llenas de líquido en posición vertical para que no viertan su contenido. Para evitar al máximo posible factores no controlados que propician esta primera fijación funcional, el experimentador debe procurar que la jarra se muestre al participante totalmente vacía y libre de manchas de vino.

#### **No se puede dibujar la cartulina por debajo**

Si el participante empieza poniendo la cartulina sobre la jarra, ha de vencer la segunda fijación funcional de que sólo se puede pintar la cara de arriba de la cartulina. O descubrir que puede dar un giro de 180° al conjunto de jarra y cartulina.

#### **Para dibujar se precisa un lápiz**

La tercera fijación funcional hace referencia a considerar que para dibujar es imprescindible disponer de un instrumento convencional de escritura —lápiz o bolígrafo— y a no ser capaz de utilizar las marcas realizadas con un líquido diferente a la tinta o pintura.

#### **Dibujar con vino es ensuciar**

Hay que superar la restricción mental, de origen social, que identifica “mancha de vino = suciedad”.

### **No se pueden mojar los dedos con vino**

Para pintar con los dedos se precisa superar la restricción mental, de origen social, de que mojar los dedos en un líquido y pintar con ellos es una suciedad o una expresión de mala educación.

## **4.8 Impedimentos para resolver Jarras**

Entre otros, los principales impedimentos que los participantes han de superar para resolver este problema son:

### **Características de personalidad**

- ▶ Prejuicio auto-valorativo: “No soy bueno(a) para las matemáticas”.
- ▶ Pereza delante las operaciones de tanteos.

### **Incapacidades metacognitivas**

- ▶ Dificultad para hacer corresponder los trasvases físicos del agua con las sumas y restas en el papel:
- ▶ Incapacidad para ver que sumar es juntar el contenido de dos jarras dentro una tercera con volumen suficiente para contener la suma.
- ▶ Incapacidad para comprender que restar equivale a vaciar parte de una jarra mayor dentro la que tiene el volumen que se desea restar.
- ▶ Incapacidad para ver que la jarra mayor, de 163, deberá de ser, obligatoriamente, el continente de los 77 centilitros solicitados.

### **Errores en los cálculos**

Algunos participantes no son capaces de resolver correctamente porque cometen errores en las operaciones aritméticas.

## **4.9 Impedimentos para resolver Edades**

Los principales impedimentos, entre otros, que los participantes han de superar para resolver este problema son:

### **Características de personalidad**

- ▶ Prejuicio auto-valorativo: “No soy bueno(a) para las matemáticas”.
- ▶ Pereza para hacer formulaciones con ecuaciones.

### **Incapacidades metacognitivas**

- ▶ Incapacidad de construir representaciones simbólicas y formulaciones abstractas.
- ▶ Confusión en las operaciones: formular la división en lugar del producto (o viceversa), la resta en lugar de dividir, etc.
- ▶ Incapacidad para efectuar igualdades y sustituciones algebraicas.

### **Errores operativos**

- ▶ Errores en la operativa de resolución.
- ▶ Confusión entre las edades actuales y las edades pasadas o futuras.

## **4.10 Impedimentos para resolver Niños**

Entre otros, los principales impedimentos que los participantes han de superar para resolver este problema son:

### **Aceptación de las limitaciones del enunciado**

- ▶ Comprender que será preciso hacer más viajes de los estrictamente necesarios si la barca hubiera tenido capacidad suficiente.
- ▶ Aceptar que no existe posibilidad alguna de ayudas externas, ni de disponer de elementos extras, como podrían ser flotadores, palos o cuerdas.
- ▶ Comprender que la barca no puede regresar sola.

### **Prejuicios de origen social**

Prejuicio restrictivo sobre la incapacidad de los niños para manejar la barca solos. A pesar de que no se menciona para nada la edad de los niños, algunos(as) participantes tienden a imaginarlos muy pequeños y desvalidos.

## 4.11 Grado de dificultad de los problemas

Hemos definido una escala convencional para el grado de dificultad de los problemas empleados en la investigación experimental. Hemos considerado que la dificultad de todos los problemas posibles tendría una distribución normal y que un porcentaje de éxitos inferior al 16% —la media menos la desviación estándar— representará un grado de dificultad muy alto. Un porcentaje de resolución comprendido entre el 16% y el 25%, indicará un grado de dificultad alto. Entre el 25% y el 50%, un grado de dificultad medio-alto. Entre el 50% y el 75%, medio-bajo. Entre el 75% y el 84%, un grado de dificultad bajo y para los porcentajes superiores al 84% —la media más la desviación estándar—, un grado de dificultad muy bajo.

<i>Tabla 4.6 - Definición convencional del grado de dificultad de un problema</i>																					
Porcentaje de éxitos		Dificultad del problema	Comentario																		
inferior	superior																				
0%	16%	Muy alta	Por debajo de la media menos la desviación estándar																		
16%	25%	Alta	Parte alta de la zona central																		
25%	50%	Media - Alta	Zona donde quedarán situados el 50% de los problemas																		
50%	75%	Media - Baja																			
75%	84%	Baja	Parte baja de la zona central																		
84%	100%	Muy baja	Por encima de la media más la desviación estándar																		
Resumen del baremo de dificultad en función del porcentaje de éxitos:																					
Muy-alta			Alta			Media - alta				Media - baja				Baja			Muy-baja				
0			16	17	25	26				50	51				75	76	84	85			100

En la tabla 4.7 mostramos el grado de dificultad de los seis problemas usados en la investigación, medido mediante los grupos de control que no han recibido ningún tipo de ayuda:

*Tabla 4.7 - Grado de dificultad de los problemas empleados*

<b>Problema</b>	<b>N</b>	<b>éxitos</b>	<b>% éxitos</b>	<b>Dificultad</b>
Barca	31	27	87.1%	<b>Muy baja</b>
Cartulina	23	16	69.6%	<b>Media baja</b>
Copes	23	6	26.1%	<b>Media alta</b>
Bombillas	54	12	22.2%	<b>Alta</b>
Jarras	31	6	19.4%	<b>Alta</b>
Edades	31	5	16.1%	<b>Muy alta</b>

## 5 EXPERIMENTO NÚM. 1

Se detalla a continuación el primero de los tres experimentos desarrollados.

### *Objetivos del experimento*

Los principales objetivos de la Experimento núm. 1 consisten en:

- ☑ Situar el grado de dificultad del problema Bombillas con relación a problemas lógicos y matemáticos conocidos, de los que se dispone literatura anterior<sup>32</sup>.
- ☑ Analizar si el índice de éxitos logrados en la resolución de Bombillas guarda alguna correlación con el índice de éxitos logrados con la batería de tres problemas de tipos lógico y matemático que lo acompañan.

### 5.1 Método del Experimento núm. 1

#### *Participantes*

Sólo hay un grupo previsto, sin ayudas y que llamaremos S-0. Utilizado como grupo de referencia o de control para comparaciones posteriores de los Experimentos núms. 2 y 3. Efectuado con un total de 31 participantes voluntarios pertenecientes a la población de referencia de estudiantes de primer curso de Psicología de la Universidad de Barcelona.

#### *Material*

- ▶ Los enunciados –en hojas separadas– de los cuatro problemas que componen la prueba: tres problemas analíticos de solución procesal incremental seguidos de un problema de comprensión súbita (*insight*).
- ▶ El texto de la encuesta complementaria.
- ▶ El aparato simulador para el problema Bombillas<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup> Aunque seguimos con la tendencia tradicional de englobar los problemas lógicos y matemáticos en un mismo saco, la neuropsicología —estudiando dobles disociaciones en lesionados cerebrales— ha demostrado que son procesos mentales disociados. Un buen resumen del estado actual en el conocimiento de los mecanismos cerebrales del pensamiento matemático lo podemos encontrar en Alonso & Fuentes (2001).

<sup>33</sup> Véase el esquema constructivo del simulador y su funcionamiento en el Anexo I.

La secuencia de problemas lógicos y matemáticos utilizados para acompañar el problema clave de *insight* Bombillas es una serie de tres problemas analíticos clásicos<sup>34</sup>:

1. **Las jarras.** Para medir la capacidad aritmética. De dificultad alta para la población de referencia.
2. **Las edades de Ana y Maria.** Para medir la capacidad algebraica. De dificultad muy alta, especialmente entre poblaciones —como la que nos ocupa— con una base muy deficiente en su formación matemática.
3. **Los niños y la barca.** Para medir la capacidad de optimización de pasos. De muy baja dificultad.

El problema de **Las tres bombillas** que sigue detrás de ellos es de comprensión súbita y dificultad alta.

En los problemas de tipo analítico utilizados, a diferencia de lo que ocurre con los problemas de insight usados en los tres experimentos realizados:

- ▶ La verosimilitud cotidiana no se toma en consideración.
- ▶ La novedad no se considera necesaria, ya que el conocimiento previo del enunciado no ayuda excesivamente a la resolución de los problemas y, en cualquiera caso, el participante está obligado a efectuar las operaciones lógicas y matemáticas solicitadas.
- ▶ Las eventuales fijaciones funcionales no son objeto de medición independiente del posible fracaso.
- ▶ No interesa la ayuda de aparatos simuladores.
- ▶ No hay implicaciones sensoriales que intervengan en la solución del problema.

### ***Procedimiento***

El Experimento núm. 1 se realiza con en el contexto que hemos llamado **Problemas Cotidianos**, abreviadamente **PQ**, que está constituido por la pasación individual, en presencia interactiva del experimentador con un diálogo controlado por pautas preestablecidas y con el aparato simulador para apoyar la resolución del problema Bombillas.

El experimentador recibe al participante agradeciéndole su colaboración y antes de explicarle el enunciado del problema Bombillas le informa de que

---

<sup>34</sup> Pueden verse los enunciados y las características principales de los tres problemas en Anexo I.

“se trata de un experimento que nos permitirá conocer mejor cómo se resuelven cierto tipo de problemas en la vida cotidiana (...) y que consiste en imaginar una situación perfectamente posible en la vida cotidiana”.

Se abordan los cuatro problemas de uno en uno. Se acompaña el enunciado con las explicaciones individualizadas que pueda requerir el sujeto y a lo largo de toda la prueba se establece un clima abierto de diálogo. El participante puede optar entre contestar por escrito u oralmente mientras el experimentador toma nota de sus explicaciones.

El participante se enfrenta a la secuencia de los tres problemas lógicos y matemáticos, sin ayudas de ninguna clase, y a continuación al problema clave Bombillas, también sin ayudas.

El orden de los tres problemas analíticos ha sido premeditado. La colocación del problema de la barca, de muy baja dificultad, en tercer lugar, obedece a la intención de dejar un buen estado de ánimo en el participante a la hora de afrontar el problema de “Las bombillas”.

El participante recibe instrucciones del experimentador sobre cómo utilizar el simulador del dormitorio con tres bombillas y tres interruptores para poder verificar físicamente la bondad de su procedimiento de resolución del problema Bombillas.

Todos los problemas tienen limitación de tiempo, pero el experimentador controlará el cronómetro de manera disimulada y al participante no se le dará conciencia anticipada de esta limitación para evitarle prisas y ansiedades. Por el contrario, si pregunta de cuánto tiempo dispone, el experimentador le dirá: “No te preocupes, todo el tiempo que quieras, todo el que te haga falta”. Si llega a consumir el tiempo límite, le dirá: “Bien, no te preocupes, dejemos a un lado este problema y pasemos al siguiente”, pero no le dirá que ha llegado al límite de tiempo.

Los tiempos límite vienen expuestos en la tabla 5.1:

<i>Tabla 5.1 – Tiempos límite en Experimento núm. 1</i>			
<b>Jarras</b>	<b>Edades</b>	<b>Niños y barca</b>	<b>Bombillas</b>
5 minutos	5 minutos	5 minutos	8 minutos

Si el sujeto encuentra la solución antes del tiempo límite, la medida del tiempo consumido se anotará con una precisión relajada, únicamente a título orientativo, porque la velocidad de resolución no forma parte del diseño del experimento y no intervendrá en ningún cálculo.

Al acabar los cuatro problemas, se le pide que rellene la Encuesta de datos complementarios<sup>35</sup>.

<sup>35</sup> Véase el contenido y los objetivos de esta Encuesta en el Anexo I.

## 5.2 Resultados del Experimento núm. 1

Detallaremos los resultados de los cuatro problemas por separado y el estudio de la correlación de Spearman entre el problema Bombillas y los otros tres.

### ***Resultados del problema Bombillas***

El índice de resolución de Bombillas ha sido de 22.6% (IC al 95%: 7% a 38%), que corresponde a una dificultad alta.

Entre los 7 sujetos que han resuelto el problema: 4 lo han hecho considerando la temperatura de la bombilla binaria y 3 considerándola ternaria. Entre los fracasados: 21 lo han sabido hacer con dos viajes; 1 proponía cortar un cable; 1 decía que se basaría en la intensidad de la luz en función del tiempo y 1 ha sufrido un bloqueo total.

### ***Resultados del problema Jarras***

El problema de las Jarras ha mostrado una dificultad asimismo alta: índice de resolución del 19% (IC al 95%: 5% a 34%).

Entre los 6 que aciertan la solución, 5 se basan en la fórmula  $77 = 163 - 4 \times 25 + 14$  y sólo uno usa la fórmula menos natural de  $77 = 163 + 14 - 4 \times 25$ .

Entre los que fracasan: 13 aproximan a menos de cinco enteros; 11 ni tan siquiera captan el procedimiento; 5 no consiguen una aproximación válida; 2 rechazan el esfuerzo de pensar con el argumento “Las matemáticas no son lo mío” y 1 comete errores aritméticos.

### ***Respuestas curiosas a destacar***

- ▶ Un participante afirma que le sería necesario un cronómetro para medir el caudal del grifo y resolver los 77 centilitros aplicando una regla de tres.
- ▶ Otro participante cree que es preciso tener un grifo independiente para cada jarra.
- ▶ Un tercero dice que para resolver el problema le harían falta tres jarras de 25 centilitros.

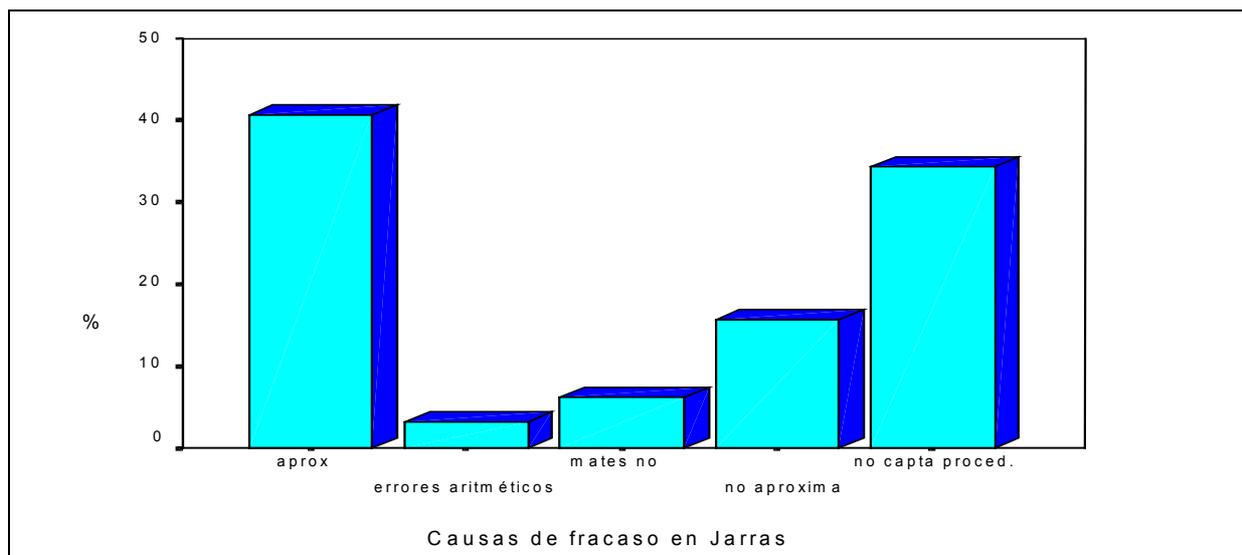


Figura 5.1 – Distribución de los fracasos en Jarras

### **Resultados del problema Edades**

El problema de las Edades ha mostrado una dificultad muy alta: índice de resolución del 16% (IC al 95%: 2% a 30%).

Entre los 26 que han fracasado: 16 no saben formular correctamente las ecuaciones; 12 expresan que “las matemáticas no son lo mío” y 4 formulan bien el sistema de ecuaciones lineales pero se equivocan con las operaciones algebraicas.

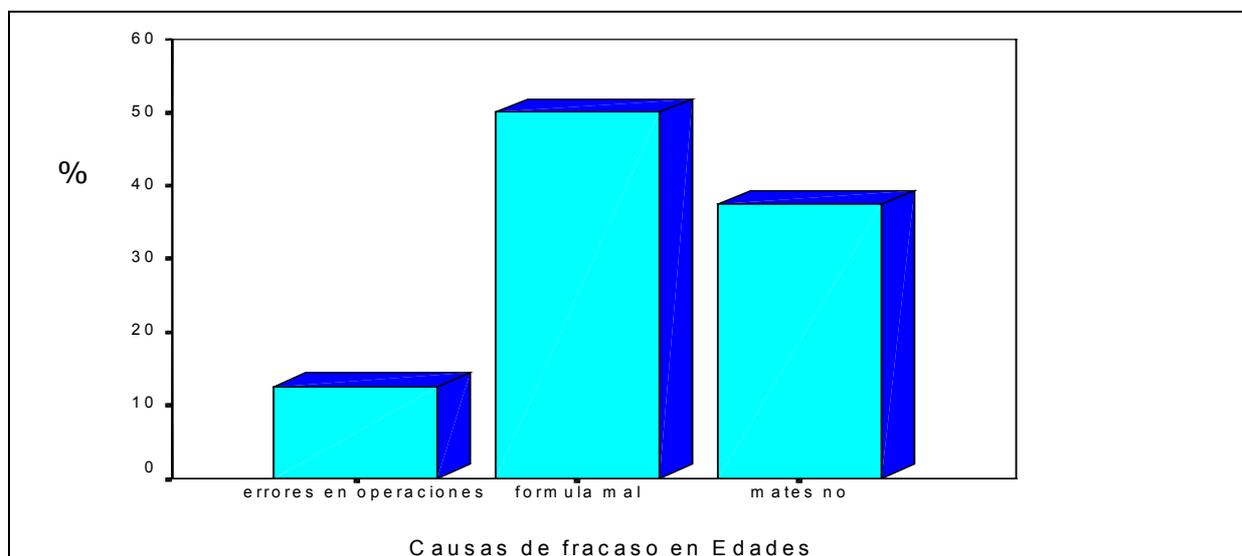


Figura 5.2 – Distribución de los fracasos en Edades

### **Resultados del problema Niños**

El problema de los Niños y la barca, en cambio, ha mostrado una dificultad muy baja<sup>36</sup>: índice de resolución del 87% (IC al 95%: 75% a 100%).

Entre los 4 que han fracasado: 2 han tenido la restricción mental de que “los niños no pueden viajar solos en la barca” y 2 no han sabido combinar los viajes correctamente.

### **Correlación de Bombillas con las capacidades lógicas y matemáticas**

Analizando las tablas de contingencia correspondientes, vemos que:

- ▶ La capacidad aritmética mostrada por los que resuelven el problema Jarras tiene una influencia marginal sobre la resolución del problema Bombillas,  $\chi^2(1, N=31) = 4.775$  y  $p = 0.062$  con el estadístico exacto de Fisher. En cambio, ni la capacidad algebraica mostrada por los que resuelven el problema Edades, ni la capacidad de optimización de pasos mostrada por los que resuelven el problema Niños, no aportan diferencias significativas en la resolución de bombillas.
- ▶ La capacidad algebraica mostrada por los que resuelven el problema Edades no tiene influencias significativas sobre la resolución de Bombillas,  $\chi^2(1, N=31) = 0.023$  y  $p = 0.688$ .
- ▶ La capacidad lógica mostrada por los que resuelven el problema Niños no tiene influencias significativas sobre la resolución de Bombillas,  $\chi^2(1, N=31) = 1.340$  y  $p = 0.550$ .
- ▶ La tabla de correlaciones bivariadas no paramétricas con la Rho de Spearman corrobora que únicamente el problema aritmético Jarras correlaciona significativamente con el problema Bombillas ( $r = 0.392$ ;  $p < 0.05$ ).

## **5.3 Conclusiones del Experimento núm. 1**

La dificultad del problema Bombillas es alta.

La dificultad de los problemas Jarras y Edades para la población elegida es muy alta y es imputable a la actitud de rechazo de las matemáticas y a la falta de habilidades específicas en el manejo de operaciones aritméticas y algebraicas.

<sup>36</sup> Previsto en el diseño del Experimento núm. 1, a fin de animar al participante después de la altamente probable frustración en los dos problemas anteriores.

El problema de los Niños y la barca muestra, en cambio, un grado de dificultad muy baja.

No se observan diferencias estadísticamente significantes en la resolución del problema Bombillas que puedan ser imputables a la capacidad de resolución de los problemas de tipos procesal incremental (Niños) o algebraico (Edades).

Se observa, en cambio, una cierta correlación entre la capacidad de resolver el problema aritmético (Jarras) y el problema de *insight* Bombillas. Sería conveniente estudiar la verdadera dimensión de esta correlación marginal con un tamaño de muestra mayor, pero una posible explicación de la misma podría ser que el problema Jarras es el único de los tres que requiere la superación de una fijación funcional (las jarras pueden ser vaciadas parcialmente en otras jarras). También conviene recordar aquí que la neuropsicología ha sugerido que los problemas aritméticos no se realizan en los mismos circuitos cerebrales que los problemas lógicos.



## 6 EXPERIMENTO NÚM. 2

Se detalla a continuación el segundo de los tres experimentos desarrollados.

### *Objetivos del experimento*

Los principales objetivos del experimento núm. 2 consisten en:

- ☑ Evaluar si el orden utilizado para suministrar informaciones de ayudas verbales y metacognitivas influyen significativamente o no en la eficacia de resolución del problema Bombillas.
- ☑ Evaluar si las diferencias individuales en un conjunto determinado de capacidades metacognitivas influyen significativamente en la resolución del problema de *insight* Bombillas.

### 6.1 Método del Experimento núm. 2

#### *Participantes*

Un total de 125 participantes voluntarios dentro de la población de referencia de estudiantes de Psicología de ambas universidades (Universitat de Barcelona y Universitat Autònoma de Barcelona), distribuidos al azar en cuatro grupos con diferentes secuencias preestablecidas de ayudas: S-tMV con 34 participantes, S-vR con 33, S-ORV con 26 y S-rV con 32.

El primer intento sin ayudas de la secuencia S-ORV hace las funciones de grupo de control del experimento.

#### *Material*

El Experimento núm. 2 consta de:

- ▶ El problema **Bombillas** con un enunciado adaptado al contexto ER,
- ▶ El módulo **Trillizas**, de ayuda metacognitiva,
- ▶ El módulo **Motos** que combina una pista por analogía con ayuda metacognitiva,
- ▶ La **Encuesta** complementaria que es, a la vez, usada como pista verbal.

El problema clave es, también aquí, el problema Bombillas que aparece con un enunciado muy diferente totalmente adaptado al nuevo contexto. Viene presentado como una encuesta de razonamiento de tres opciones a justificar —con tres viajes, con dos viajes y con un solo viajes— en un ambiente

familiar del dormitorio de tres jóvenes trillizas y se acompaña con dos módulos complementarios —Las Trillizas y Las tres Motos— y de la Encuesta complementaria. Tanto Trillizas como Motos son problemas de razonamiento sobre los esquemas mentales de identificación de clónicos, con cinco preguntas cada uno, que tienen la función disimulada de aportar ayudas metacognitivas para facilitar la resolución del problema Bombillas.

Los enunciados se entregan por escrito, estructurados en módulos separados, con indicación, en la cabecera del módulo, del tiempo máximo de resolución previsto<sup>37</sup>.

El experimentador dispone de un cronómetro y de la relación de los hitos de tiempo en los que hace falta avisar de la finalización de un módulo y del cambio obligado al siguiente.

### ***Procedimiento***

El Experimento núm. 2 se realiza en el contexto que hemos llamado **Encuesta de Razonamiento**, abreviadamente **ER**, consistente en la pasación colectiva, por escrito, siguiendo las indicaciones previas y las consignas sucesivas dadas por el experimentador<sup>38</sup>. A los participantes se les recibe con un agradecimiento por su colaboración y se les explica que se trata de un ejercicio escrito que: “nos permitirá conocer mejor cómo se razona ante ciertos tipos de problemas sencillos”.

Las explicaciones y las eventuales aclaraciones sobre los enunciados de los diferentes módulos se limitan a la fase previa de preparación de la prueba. Las posibles dudas posteriores sólo podrán ser tratadas, si corresponde, a nivel del colectivo. El participante sólo puede contestar por escrito y dentro de los ámbitos de respuesta marcados por el cuestionario que se le proporciona.

El participante tiene conciencia anticipada de la limitación de tiempo de cada módulo porque viene indicada en la cabecera del módulo. El experimentador controla estos tiempos, avisando de la finalización de cada límite y asegurándose que los participantes abandonan el módulo en el estado en que lo tengan y pasan al siguiente. Los participantes han de seguir la secuencia marcada y no pueden retroceder para pulir o rectificar las respuestas de los módulos anteriores<sup>39</sup>.

---

<sup>37</sup> Hay cuatro maneras diferentes de ordenar los mismos módulos. Corresponden a las diferentes secuencias de ayudas previstas.

<sup>38</sup> Es necesario remarcar que —a diferencia del contexto PQ— en este contexto no se dispone del aparato simulador para apoyar la comprensión y la resolución del problema Bombillas, ni tan siquiera de ningún dibujo que represente la situación del enunciado.

<sup>39</sup> En ambientes de participantes no tan responsables como el del colectivo usado o de dificultad mayor en el control del cumplimiento de esta regla, convendría tener cada módulo en una hoja separada y, antes de repartir el módulo siguiente, retirar la hoja del módulo finalizado.

Los tiempos asignados son los mostrados en la Tabla 6.1:

<i>Tabla 6.1 – Tiempos límite del Experimento núm. 2</i>				
<b>Trillizas</b>	<b>Motos</b>	<b>Bombillas</b>	<b>Encuesta (1ª parte)<sup>40</sup></b>	<b>Encuesta (2ª parte)<sup>41</sup></b>
3 minutos	2 minutos	8 minutos	1 minuto	1 minuto

### **Secuencias de ayudas**

A cada uno de los 125 participantes se le ha asignado al azar una secuencia de ayudas predeterminada. Se han codificado las secuencias de ayuda con las siguientes convenciones:

- ▶ Todas empiezan por “S-“ seguida de tantas caracteres como intentos de solución previstos tenga la secuencia.
- ▶ Las letras minúsculas significan ayudas previas —suministradas antes de conocer el enunciado del problema—.
- ▶ Las letras mayúsculas significan ayudas finales —aplicadas después de haber agotado el tiempo límite sin haber encontrado la solución—.
- ▶ El significado de los caracteres es:
  - 0 = sin ayudas.
  - t = módulo de trillizas previo; T = módulo de Trillizas después de Bombillas.
  - m = módulo Motos previo; M = módulo de Motos después de Bombillas.
  - r = módulos de Razonamiento (Trillizas y Motos) previos al enunciado de Bombillas; R = módulos de Razonamiento (Trillizas y Motos) posteriores.
  - v = ayuda verbal previa; V = ayuda verbal final.

Todas las ayudas previstas son verbalizadas por escrito y están incluidas —bajo la apariencia de pregunta de una encuesta de razonamiento— en los propios módulos que el participante va contestando.

<sup>40</sup> Está constituida por los ítems 1, 2 y 4 de la Encuesta complementaria.

<sup>41</sup> Está constituida por los ítems 5 y 6 de la Encuesta complementaria.

Las ayudas previstas en el diseño del Experimento núm. 2 pretenden que el participante aprenda el esquema mental necesario para resolver el problema Bombillas, o sea: el esquema mental a utilizar para diferenciar elementos idénticos o clónicos. Si tenemos que diferenciar tres elementos inicialmente idénticos, necesitaremos llevarlos a tres estados diferenciados. Y un estado diferenciado se puede conseguir mediante una sola variable capaz de adoptar tres o más valores distintos —variable ternaria— o mediante la combinación de dos variables binarias. Si sólo disponemos de una variable binaria —p. e.: luz {encendida | apagada}—, necesitaremos dos cambios de estado para poder discriminar las tres bombillas y, en consecuencia, dos viajes. El sujeto que tenga claro eso, no perderá ni un segundo haciendo tanteos para resolver en un único viaje con una sola variable binaria y canalizará todos sus esfuerzos a la localización de una variable ternaria o a de la combinación de dos variables binarias.

Nos consta que la población con la cual hemos trabajado tiene carencias muy importantes en su nivel de formación metacognitiva. Y la conciencia de este hecho nos ha llevado a formular la hipótesis de que un aprendizaje implícito de los participantes sobre los esquemas mentales que permiten la diferenciación de elementos clónicos, les aportaría una capacidad superior en la resolución del problema Bombillas.

Para proporcionar el aprendizaje tácito de estos esquemas, se han inventado dos situaciones paradigmáticas, más sencillas y psicológicamente más cotidianas: “Las trillizas” y “Las tres motos” cuyos enunciados completos aparecen en el Anexo I. Con la excusa de hacerles solucionar dos ejercicios sencillos de razonamiento, hacemos que los participantes reflexionen sobre los esquemas mentales que permiten diferenciar tres elementos visualmente idénticos. Y ésta es la ayuda que se les pretende dar: que descubran por sí mismos el esquema mental que les permitirá diferenciar las bombillas clónicas.

Los cuatro ejercicios previstos para el Experimento núm. 2 —consistentes sólo en cambiar el orden de presentación de los diferentes módulos— han sido presentados como una encuesta de razonamiento. El participante debe limitarse a analizar las once opciones de distinción de clónicos que se le proponen —cuatro en el módulo Trillizas, cuatro en el módulo Motos y tres en el bloque Bombillas— e indicar si son válidas o no. Para obligarlo a razonar y a no dar respuestas al azar, se le pide la justificación de sus respuestas. Con una quinta opción libre en los casos de Trillizas y de Motos, se le abre la puerta a ensanchar los esquemas mentales que se le acaban de dar y a desplegar su creatividad individual con nuevos procedimientos y nuevas variables.

Una dificultad inherente a la resolución de todo problema de *insight* es siempre el desconocimiento previo de cuáles son los esquemas mentales necesarios para encontrar la solución y, por lo tanto, la dificultad en identificarlos. Los sujetos de la población utilizada no han recibido ninguna formación previa sobre la operativa mental necesaria para resolver

problemas de discriminación de clónicos y, para ellos, resolver el problema planteado les supone la dificultad añadida de tener que descubrir previamente unos procedimientos, unas operativas, unos esquemas mentales que hasta el presente ignoraban.

No está nada claro si acceder a este conocimiento metacognitivo puede ser o no de un orden de dificultad superior a acceder al concepto que facilita la clave de la comprensión súbita de la solución.

Sin la estructura mental de cómo podemos utilizar el calor de las bombillas para diferenciarlas, de nada nos servirá darnos cuenta que las bombillas se calientan. Pensemos —para establecer una comparación con un tema bastante más bien estudiado y conocido—, la tremenda dificultad que tiene resolver un problema algebraico como el de “Las edades de Ana y Maria” cuando no se ha recibido ninguna formación previa sobre la resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

**Módulo de las Trillizas:** ayuda metacognitiva. Pretende que el participante se dé cuenta de cómo ha de combinar dos variables binarias —o una de ternaria— para discriminar entre tres elementos clónicos. Pretende, también, que el participante advierta que debe superar las fijaciones funcionales vinculadas a la manera de identificar las tres niñas.

**Módulo de las tres Motos:** ayuda metacognitiva y ayuda verbal de analogía. Pretende que el participante se dé cuenta que hay que diferenciar adecuadamente las variables realmente causales de las no necesariamente causales. Pretende, también, suministrar una pista por analogía al problema de las bombillas: De la misma manera que puedo diferenciar qué moto ha estado más tiempo funcionando por el calor que desprenden los motores, puedo diferenciar qué bombilla ha estado más tiempo encendida por el calor que desprenden sus filamentos incandescentes.

**Módulo de los Interruptores y las Bombillas:** es el problema Bombillas camuflado como un módulo más de la encuesta de razonamiento, en versión adaptada al contexto de las Trillizas.

**Encuesta 1a parte:** ayuda verbal previa. Al preguntarle al participante si alguna vez se ha quemado con una bombilla se le está dando un punto de entrada al concepto clave: “las bombillas se calientan cuando llevan tiempo encendidas”.

**Encuesta 2a parte:** simple control para detectar eventuales participantes que ya conocían el problema y que deberemos eliminar del análisis de resultados.

## 6.2 Resultados del Experimento núm. 2

Los porcentajes de éxitos obtenidos en las cuatro secuencias usadas son las mostradas en la Tabla 6.2.

<i>Tabla 6.2 – Resultados del Experimento núm. 2 según las secuencias de ayudas</i>						
<b>Secuencia</b>	<b>Ayuda previa</b>	<b>1r intento solución</b>	<b>Ayuda final</b>	<b>2º intento solución</b>	<b>3ª ayuda</b>	<b>3r intento solución</b>
<b>S-tMV</b>	ARP = Trillizas	<b>8.8%</b>	ARF = Motos	<b>26.5%</b>	AVF = Encuesta	<b>38.2%</b>
<b>S-vR</b>	AVP = Encuesta	<b>18.2%</b>	ARF = Razonamiento (Trillizas + Motos)	<b>30.3%</b>	—	—
<b>S-ORV</b>	Sin ayuda	<b>15.4%</b>	ARF = Razonamiento (Trillizas + Motos)	<b>19.2%</b>	AVF = Encuesta	<b>30.8%</b>
<b>S-rV</b>	ARP = Razonamiento (Trillizas + Motos)	<b>12.5%</b>	AVF = Encuesta	<b>28.1%</b>	—	—

### ***Influencia del orden de la información dada***

Analizando la tabla de contingencia de los índices de resolución finales, con relación a las diferentes secuencias de ayuda del Experimento núm. 2, vemos que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las distribuciones de resultados observados en los cuatro grupos.

También podemos ver que las diferencias de eficacia relativa de la Encuesta según ocupe la posición previa o final (de 18.2% a 28.1%) es prácticamente equivalente a las diferencias de eficacia que muestra la ayuda de Razonamiento (de 12.5% a 30.3%).

Observamos que las proporciones medias de éxitos finales obtenidos se mueven en una franja estrecha, entre el 28.1% y el 38.2%. Si estudiamos la tendencia lineal con la macro !TCOR de SPSS<sup>42</sup>, obtenemos una significación  $p = 0.389$  que nos reafirma la hipótesis de que las cuatro pruebas tienen un ajuste bastante bueno con una línea recta horizontal y que los cuatro resultados finales de resolución del problema Bombillas son prácticamente equivalentes, sin diferencias estadísticamente significativas.

### ***Eficacia media de las ayudas***

La eficacia media del conjunto de ayudas dadas, medida con la diferencia observada entre el 15.4% de soluciones sin ayudas —primer intento de la secuencia S-ORV— y el 32% de media final obtenido entre los cuatro grupos,

<sup>42</sup> En toda esta investigación, la macro !TCOR de SPSS utilizada corresponde a la V2000.04.15 de los autores A.Bonillo, J.M.Domenech & R.Granero.

representa un incremento absoluto de 17 puntos o —si se quiere expresar en relativo— un RR = 2.13.

### ***Éxitos con una única ayuda***

Entre los 99 participantes que reciben una primera ayuda dentro del contexto ER, las proporciones obtenidas oscilan entre 8.8% y 18.2% pero no se aprecian diferencias estadísticamente significativas ni entre ellas ni con el grupo de control sin ayudas.

<i>Tabla 6.3 – Primera ayuda en contexto ER</i>			
<b>Trillizas previo</b>	<b>Razonamiento previo</b>	<b>Verbal previo</b>	<b>Sin ayudas</b>
<b>8.8%</b>	<b>12.5%</b>	<b>18.2%</b>	<b>19.2%</b>

### ***Éxito con dos ayudas***

La distribución de éxitos entre los 125 participantes que reciben una segunda ayuda en el problema Bombillas no muestra diferencias estadísticamente significativas.

<i>Tabla 6.4 – Éxitos con dos ayudas</i>			
<b>Trillizas previo + Motos final</b>	<b>≈ Razonamiento previo + Verbal final</b>	<b>≈ Verbal previa + Razonamiento final</b>	<b>≈ Razonamiento final + Verbal final</b>
<b>26.5%</b>	<b>28.1%</b>	<b>30.3%</b>	<b>30.8%</b>

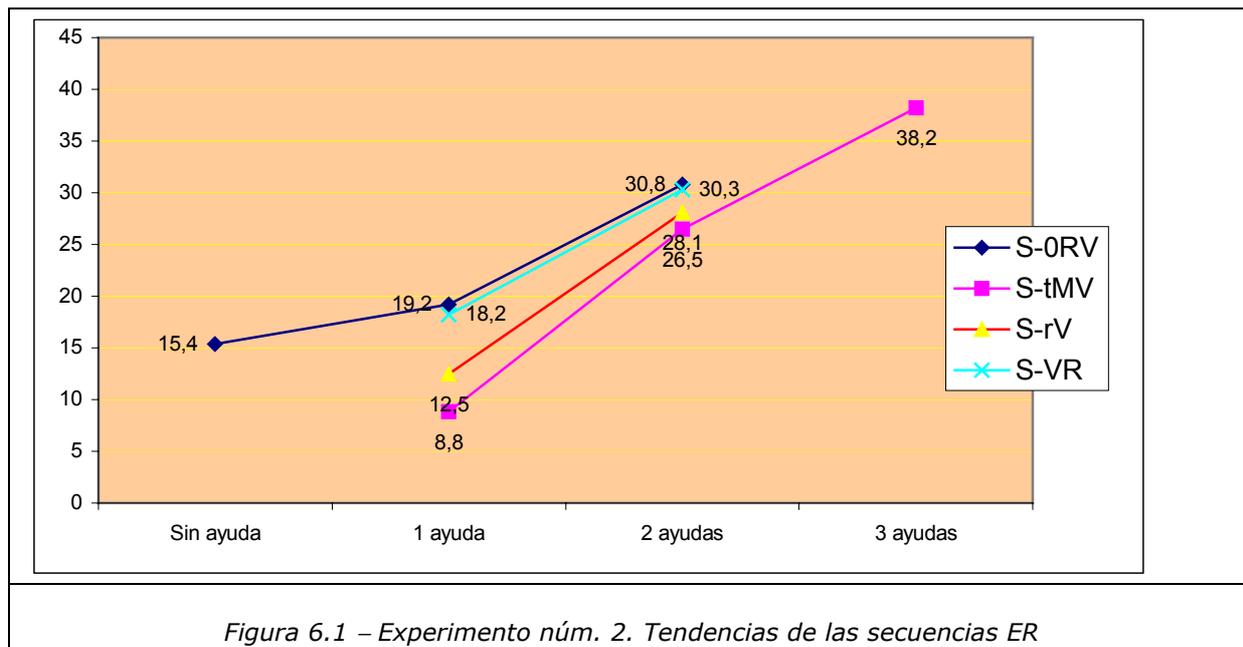
Analizando los incrementos con relación al intento anterior, la única secuencia que muestra un incremento estadísticamente significativo es S-tMV.

### ***Éxitos con tres ayudas en ER***

Con tres ayudas, disponemos de tan sólo la secuencia S-tMV, que consigue el valor final de 38.2%. Representa un incremento de éxitos con relación a la acumulación de las dos ayudas anteriores de 12 puntos (IC de la diferencia al 95%: 0% a 23%) con un grado de significación  $p < 0.05$

### ***Tendencia de las secuencias de ayuda en ER***

En la Figura 6.1 adjunta se aprecia el comportamiento de las diferentes secuencias de ayudas del Experimento núm. 2.



### **Secuencia S- tMV**

La progresión de éxitos en la secuencia S-tMV es la más acentuada de todas y con la prueba no paramétrica W de Kendall se demuestra que a cada nueva ayuda, el incremento de éxito es estadísticamente significativo. La ayuda previa del módulo Trillizas da resultados equivalentes al del grupo sin ayudas —o sea que es una ayuda irrelevante—, pero la ayuda de verbalizar el calor del motor ofrecida por el módulo Motos cuando los participantes no han sabido resolver el problema Bombillas, incrementa muy significativamente el índice de éxitos en 17 puntos —IC al 95%: 4% a 31%— y la ayuda verbal de preguntarle al sujeto, en la encuesta final, si se ha quemado alguna vez con una bombilla, incrementa en unos 12 puntos adicionales la proporción de éxitos.

La tendencia de los éxitos relativos RR para esta secuencia S-tMV, analizada mediante la macro !TCOR de SPSS se ajusta con un grado de significación  $p < 0.05$  a una recta de pendiente 1.1 y se muestra en el diagrama adjunto, en el que hemos incluido el punto de control sin ayudas para referenciar el conjunto de puntos.

Tabla 6.5 – Estudio de la tendencia de éxitos en la secuencia S-tMV

TREND TEST (Cumulative data)

Level of Exposure	Trillizas previa	Sin ayudas	Motos final	Verbal final	TOTAL
Cases	3	4	9	13	29
NoCases	31	22	25	21	99
TOTAL	34	26	34	34	128
<b>Comparisons to First level</b>					
RR	1.000	1.744	3.000	4.333	
95% CI Lower	.	.427	.888	1.356	
Upper	.	7.121	10.132	13.849	
OR	1.000	1.879	3.720	6.397	
95% CI Lower	.	.382	.909	1.622	
Upper	.	9.246	15.220	25.228	

Test of Trend Z = 3.04749 **Significance** = .00231

Tendencia de RR en S-tMV

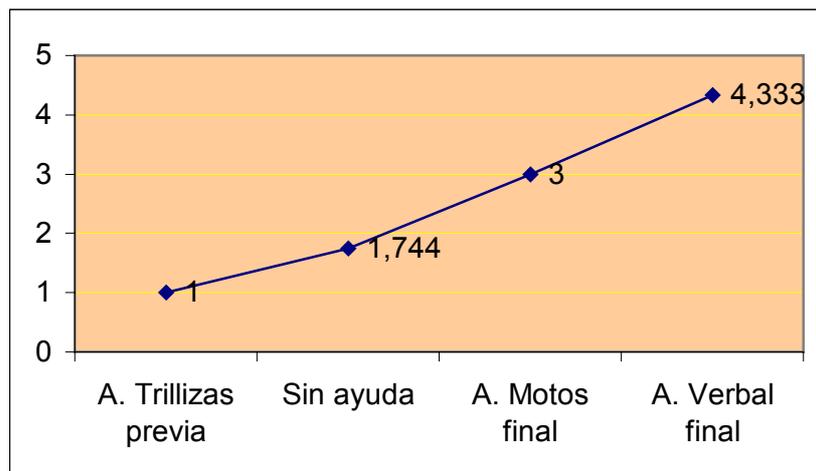


Figura 6.2 – Tendencia de éxito con las ayudas

### **Secuencias S-vR y S-ORV**

En S-vR los 12 puntos de incremento obtenidos cuando después de la ayuda verbal previa aplicamos la ayuda de los módulos de razonamiento —Trillizas y Motos—, aparecen como significativos en el cálculo de  $\chi^2$ , pero no lo son si aplicamos el cálculo de significación exacta mediante la prueba no paramétrica de W Kendall.

En la secuencia S-ORV, la ayuda de razonamiento —Trillizas y Motos— cuando el participante ya ha fracasado con el problema Bombillas aporta sólo 3.8 puntos de incremento. La ayuda verbal final aporta un incremento

más significativo de 12 puntos adicionales. Los incrementos son significativos con  $\chi^2$ , pero no lo son si se realiza el cálculo de significación exacta mediante la prueba no paramétrica de W Kendall.

### **Secuencia S-rV**

La ayuda de razonamiento previo no aporta diferencias significativas con relación al grupo de control sin ayudas, pero la ayuda verbal final después de agotar el tiempo límite del problema Bombillas aporta un incremento de 15 puntos (IC al 95%: 2% a 29%) significativo con  $\chi^2$  y casi significativo,  $p = 0.063$ , con la prueba no paramétrica de W Kendall.

## **6.3 Análisis de los resultados del módulo Trillizas**

El enunciado del módulo Trillizas destaca que no disponemos de piezas de vestir de tres colores, es decir: que no disponemos de una variable ternaria constituida por una pieza de vestir. En las opciones 1 a 4, se sugieren variables visuales basadas en colores, pero, en la opción 5, se intenta que el participante piense en variables con implicaciones sensoriales diferentes.

### ***Opción 1 – Fijación funcional***

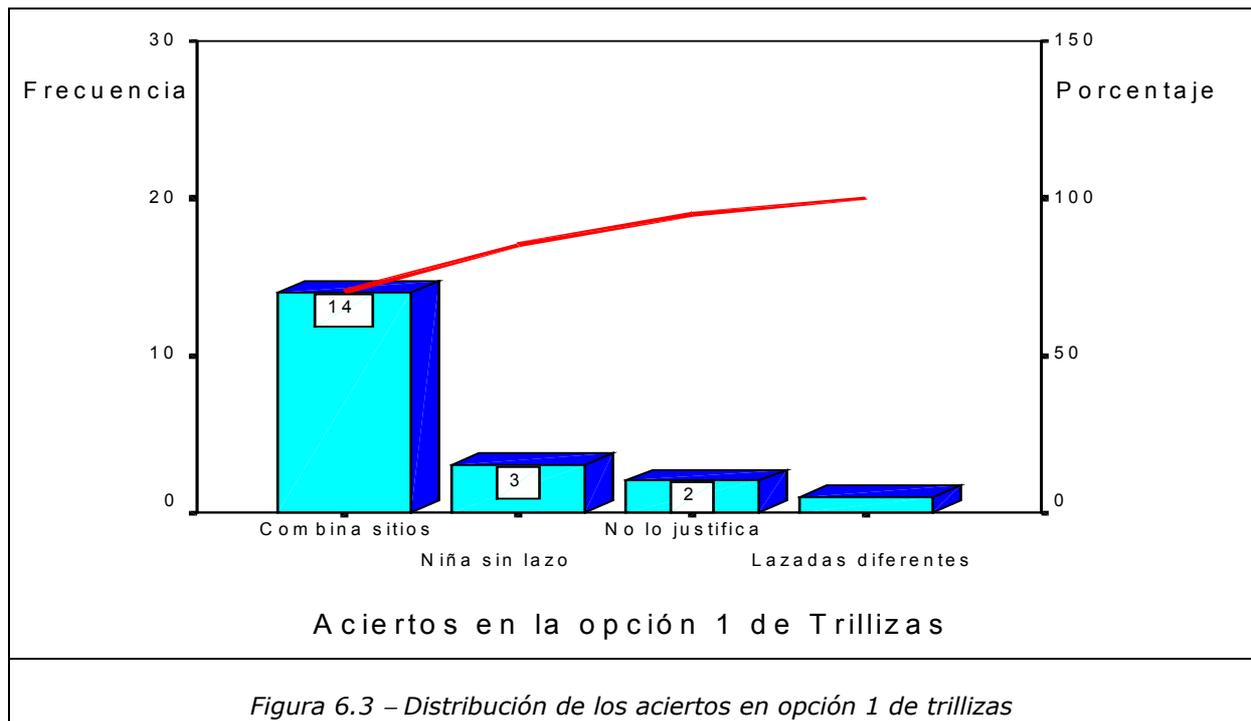
La opción 1 propone discriminar las trillizas con tres lazos, dos de ellos del mismo color: {rosa, rosa, azul}. Esta opción mide la capacidad de superar cuatro fijaciones funcionales: función del color, función de la forma de la lazada, función del lugar dónde se coloca el lazo y obligatoriedad de llevar lazo.

### **Respuestas a la opción 1**

De los 125 participantes, sólo 20 —un 16%— supera las fijaciones funcionales: 14 combinando la colocación de los lazos; 3 dejando una niña sin lazo; 1 haciendo lazadas diferentes.

Posibles variables ternarias útiles serían, por ejemplo, entre otras:

- ▶ Posición del lazo = {pelo, pechera, cintura}
- ▶ Color y ausencia = {azul, rosa, sin lazo}
- ▶ Número de lazos = {2, 1, 0}



Posibles combinaciones útiles de dos variables binarias serían, por ejemplo, entre otras:

- ▶ Color = {azul, rosa} + Posición = {derecha, izquierda}
- ▶ Color = {azul, rosa} + Tipo de lazada = {simple, doble}
- ▶ Color = {azul, rosa} + Número de lazos = {2, 1}

### ***Opción 2 – Combinación de dos variables binarias***

La opción 2 propone la combinación de dos variables binarias de tipos visual: dos camisetas y dos lazos con dos colores posibles. Con dos variables binarias se pueden discriminar 4 clónicos.

#### **Respuestas a la opción 2**

Un 72.8% sabe aplicar correctamente la combinación de dos variables binarias. Un 15.2% cree —erróneamente— que la combinación no es válida y un 12% no contesta.

### ***Opción 3 – Fijación funcional***

La opción 3 propone superar la fijación funcional de tener que calzar las dos zapatillas del mismo color. Si combinamos con libertad las zapatillas, puesto que son de tallas idénticas, podremos coger un primer par de zapatillas blancas, un segundo par formado por derecha blanca y izquierda negra, y un tercer par formado por derecha negra y izquierda blanca.

### **Respuestas a la opción 3**

Sólo un 16.8% supera esta fijación funcional y ve la posibilidad de construir una variable ternaria: {blanca-blanca, blanca-negra y negra-blanca}. Un participante, con una más que sorprendente despreocupación, resuelve el tema construyendo la variable ternaria: {blancas, negras, sin zapatillas}, dejando a una de las niñas descalza.

### ***Opción 4 – Combinación de variables binarias***

Muy similar a la opción 2. Aquí las variables planteadas son los lazos y las zapatillas.

### **Respuestas a la opción 4**

El 64% reconoce la posibilidad de diferenciar las tres clónicas con estas dos variables binarias, pero sólo el 50.4% explicita como hace esta combinación. Un 30.4% no contesta. La minoría restante, un 5.6%, afirma que no es posible.

### ***Opción 5 – Capacidad de crear soluciones nuevas***

La opción 5 pretende motivar la creatividad del participante para inventar una nueva solución que no esté basada en la uniformidad de vestidos de las trillizas, uniformidad que nunca ha sido enunciada como imprescindible y que, en su caso, corresponde a una fijación funcional de origen socio-cultural del participante.

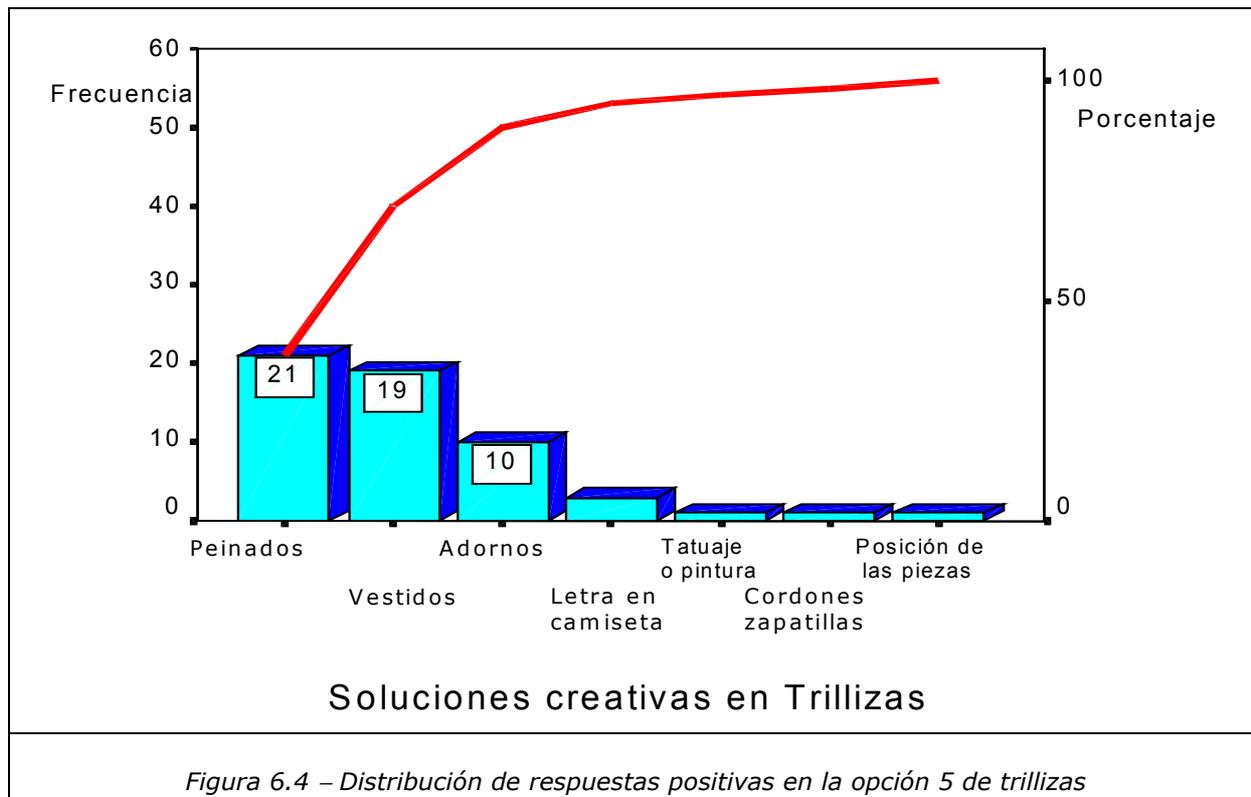
### **Respuestas a la opción 5**

Casi la mitad de la población, un 44,8%, es capaz de inventar una alternativa válida. La otra mitad de la población, un 50.4%, no contesta. El 4.8% residual insiste en dar soluciones basadas sólo en colores, a pesar de estar explícitamente rechazadas en el enunciado.

El reparto entre las diferentes respuestas positivas observadas, se muestra en la Figura 6.2.

La respuesta correcta más usada —un 16.8%— hace referencia a los peinados: diferentes maneras de peinarse, o diferentes largos de pelo. Le sigue muy de cerca —con un 15.2%— las respuestas que tienen que ver con la manera de vestir: diferentes estilos de vestir, diferentes piezas de vestir, diferentes largos de falda, o similares. Un 8% se basa en ornamentos personales: pendientes, pulseras, cintas de pelo, anillos, etc. Tres participantes —un 2.4%— proponen poner la letra inicial del nombre de cada niña —A, B o C— en la camiseta. Un único participante propone pinturas o tatuajes en la cara. Otro propone usar los cordones de las

zapatillas: diferentes colores de los cordones o no llevar cordones. Un participante propone usar piezas de vestir en lugares insólitos.



Destaca, muy especialmente, que todos los participantes se sirven de variables estrictamente visuales. No ha habido ningún participante que haya mencionado la posibilidad de usar perfumes diferentes.

## 6.4 Análisis de los resultados del módulo Motos

En el módulo Motos, para poder determinar que Bet ha sido la trilliza que ha hecho un mayor uso de su moto, se sugieren una primera variable de personalidad (no válida); una segunda variable visual (no válida); una tercera variable (válida) basada en un aparato de medida visual: el nivel de gasolina; y una cuarta variable (válida) con implicación sensorial del tacto al calor: el calor del motor.

### ***Opción 1 – Variable de personalidad***

La opción 1 propone como variable un supuesto rasgo de personalidad de Bet, la hiperactividad, que —en teoría— le otorga a Bet gran probabilidad de haber usado la moto más que sus hermanas. Esta opción pretende medir la capacidad del participante para escaparse de las relaciones espurias, de las inferencias no justificadas.

### **Respuestas a la opción 1**

Un 44% encuentra que el temperamento de Bet no es una variable válida para predecir que haya hecho más kilómetros que su hermana y lo justifica convenientemente. Algunos de ellos mencionan que una buena probabilidad no es razón suficiente —como dice uno: “quizás aquel día, no”—. Otros advierten que ni tan siquiera tenemos ninguna garantía de que a Bet le haya gustado la moto. Un 27.2% adicional, se decanta asimismo por esta falta de validez sin aportar la justificación solicitada en el enunciado. Sólo un 16% cree —equivocadamente— que la relación es válida. Un 12% no contesta.

### **Respuesta curiosa**

Destaca un participante que argumenta que la madre sabe que ha sido Bet por una razón tan poco científica como “Las madres saben estas cosas”.

### ***Opción 2 – Variable física***

La opción 2 propone una segunda variable de tipo físico y visual: la cantidad de fango acumulado por la moto. Obviamente, la relación entre la suciedad cogida por la moto y los Kms que haya podido hacer es una relación totalmente espuria.

### **Respuestas a la opción 2**

Un 67.2% de los participantes advierte que no es correcto aceptar la relación pero un 25.6% la da —erróneamente— por válida. Un 7.2% se abstiene de comprometerse y no contesta. Entre los primeros, un 12% hace notar explícitamente que el fango sólo indica que ha pasado por lugares más fangosos y un 1.6% —2 participantes— dicen que la moto puede haber caído en un charco.

### ***Opción 3 – Variable métrica***

La opción 3 propone una variable cuantitativa continua basada en un aparato de medición dotado de una cierta precisión mínimamente aceptable: el nivel de gasolina del depósito. Puesto que se trata motos recién estrenadas, tiene sentido suponer que partirán de niveles iniciales idénticos.

### **Respuestas a la opción 3**

El 88.8% de los participantes reconocen la validez de la variable métrica “nivel de la gasolina” y la equiparan a “consumo de gasolina” e, indirectamente, a “kilómetros hechos”. Entre ellos, un 41.6% lo afirma sin condicionantes; un 23.2% hacen notar explícitamente que es preciso que los niveles iniciales de gasolina de las tres motos sean coincidentes; tres participantes indican que es imprescindible que las trillizas no se hayan intercambiado las motos; tres más apuntan que es preciso asegurarse de que

los depósitos no tengan pérdidas. Uno advierte que se puede haber gastado gasolina con la moto parada.

### **Respuestas curiosas**

Un participante —cargado de sentido común— hace notar que, si no ha pasado un mínimo de tiempo, el efecto del consumo de gasolina todavía no será perceptible en los niveles de los depósitos.

### ***Opción 4 – Variable sensorial***

La opción 4 propone una variable categórica basada en el tacto al calor. Pretende, sobre todo, llamar la atención del participante sobre la variable “tacto al calor” y provocar una asociación de conceptos —un acceso conceptual— con el calor de las bombillas del problema principal del experimento.

### **Respuesta a la opción 4**

Un 21.6% de los participantes no la considera válida. Un 13.6% se abstiene de contestar. Un 64.6% considera que el tacto al calor del motor de la moto es una variable válida para inferir un mayor uso de la moto. Entre ellos, un 42.4% explicitan que es un buen indicador de la recencia de uso. Cuatro participantes advierten que el motor podría haberse calentado con menos Km. por haber acelerado más de la cuenta el motor —con la moto corriendo o parada, no importa—. Dos participantes advierten que las niñas pueden haberse intercambiado las motos. Otro participante sugiere que quizás no ha habido suficiente tiempo para notar el impacto del calor del motor.

### ***Opción 5 – Capacidad de crear soluciones nuevas***

En la opción 5, dejamos la puerta abierta a que el participante piense creativamente en variables diferentes para determinar cuál ha sido la moto más usada mientras la madre iba a comprar el pan.

### **Respuestas a la opción 5**

Un 60% no formula ninguna propuesta. Sólo un 26.4% de los participantes es capaz de encontrar una variable válida. Entre ellos, un 22.4% proponen mirar los cuenta-kilómetros de las tres motos —una opción muy racional y cotidiana, de sentido común en la situación del enunciado—. El 4% restante proponen la medición más imprecisa del desgaste de los neumáticos, que daremos por válida puesto que cabe suponer que son todos ellos nuevos recién estrenados.

Dentro las respuestas consideradas no válidas, tenemos que un 8% propone preguntar directamente a las niñas, no reparando en que las niñas no tienen

porque decimos la verdad<sup>43</sup> y que ni tan siquiera tienen porqué ser conscientes de cuál de ellas ha hecho más kilómetros con su moto. Un 4% sugiere que sólo se ha movido Bet<sup>44</sup>, a pesar de que nada en el enunciado da verosimilitud a esta suposición. Dos participantes afirman que la madre se basa en el aspecto de Bet, queriendo ignorar que el aspecto de una persona depende de múltiples causas no controladas en el enunciado. Un participante dice que preguntaría a los vecinos, despreciando el hecho de que no tenemos ningún motivo para confiar en la fiabilidad de esta fuente y que ni tan siquiera estamos seguros de que existan vecinos a quienes preguntar.

## **6.5 Capacidad de combinar variables binarias**

Puesto que para discriminar entre tres objetos clónicos es preciso recorrer a una variable ternaria o a combinar adecuadamente dos variables binarias, las preguntas del módulo Trillizas del contexto ER nos servirán para medir la capacidad de los participantes con relación a esta operación metacognitiva. Sumando los resultados de la opción 2 y de la opción 4 del módulo Trillizas obtendremos una variable que valdrá 0 (ningún acierto) o 1 (uno o dos aciertos) y nos indicará la diferencia de capacidad para combinar adecuadamente dos variables binarias para discriminar tres elementos clónicos. La tabla de contingencia nos muestra que tampoco se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de resolución de Bombillas.

## **6.6 Capacidad de superación de las fijaciones funcionales**

Como consecuencia de la fijación funcional “bombilla = luz” y por la ignorancia metacognitiva de que con combinaciones de una sola variable binaria nunca podremos distinguir tres estados, una gran mayoría de participantes afronta el problema de las bombillas —obviamente sin éxito— haciendo sólo combinaciones de luz con los interruptores.

Podremos ver en el Experimento núm. 3 como la gran dificultad para superar esta fijación funcional hace que un gran número de participantes se esfuerce en encontrar soluciones basadas sólo en el atributo “luz de las bombillas”. No deja de ser sorprendente que a algunos participantes se les haga más fácil imaginar ciertos accesorios o ciertos matices de la situación cargados de una fuerte componente creadora en vez de superar la fijación funcional y darse cuenta que pueden emplear el atributo “calor de las bombillas”.

La suma de aciertos en las preguntas 1 y 3 del módulo Trillizas nos ofrece una medición relativa de la capacidad de superar fijaciones funcionales.

---

<sup>43</sup> Uno de los participantes añade un comentario tan aventurado como “Las niñas no saben mentir”.

<sup>44</sup> Uno de estos cuatro participantes aventura la suposición de que las otras dos motos han sido aparcadas sin haberlas usado.

<i>Tabla 6.6 – Éxitos en Bombillas según superación de fijaciones funcionales</i>			
<b>Núm. de superaciones de fijaciones funcionales</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>% éxito en Bombillas</b>	<b>26.4%</b>	<b>40.7%</b>	<b>71.4%</b>

Aplicando el test de  $\chi^2$ , comprobamos que la diferencia entre las proporciones de éxitos es significativa:  $\chi^2(1, N=125) = 4.867, p < 0.05$ . Y con la macro !TCOR de SPSS comprobamos que hay una **tendencia claramente creciente de mejora del éxito con el aumento de la capacidad de superación de las fijaciones funcionales.**

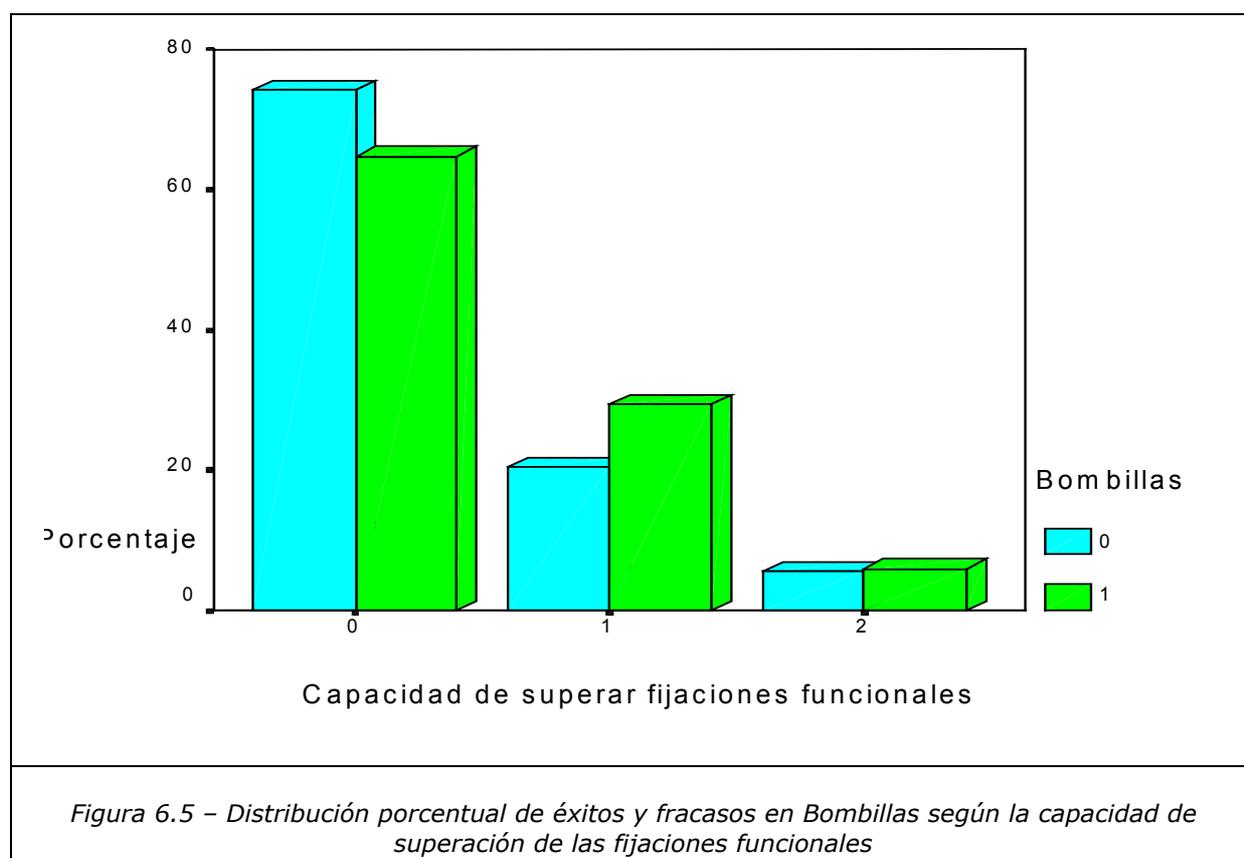


Tabla 6.7 – Tendencia del índice de éxitos de bombillas en función de la capacidad de superar las fijaciones funcionales

TREND TEST (Cumulative data)

Level of Exposure	0	1	2	TOTAL
Cases	24	11	5	40
NoCases	67	16	2	85
TOTAL	91	27	7	125
<b>Comparisons to First level</b>				
RR	1,000	1,545	2,708	
95% CI Lower	,	,874	1,515	
Upper	,	2,731	4,841	
OR	1,000	1,919	6,979	
95% CI Lower	,	,782	1,269	
Upper	,	4,712	38,388	

Test of Trend  $Z = 2,61010$  **Significance** = ,00905

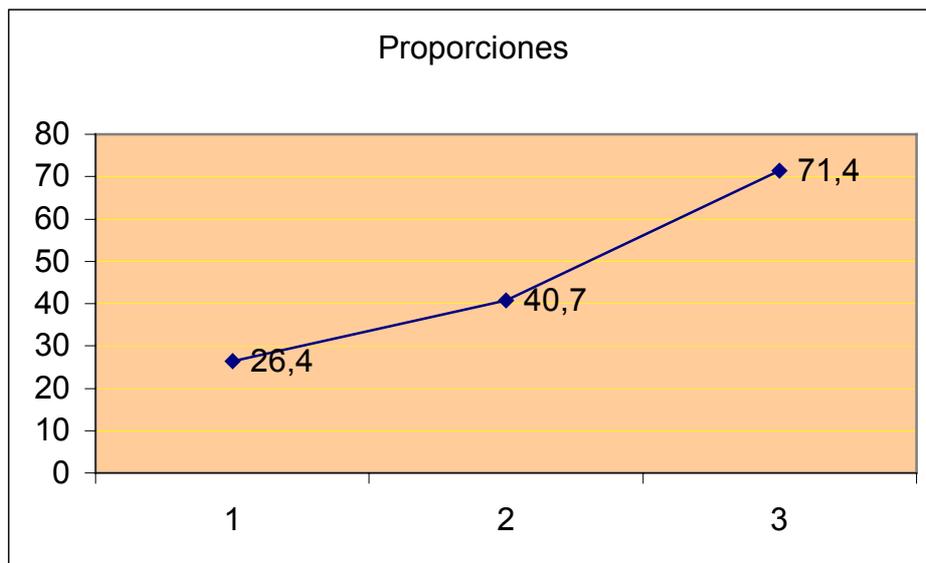


Figura 6.6 – Tendencia del éxito en función de la capacidad de superar fijaciones funcionales

## 6.7 Conclusiones del Experimento núm. 2

Las ayudas metacognitivas de razonamiento previstas resultan ser irrelevantes en la resolución del problema de *insight* Bombillas cuando se dan antes de conocer el enunciado. Concienciar al participante sobre la importancia de usar variables apropiadas para poder discriminar elementos clónicos —ayuda del módulo Trillizas— o de cómo es preciso diferenciar las variables realmente causales de las variables no necesariamente causales —ayuda de los módulos Trillizas y Motos— no aporta una mejora significativa en la eficacia de resolución del problema Bombillas<sup>45</sup>.

Los incrementos de eficacia originados por las ayudas metacognitivas de razonamiento son de poca significación estadística, con independencia de que sean aplicadas antes o después de los intentos de resolución. La ayuda metacognitiva de razonamiento conjunta de los dos ejercicios Trillizas y Motos —que no es eficaz suministrada antes del enunciado de Bombillas— tampoco se demuestra estadísticamente eficaz cuando se aplica después de la resolución fracasada de Bombillas. Una posible explicación sería que aunque los participantes hayan podido aprender a razonar mejor y hayan podido comprender los procedimientos necesarios para diferenciar tres elementos clónicos, el acceso al concepto “Las bombillas se calientan” no es fácilmente accesible por la vía del razonamiento o de las analogías.

La ayuda de verbalizar la analogía del calor del motor después del intento de resolver Bombillas --módulo Motos--, sí que aporta, en cambio, un incremento significativo de la eficacia de resolución.

Las ayudas finales consistentes en verbalizar la analogía del calor de los motores o de verbalizar el calor de las bombillas muestran una diferencia claramente significativa en el incremento de la eficacia de resolución. La secuencia con una progresión de eficacia de resolución más acentuada es la que acumula las dos ayudas finales de verbalización del calor de las motos y de verbalización del calor de las bombillas.

La eficacia promedio de resolución final de las cuatro secuencias diferentes de ayudas se duplica con relación al grupo de control sin ayudas.

La capacidad para combinar adecuadamente las variables binarias no influye significativamente en la resolución del problema Bombillas. Aunque es imprescindible dominar esta capacidad para poder discriminar tres

---

<sup>45</sup> Cabe la posibilidad que el participante haya mejorado sus capacidades metacognitivas pero no lo pueda demostrar por falta de acceso conceptual a la variable clave de la solución: la temperatura de la bombilla.

elementos clónicos, la verdadera dificultad para resolver el problema Bombillas no parece radicar en ella. Saber combinar correctamente las variables disponibles no nos ayuda a descubrir las variables que faltan ni a superar las fijaciones funcionales que nos impiden verlas.

La capacidad para combinar adecuadamente las variables binarias no influye significativamente en la resolución del problema Bombillas. Aunque es imprescindible dominar esta capacidad para poder discriminar tres elementos clónicos, la verdadera dificultad para resolver el problema Bombillas no parece radicar en ella. Saber combinar correctamente las variables disponibles no nos ayuda a descubrir las variables que faltan ni a superar las fijaciones funcionales que nos impiden verlas.

## 7 EXPERIMENTO NÚM. 3

Se detalla a continuación el tercero y último de los experimentos desarrollados.

### ***Objetivos del experimento***

Los principales objetivos del Experimento núm. 3 son:

- Evaluar si las ayudas sensoriales son más eficaces que las ayudas verbales.
- Analizar, con observación individualizada y diálogo con los participantes, cuáles son sus fijaciones funcionales y sus bloqueos mentales en los procesos de resolución de los problemas de comprensión súbita (*insight*).
- Analizar si existe correlación entre las tres capacidades de resolución de los tres problemas *insight*.

### 7.1 Método del Experimento núm. 3

#### ***Participantes***

Un total de 90 participantes voluntarios, todos ellos estudiantes de primer o segundo curso de la Facultad de Psicología de la Universidad de Barcelona, repartidos al azar entre cuatro grupos con secuencias de ayudas diferentes: 23 participantes en la secuencia S-0SV, 26 en la secuencia S-sV, 22 en la secuencia S-sS, 19 en la secuencia S-vSV

#### **Cálculo de la medida de los grupos**

La medida de los grupos necesarios para poder valorar las variaciones estadísticamente significativas en las proporciones de éxito obtenidas en la resolución de Bombillas, lo calcularemos teniendo en cuenta la estimación de la proporción de éxitos que nos proporciona el grupo de control ( $\Pi = 22\%$ ) y estableciendo que queremos tener potencia suficiente en las pruebas de comprobación de distribuciones para detectar incrementos hasta a una proporción de 50% a consecuencia de las secuencias de ayudas preestablecidos en el diseño de los experimentos.

Aplicando la macro !N1P de SPSS<sup>46</sup>, obtenemos con un IC del 95% que el tamaño de muestra de  $n = 23$  nos da una potencia de la prueba del 90%. Y

---

<sup>46</sup> Corresponde a la macro !N1P V2001.03.02 (c) A.Bonillo, JM.Domenech & R.Granero.

con la macro !NPD de SPSS<sup>47</sup>, comprobamos que el intervalo de confianza de las diferencias de proporciones de éxitos entre las secuencias de ayuda para esta medida de los grupos tendrá, con un IC del 95%, una precisión absoluta de 25 puntos, precisión que se considera suficiente para los objetivos de esta investigación puesto que no nos interesará tanto la medida exacta de los efectos estudiados como la detección cualitativa de las diferencias, las tendencias de distribución, las proporciones relativas entre distribuciones.

### **Material**

- ▶ Los enunciados --en hoja separadas-- de los tres problemas de *insight*: **Las seis copas**, **La cartulina** y **Las tres bombillas**<sup>48</sup>.
- ▶ El aparato simulador del dormitorio.
- ▶ La **Encuesta** complementaria, en una única hoja al final de los problemas o dividida en una primera parte previa (AVP antes del enunciado de Bombillas) y una segunda parte final.

La secuencia de los problemas se ha diseñado de manera que el primero de ellos tenga un grado de dificultad del mismo rango que las Bombillas y que el segundo, en cambio, tenga un grado de dificultad muy bajo, a fin de motivar positivamente al participante antes de iniciar el problema clave.

Se ha procurado que los tres problemas tengan valores muy similares en las características siguientes, consideradas imprescindibles para llevar a buen término la investigación prevista:

**Cotidianidad.** Que el enunciado del problema no exponga una situación excesivamente extraña o artificial para el participante y que tenga alta verosimilitud dentro de su vida cotidiana.

**Lógica.** Que la resolución del problema le obligue a ejercer sus capacidades de razonamiento lógico.

**Fijación funcional.** Que la resolución del problema comporte necesariamente la superación de una fijación funcional.

**Implicación sensorial.** Que la fijación funcional esté vinculada a un atributo sensorial de los objetos del problema, de manera que puedan dársele estímulos sensoriales análogos para ayudarle a encontrar la solución.

**Simulable.** Que podamos ayudarnos con objetos y/o aparatos para simular la situación cotidiana planteada, de manera que los participantes puedan

---

<sup>47</sup> Corresponde a la macro !NPD V2001.03.04 (c) A.Bonillo, JM.Domenech & R.Granero.

<sup>48</sup> Véanse los enunciados y las características particulares de cada problema en el Anexo I.

comprobar empíricamente si son acertadas o no sus propuestas de resolución.

**Novedad.** Que el enunciado del problema sea poco conocido entre la población elegida. A ser posible, totalmente desconocido<sup>49</sup>. Si el participante conoce *a priori* la solución del problema, su prueba carece de sentido y debe ser eliminada.

### ***Procedimiento***

El Experimento núm. 3 consiste en la pasación individual en el contexto que llamamos de **Resolución de Problemas Cotidianos**, abreviadamente **PQ**, en presencia del experimentador y con diálogo controlado mediante pautas preestablecidas y con la ayuda del aparato simulador para el problema Bombillas, de los tres problemas de comprensión súbita (*insight*): **Las seis copas, La cartulina y Las tres bombillas**<sup>50</sup>.

El experimentador recibe al participante agradeciéndole su colaboración en “un experimento que nos permitirá conocer mejor como se resuelven ciertos tipos de problemas en la vida cotidiana (...) y consiste en imaginar una situación perfectamente posible en la vida cotidiana”.

Se abordan los tres problemas de uno en uno. Se dan los enunciados por escrito, en hojas individuales para cada problema pero se explican verbalmente añadiendo toda la información de contexto de verosimilitud cotidiana que el participante pueda necesitar y a lo largo de toda la prueba se establece un clima abierto de diálogo.

El participante puede optar entre contestar por escrito u oralmente mientras el experimentador toma nota de sus explicaciones.

Después de explicarle el enunciado del problema Bombillas, el experimentador le muestra al participante el aparato simulador del dormitorio con tres bombillas y tres interruptores<sup>51</sup> y le explica su funcionamiento.

Todos los problemas tienen limitación de tiempo, pero el experimentador controla el cronómetro de manera disimulada y al participante no se le da conciencia anticipada de esta limitación para evitarle prisas y ansiedades. Por el contrario, si pregunta de cuánto tiempo dispone, el experimentador le dirá: “No te preocupes, todo el tiempo que quieras, todo el que te haga falta”. Si llega a consumir el tiempo límite sin encontrar la solución, se le dará la ayuda posterior prevista en la secuencia a la que pertenece el participante y

---

<sup>49</sup> “Las seis copas”, a pesar de ser un auténtico clásico de la literatura de enigmas y juegos de ingenio, ha resultado ser un problema muy poco conocido entre la población elegida. “La cartulina” ha estado inventado *ad-hoc* para esta investigación.

<sup>50</sup> En los Anexos podrán verse los enunciados y las características exactas de estos tres problemas.

<sup>51</sup> Véase el esquema constructivo y la explicación de su funcionamiento en el Anexo I.

el tiempo añadido correspondiente. Si consume el tiempo añadido sin éxito, se le dirá: “Está bien, no te preocupes más, dejemos a un lado este problema y pasemos al siguiente”.

Los tiempos límite y sus correspondientes tiempos añadidos para las distintas ayudas son los expuestos en la Tabla 7.1.

<i>Taula 7.1 – Tiempos límite Experimento núm. 3</i>		
<b>Copas</b>	<b>Cartulina</b>	<b>Bombillas</b>
1 minuto + 30 seg. para ASF + 10 seg. para AVF	1 minuto + 30 seg. para ASF + 10 seg. para AVF	8 minutos + 1 minuto para ASF + 1 minuto para AVF

Si el sujeto encuentra la solución antes del tiempo límite, la medición del tiempo consumido se anotará con una precisión relajada de  $\pm 10$  segundos de error, únicamente a título orientativo, puesto que la velocidad de resolución es una variable que --al menos en forma cuantitativa-- no está contemplada en el diseño de los experimentos usados y no intervendrá en ningún cálculo de los análisis de resultados.

Al finalizar los tres problemas, se pasa al participante la **Encuesta** complementaria, excepto en el caso de las secuencias que tienen ayuda verbal previa, en las cuales se pasan las preguntas 1, 2 y 4 en el momento de recibir al participante y el resto de preguntas al final de la prueba.

### **Diversidad de los sentidos implicados**

Se ha procurado que entre los tres problemas del Experimento núm. 3 se abarquen atributos perceptivos de cuatro tipos: visuales, auditivos, olfativos y táctiles.

### **Filtros previos de los participantes**

Vista la importancia de las estimulaciones sensoriales visual y táctil, se ha comprobado que ninguno de los participantes tuviera problemas graves ni en la vista ni en el tacto.

Tabla 7.2 - Implicaciones sensoriales en los diferentes problemas

Problema	Sentidos implicados			
	Visual	Auditivo	Olfativo	Táctil
Copas	X	X	X	
Cartulina	X		X	X
Bombillas	X			X

### **Secuencias de ayudas previstas**

A cada participante se le asigna, al azar, una secuencia de ayudas predeterminada, pero —a diferencia del contexto ER—, cuando el participante resuelve el problema, dejan de aplicarse las ayudas pendientes.

Con dos tipos de ayuda —verbal y sensorial— y dos posibles momentos de aplicación —antes o después de conocer el enunciado del problema— podríamos combinar 16 secuencias diferentes de ayudas. Se han elegido, en el Experimento núm. 3, las cuatro secuencias que nos han parecido, *a priori*, que nos aportarían más información sobre las diferencias entre el acceso conceptual mediante la vía de la estimulación cognitiva —ayudas verbales— y el acceso conceptual mediante la vía de la estimulación emocional —ayudas sensoriales—.

Se han codificado las secuencias de ayuda con las siguientes convenciones:

- ▶ Todas empiezan por “S-“ seguida de tantas letras como intentos de solución previstos tenga la secuencia.
- ▶ Las letras minúsculas significan ayudas previas (suministradas antes de conocer el enunciado del problema).
- ▶ Las letras mayúsculas significan ayudas finales (suministradas después de haber agotado el tiempo límite sin haber encontrado la solución).
- ▶ El significado de las letras es:
  - 0 = sin ayuda;
  - v = verbal previa; V = verbal final;
  - s = sensorial previa; S = sensorial final.

## 7.2 Resultados del Experimento núm. 3

Disponemos de 90 participantes divididos entre cuatro grupos con diferentes secuencias de ayudas. Una primera exploración de los resultados del experimento nos la proporciona la ordenación de los distintos niveles de éxito conseguidos en cada intento.

*Tabla 7.3 – Diseño y resultados de Bombillas en el Experimento núm. 3*

Secuencia	Ayuda previa	1r intento de solución	Ayuda final	2º intento de solución	3ª ayuda	3r intento de solución
<b>S-OSV</b>	Sin ayuda	21.7%	Sensorial	43.5%	Verbal final (Encuesta)	87%
<b>S-vSV</b>	Verbal previa	5.3%	Sensorial	36.8%	Verbal final (Encuesta)	63.2%
<b>S-sV</b>	Sensorial previa	23.1%	Verbal	61.5%	—	—
<b>S-sSV</b>	Sensorial previa	36.4%	Sensorial	54.5%	Verbal final (Encuesta)	81.8%

*Tabla 7.4 – Resultados de Bombillas por tipo de ayuda en Experimento núm. 3*

Verbal previa		Sin ayuda		Sensorial final				Verbal final					Sensorial previa		
S-vSV		S-OSV		S-OSV	S-sSV	S-vSV	TOTAL	S-OSV	S-sV	S-sSV	S-vSV	TOTAL	S-sSV	S-sV	TOTAL
1		5		10	12	7	29	20	16	18	12	66	8	6	14
18		18		13	10	12	35	3	10	4	7	24	14	20	34
19		23		23	22	19	64	23	26	22	19	90	22	26	48
5.3%		21.7%		43.5%	54.5%	36.8%	45.3%	87.0%	61.5%	81.8%	63.2%	73.3%	36.4%	23.1%	29.2%

Significado de las columnas ↓

Tipo de ayuda	Secuencia
	a
	b
	n
	%

Tabla 7.5 – Índices de éxitos en Bombillas en orden ascendente

Secuencia	Ayudas	Éxitos	Intento
S–vSV	Verbal previa	5.3%	1
S–OSV	Sin ayuda	21.7%	1
S–sV	Sensorial previa	23.1%	1
S–sSV	Sensorial previa	36.4%	1
S–vSV	Verbal previa + Sensorial final	36.8%	2
S–OSV	Sin ayuda + Sensorial final	43.5%	2
S–sSV	Sensorial previa + Sensorial final	54.5%	2
S–sV	Sensorial previa + Verbal final	61.5%	2
S–vSV	Verbal previa + Sensorial final + Verbal final	63.2%	3
S–sSV	Sensorial previa + Sensorial final + Verbal final	81.8%	3
S–OSV	Sin ayuda + Sensorial final + Verbal final	87.0%	3

### Éxitos sin ayudas

El grupo de control S–0 del Experimento núm. 1 con  $n = 31$  nos daba un 22.6% de éxitos y el primer intento del grupo S–OSV con  $n = 23$  nos confirma la misma distribución con un 21.7%.

Comparando con el 15.4% del intento sin ayudas de la secuencia S–ORV del Experimento núm. 2 no se aprecian diferencias estadísticamente significativas que podamos atribuir a la influencia del contexto. Aunque cabe remarcar que convendría analizar más a fondo esta posible influencia del contexto con un tamaño de muestras mayor.

### Éxitos con una única ayuda

Observamos que hay una fuerte gradación creciente, estadísticamente significativa -- $\chi^2(3, N=90) = 8.722, p < 0.05$ -- de las proporciones de éxito en el conjunto de 90 participantes del contexto PQ que reciben una primera ayuda. Se cumple la gradación nada intuitiva mostrada en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6 – Gradación de la eficacia de las ayudas primeras en Bombillas PQ

Verbal previa	< Sin ayudas	< Sensorial previa	< Verbal final <sup>52</sup>	< Sensorial final
5.3%	22.2%	29.2%	30.8%	43.5%

El test de ajuste lineal de la tendencia acumulada de los ayudas, calculada con la macro !TCOR de SPSS nos muestra que hay un ajuste significativo ( $p < 0.05$ ) de los efectos relativos RR con una recta de pendiente 1.43. En la tabla adjunta se muestran los valores de las medias de la razón de

<sup>52</sup> Aquí aproximamos mediante el resultado de la secuencia S–ORV del Experimento núm. 2

proporciones (RR) y de la razón de odds (OR) con sus respectivos intervalos de confianza al 95%.

Tabla 7.7 – Tendencia de éxito con la primera ayuda en Bombillas PQ

TREND TEST (Cumulative data)

Level of Exposure	Verbal previa	Sin ayuda	Sensorial previa	Sensorial final	TOTAL
Cases	7	12	14	10	43
NoCases	45	42	34	13	134
TOTAL	52	54	48	23	177
<b>Comparisons to First level</b>					
RR	1.000	1.651	2.167	3.230	
95% CI Lower	.	.705	.956	1.406	
Upper	.	3.865	4.910	7.421	
OR	1.000	1.837	2.647	4.945	
95% CI Lower	.	.661	.963	1.572	
Upper	.	5.107	7.273	15.558	

Test of Trend Z = 2.89469 **Significance = .00380**

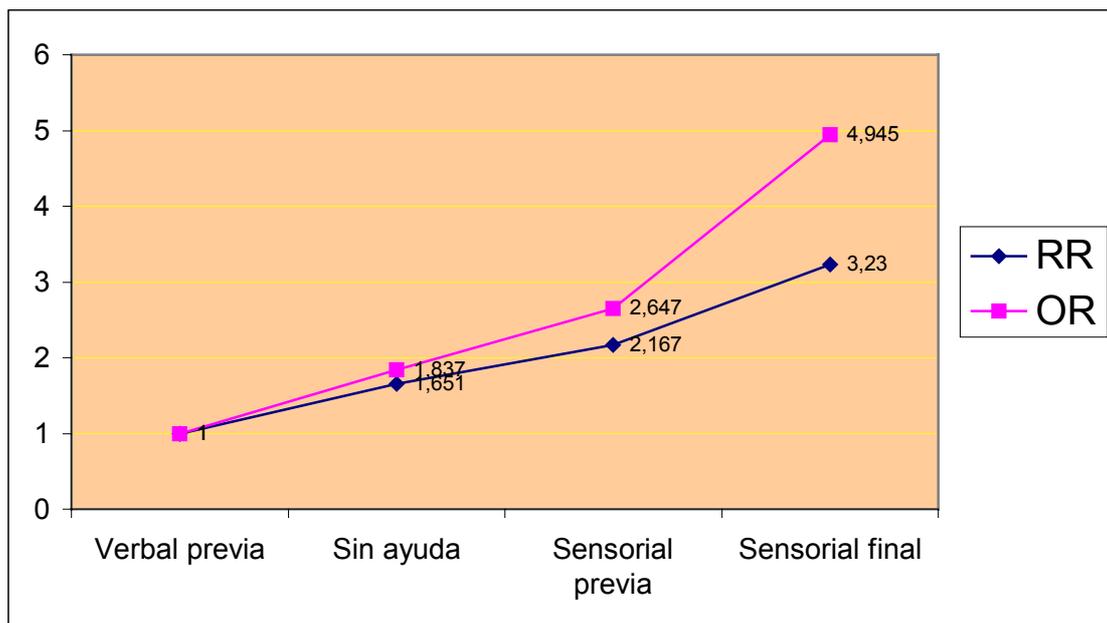


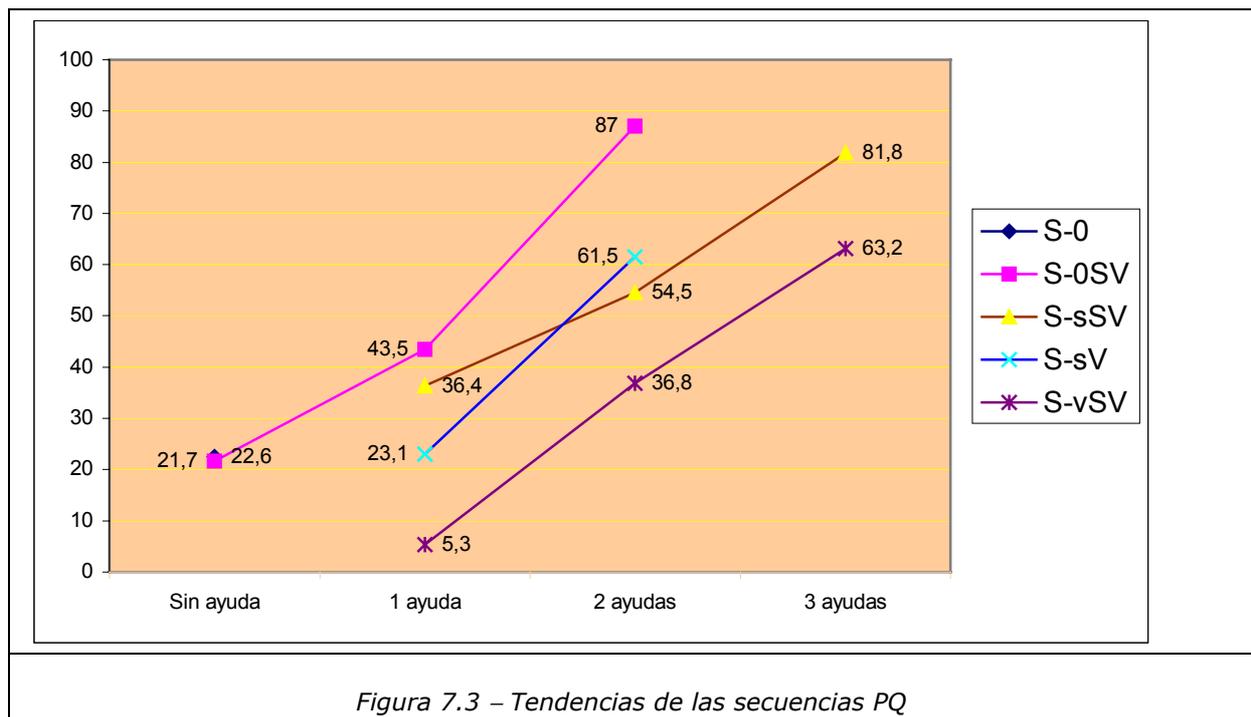
Figura 7.2 – Tendencia de los resultados en Bombillas PQ

### Éxitos con dos ayudas

Observaremos también que con dos ayudas elevamos el índice de éxitos por encima de 36% hasta un máximo de 61.5% y que con tres ayudas podemos llegar a superar el 80% de éxitos. Cifras, todas ellas, muy por encima de las que teníamos en el contexto ER del Experimento núm. 2.

La aplicación de una segunda ayuda aporta incrementos de éxito con diferencias estadísticamente significativas:  $\chi^2 (3, N=90) = 11.575, p < 0.05$ . La gradación observada aquí es la siguiente:

Tabla 7.8 – Gradiente de éxitos en Bombillas con dos ayudas			
Verbal previa + Sensorial final	< Sensorial previa + Sensorial final	≈ Sensorial previa + Verbal final	< Sensorial final + Verbal final
36.8%	54.5%	61.5%	87%



### Éxitos con tres intentos

Sólo 41 participantes disfrutaron de tres intentos: son las secuencias S-sV y S-vSV. Los incrementos de éxito experimentados en el tercer intento, en ambos grupos, son claramente significativos pero no se aprecian diferencias significativas entre las dos secuencias.

Si comparamos la distribución de éxitos de una de las secuencias con tres intentos —p. e. la S-sV— con el grupo de control sin ayudas S-0, constataremos un incremento medio de la eficacia de resolución de 59 puntos (IC del incremento al 95%: de 36% a 81%).

### Tendencia creciente de la eficacia de las ayudas

La tendencia creciente de los éxitos acumulados obtenidos en función de la progresiva secuencia de ayudas, calculada con la macro !TCOR de SPSS, nos

da, con  $p = 0$ , una recta fuertemente ajustada que tiene una pendiente para RR de 1.122.

Tabla 7.9 – Tendencia global de los éxitos en Bombillas PQ con las diferentes ayudas

TREND TEST (Cumulative data)

Level of Exposure	Verbal previa	Sin ayudas	Sensorial previa	Sensorial final	Verbal final	TOTAL
Cases	7	12	14	29	66	128
NoCases	45	42	34	35	24	180
TOTAL	52	54	48	64	90	308
<b>Comparisons to First level</b>						
RR	1.000	1.651	2.167	3.366	5.448	
95% CI Lower	.	.705	.956	1.606	2.704	
Upper	.	3.865	4.910	7.054	10.974	
OR	1.000	1.837	2.647	5.327	17.679	
95% CI Lower	.	.661	.963	2.089	7.022	
Upper	.	5.107	7.273	13.583	44.506	

Test of Trend  $Z = 7.81541$  **Significance** = .00000

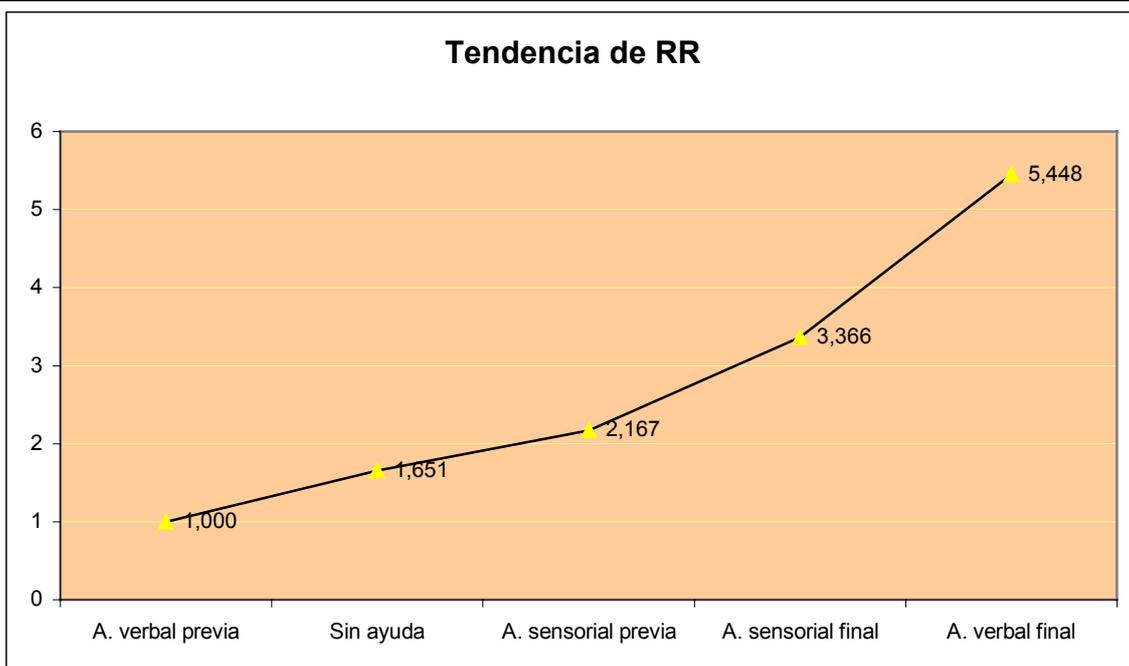


Figura 7.4 – Tendencia de éxitos en Bombillas PQ

### 7.3 Conclusiones sobre Bombillas en Experimento núm. 3

Con los datos disponibles, el **cambio de contexto no influye** significativamente en la resolución sin ayudas del problema Bombillas. Se destaca, sin embargo, la conveniencia de proceder con muestras de mayor tamaño para analizar mejor esta relación.

El Experimento núm. 1 confirma que el problema Bombillas sin ayudas es un problema de **dificultad alta**.

Las ayudas primeras tienen una clara jerarquía de eficacia creciente lineal nada intuitiva: **Verbal previa < Sin ayuda < Sensorial previa < Verbal final < Sensorial final**.

En contra del que puede parecer intuitivamente, **la ayuda verbal previa actúa con efecto negativo**, posiblemente por **bloqueo emocional** del sujeto o por el rechazo inconsciente frente al **riesgo físico de quemadas** con las bombillas.

En cambio, **la ayuda sensorial previa actúa como facilitador** —posiblemente inconsciente— del acceso conceptual necesario para resolver el problema. Cabe especular sobre la diferencia entre el recuerdo negativo e inhibitor de “Las bombillas **quemán**” activado por la ayuda verbal previa suministrada por la encuesta y el conocimiento implícito positivo “Las bombillas se **calientan**” activado por la ayuda sensorial previa.

La ayuda sensorial previa es mejor facilitador del acceso conceptual necesario que la ayuda verbal previa.

La ayuda sensorial final es mucho más resolutive cuando ha sido precedida de una ayuda sensorial que cuando ha sido precedida de una ayuda verbal. En otras palabras: **el conocimiento tácito aportado por la vía sensorial es mucho más efectivo que el aportado por la vía verbal**. Haber experimentado el calor de la bombilla es un conocimiento tácito mucho más operativo que haber recordado verbalmente que las bombillas se calientan. La vía de acceso sensorial-emocional a la indexación de la memoria de las vivencias tiene más eficacia que la verbal-cognitiva.

A la hora de convertir en efectivo el conocimiento aportado por la ayuda sensorial previa, **no se aprecian diferencias significativas** entre la vía de la verbalización (**ayuda verbal final**) y la vía sensorial (**ayuda sensorial final**).

**La combinación más eficaz con dos ayudas** es la formada por la **ayuda sensorial final**, que aporta al participante la vivencia de que las

bombillas se calientan cuando está receptivo porque lleva ocho minutos buscando la solución sin encontrarla, **seguida de la ayuda verbal final** que le facilita el paso al ámbito cognitivo del conocimiento recientemente adquirido o refrescado. Es una combinación de ayudas que convierte al problema Bombillas, de dificultad alta, en un problema fácil.

La **ayuda verbal final** detrás de dos intentos de resolución aporta un incremento de eficacia **siempre significativo**. Pero no se observan diferencias en función de la naturaleza sensorial o verbal de la primera ayuda. Los incrementos de eficacia aportados por la acumulación de ayudas finales sensorial y verbal sobrepasan de lejos el efecto subyacente y significativo de la primera ayuda.

**Con dos ayudas sensoriales y una verbal final cuadruplicamos la eficacia** de resolución del problema Bombillas y convertimos un problema de dificultad alta en un problema muy fácil.

## 7.4 Resultados del problema Copas

### *Sin ayudas*

Sin ayudas, en la muestra de 23 participantes correspondiente al grupo S-OSV, se obtiene una proporción de éxitos de 26.1% (IC al 95%: de 7% a 46%). Estamos frente a un problema que, entre la población elegida, tiene una dificultad media-alta.

### *Con un ayuda*

Con una ayuda verbal previa la proporción de éxitos se incrementa significativamente hasta a 52.6% (IC al 95%: de 28% al 77%). Con una ayuda sensorial —tanto si es previa como final— los resultados no muestran diferencias significativas.

### *Con dos ayudas*

Si la ayuda sensorial actúa después de una ayuda previa al enunciado, su eficacia se eleva significativamente a 63% en el grupo S-vSV y a 73% en el grupo S-sV.

### *Con tres ayudas*

Con la tercera ayuda verbal final, elevamos los resultados de S-vSV a 77% y de S-sV a 79%.

### ***Con las ayudas globales***

Al final de las secuencias de ayuda previstas, la proporción media de éxitos es de 68.7%. O sea: las ayudas han hecho que la dificultad del problema se convierta en baja.

No se observa diferencias significativas entre las cuatro secuencias de ayuda.

### ***Curiosidades observadas***

- ▶ Un participante llega a hacer tantos movimientos como copas.
- ▶ Un participante ensaya una solución vertiendo el contenido de la copa en el interior de la jarra. Tarda unos cuantos segundos en darse cuenta de que no sirve para nada, y resuelve *in-extremis* dentro del tiempo límite.
- ▶ Un participante trasvasa sólo la mitad del contenido de una copa y se queda pensativo con cuatro copas llenas.

## **7.5 Resultados del problema Cartulina**

### ***Sin ayudas***

Para el grupo de control S-0SV, el resultado sin ayudas del problema Cartulina es de 69.6% (IC al 95%: 49% a 90%). Es un problema de baja dificultad, puesto estratégicamente en segunda posición dentro el contexto PQ para motivar a los participantes a afrontar con ánimos el problema Bombillas.

### ***Con una ayuda sensorial***

Una simple ayuda sensorial hace elevar significativamente el rendimiento del problema Cartulina hasta niveles de dificultad muy baja: hasta 85.4% con la ayuda sensorial previa y hasta 87% con la ayuda sensorial final.

### ***Con dos ayudas***

Con dos ayudas sensoriales llegamos al 91%.

### ***Con tres ayudas***

Con dos ayudas sensoriales y la ayuda verbal final, llegamos a 96%, muy cerca de la saturación.

### ***Fijaciones funcionales***

- ▶ El principal impedimento radica en la utilización del dedo como pincel.
- ▶ El segundo impedimento radica en la utilización del vino como tinta o pintura para dibujar. Algunos —muy pocos— no superan la falta de imaginación. Otros —unos pocos más— no superan el concepto de que la solución pedida es “sucia” y que va contra las convenciones sociales. Tres de los participantes se excusaron mientras aplicaban la solución esperada: “Es un poco sucio pero funciona”. Una participante limpia los chorretones de la jarra con un pañuelo de papel para que no ensucie.
- ▶ Un tercer impedimento que hemos detectado es el de no querer meter el dedo dentro de la copa llena de vino, probablemente por una restricción de origen social basada en cuestiones higiénicas. Algunos de los participantes que tienen este impedimento han inventado caminos alternativos que hemos destacado en el apartado siguiente.

### ***Soluciones válidas y curiosas***

- ▶ Untar los bordes de la jarra con el dedo mojado de vino e invertirla después sobre la cartulina (tres participantes).
- ▶ Ídem anterior poniendo después la cartulina sobre la jarra (seis participantes).
- ▶ Aprovechar una mancha espontánea sobre la cartulina, poner encima de ella el borde de la jarra invertida y rotar la jarra expandiendo circularmente la pequeña mancha (dos participantes).
- ▶ Verter un poco de vino de una copa dentro de la jarra y voltear la jarra sobre la cartulina. Después —como en la solución alternativa anterior— expandir circularmente la mancha del vino que se escurre rotándola con el borde de la propia jarra (dos participantes).
- ▶ Invertir la jarra y derramar el vino por el encima de ella para que se escurra hasta los bordes (un participante).

### ***Soluciones curiosas descartadas***

- ▶ Derramar el vino de una copa entera sobre la cartulina y después aplicar la jarra invertida (un participante). Se descarta por ser un sistema destructivo con la cartulina.
- ▶ Dibujar cercos con la base de las copas e intentar cubrir un círculo para la jarra sumando estos cercos (cuatro participantes). Se descarta porque no se obtiene un círculo perfecto.
- ▶ Poner la cartulina sobre la jarra y reseguir el borde de la jarra por encima con el dedo untado de vino (un participante). Se descarta por falta de precisión del cerco dibujado.
- ▶ Dibujar con el dedo mojado con agua (un participante). Se descarta porque no hay evidencia en el enunciado de que podamos tener acceso a agua.
- ▶ Dibujar el círculo rascando la cartulina con el borde de la jarra (un participante). Se descarta por erosión destructiva de la cartulina.



## 8 RESULTADOS COMUNES A VARIOS EXPERIMENTOS

### 8.1 Resultados comparando los tres experimentos

#### *Influencia del contexto en la resolución sin ayudas*

Habíamos planteado la hipótesis de que --al ser de pasación colectiva y sin el aparato simulador-- las proporciones de éxito sin ayudas tenderían a ser más bajas en el contexto ER que en el contexto PQ.

Para una muestra de 54 participantes sin ayudas en el contexto PQ observamos una media de 22.2% de aciertos (IC del 95%: 11% a 34%) y para una muestra de 26 participantes sin ayudas en el contexto ER, observamos una media inferior de 15.4% de aciertos (IC del 95%: 1% a 30%). Pero el estudio de la  $\chi^2$  en la tabla de contingencia nos muestra que no tenemos base suficiente para rechazar la hipótesis nula. Una muestra de tamaño superior en ER nos podría apoyar, quizás, la hipótesis de diferencias a favor de PQ, pero:

Con los tamaños de muestras usados, la diferencia de proporciones observada entre las resoluciones sin ayudas de los dos contextos no tiene significación estadística.

#### *Éxitos con un sola ayuda*

En los 215 sujetos que han recibido cinco tipos diferentes de ayudas primeras, se observan diferencias estadísticamente significativas en los índices de éxitos:  $\chi^2$  (5, N=215) = 15.623,  $p < 0.05$ .

El orden gradual de eficacias obtenidas en las ayudas primeras es:

<i>Tabla 8.1 – Gradiente global de la eficacia de las ayudas primeras en Bombillas</i>					
<b>Trillizas</b>	<b>Razonamiento previo</b>	<b>Verbal previa</b>	<b>Razonamiento final</b>	<b>Sensorial previa</b>	<b>Sensorial final</b>
<b>8.8%</b>	<b>12.5%</b>	<b>13.5</b>	<b>19.2%</b>	<b>29.2</b>	<b>43.5%</b>

Si agrupamos con AVP (ayuda verbal previa) las ayudas de Trillizas y de Razonamiento en posición previa y agrupamos con AVF (ayuda verbal final) la ayudas final de Razonamiento, obtenemos la Tabla simplificada 8.2.

<i>Tabla 8.2 – Gradiente (simplificado) de la eficacia de las ayudas primeras en Bombillas</i>			
<b>Verbal previa</b>	<b>Verbal final</b>	<b>Sensorial previa</b>	<b>Sensorial final</b>
<b>13.5</b>	<b>19.2%</b>	<b>29.2</b>	<b>43.5%</b>

### ***Éxitos con dos ayudas***

En el conjunto de los dos contextos, los niveles globales de eficacia resolutoria con dos intentos tiene una diferencia media claramente significativa de 47.8 puntos a favor del contexto PQ:  $\chi^2 (1, N=125) = 22.379$ ,  $p < 0.05$ .

Estudiando los resultados de las diferentes secuencias de dos ayudas, se observa que se abre un abanico desde 26.5% para (Trillizas previa + Motos final) hasta un 87% para (Sensorial final + Verbal final). La combinación (Verbal previa + Sensorial final) aporta sólo un 36.8%, pero el resto de secuencias con intervención sensorial obtienen todos resultados por encima del 50%.

<i>Tabla 8.2 – Gradiente global de la eficacia de dos ayudas en Bombillas</i>								
<b>Ayuda 1 →</b>	<b>Trillizas previa</b>	<b>Razonam. previo</b>	<b>Verbal previa</b>	<b>Razonam. final</b>	<b>Verbal previa</b>	<b>Sensorial previa</b>	<b>Sensorial previa</b>	<b>Sensorial final</b>
<b>Ayuda 2 →</b>	<b>Motos final</b>	<b>Verbal final</b>	<b>Razonam. final</b>	<b>Verbal final</b>	<b>Sensorial final</b>	<b>Sensorial final</b>	<b>Verbal final</b>	<b>Verbal final</b>
<b>Éxito % →</b>	<b>26.5%</b>	<b>28.1%</b>	<b>30.3%</b>	<b>30.8%</b>	<b>36.8%</b>	<b>54.5%</b>	<b>61.5%</b>	<b>87%</b>

### ***Éxitos con tres ayudas***

Juntando ambos contextos, la eficacia aportada por tres ayudas en PQ es muy superior a la eficacia aportada por tres ayudas en ER. Intervienen sólo tres secuencias, la S-tMV de ER (38.2%) y las S-vSV (63.2%) y S-sSV (81.8%) de PQ. Una vez más, se observa la superioridad de la combinación sensorial final seguida de verbal final. Véase tabla 8.3 donde  $\chi^2 (1, N=75) = 9.273$ ,  $p < 0.05$ .

<i>Taula 8.3 – Tres ayudas en Bombillas</i>			
<b>Ayuda 1 →</b>	<b>Trillizas previa</b>	<b>Verbal previa</b>	<b>Sensorial previa</b>
<b>Ayuda 2 →</b>	<b>Motos final</b>	<b>Sensorial final</b>	<b>Sensorial final</b>
<b>Ayuda 3 →</b>	<b>Verbal final</b>	<b>Verbal final</b>	<b>Verbal final</b>
<b>Éxito % →</b>	<b>38.2%</b>	<b>63.2%</b>	<b>81.8%</b>

### ***Conclusiones comparando los tres experimentos***

En la resolución sin ayudas del problema Bombillas, no se han observado diferencias estadísticamente significativas entre los dos contextos utilizados.

Hay equivalencia entre el impacto causado por las ayudas metacognitivas (Trillizas, Trillizas y Motos) o por la ayuda verbal (la Encuesta complementaria) en posición previa al enunciado. Pero se manifiesta un salto cuantitativo cuando la ayuda previa es de tipo sensorial.

En el contexto ER no se observa el efecto negativo de la ayuda verbal previa que se observaba en el contexto PQ. Posiblemente por el hecho de que, al no existir el aparato simulador, no se produce el miedo al contacto físico con las bombillas y la electricidad y, por lo tanto, no hay bloqueo emocional.

La ayuda de Trillizas y Motos, suministrada como única ayuda al final, no influye significativamente en la resolución.

Si la primera ayuda es sensorial final, el impacto de la ayuda verbal final es de alta eficacia de resolución.

Las secuencias de dos o tres ayudas son muy superiores en eficacia en el contexto PQ. La explicación viene dada, principalmente, por la superior eficacia de las ayudas sensoriales.

## 8.2 Influencia de la experiencia de incidentes eléctricos

Nuestra hipótesis es que las vivencias de incidentes con la electricidad tienen que influir en el acceso conceptual a la solución del problema Bombillas.

Para estudiar la influencia de la vivencia previa de incidentes eléctricos (ítem 1 de la Encuesta), tomaremos en consideración los participantes del Experimento núm. 2 a fin de evitar la posible influencia inhibitoria provocada por la presencia del simulador con cables eléctricos y bombillas que hemos detectado en los resultados del Experimento núm. 3.

El 65% de los participantes del Experimento núm. 1 afirman no haber tenido nunca incidentes con la electricidad. El 24% dice que ha tenido algún incidente hace tiempo y un 11% asegura que ha tenido un incidente reciente. Las diferencias obtenidas en la eficacia de resolución son claramente significativas si lo comparamos con el 15.4% del grupo de control: sólo resuelven correctamente un 7.4% de los que no han tenido nunca incidentes eléctricos, un 14.3% los que han tenido incidentes hace poco, y un 30% de los que han tenido incidentes ya hace mucho tiempo.

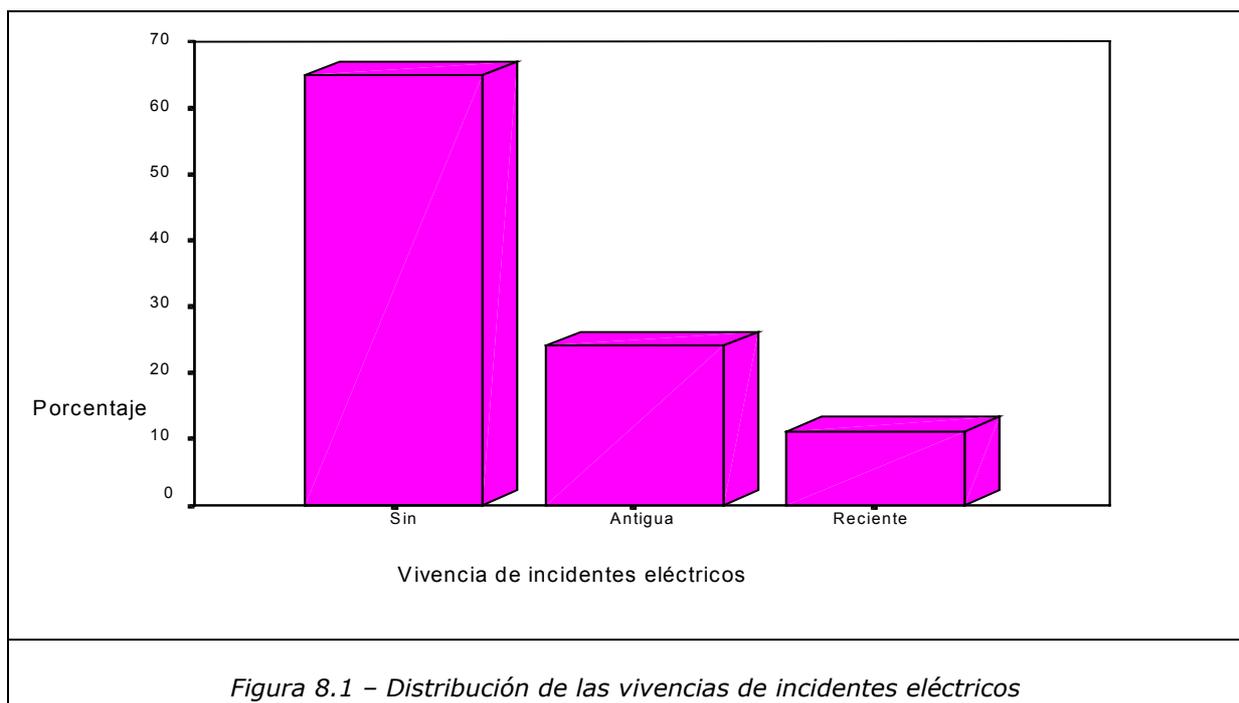
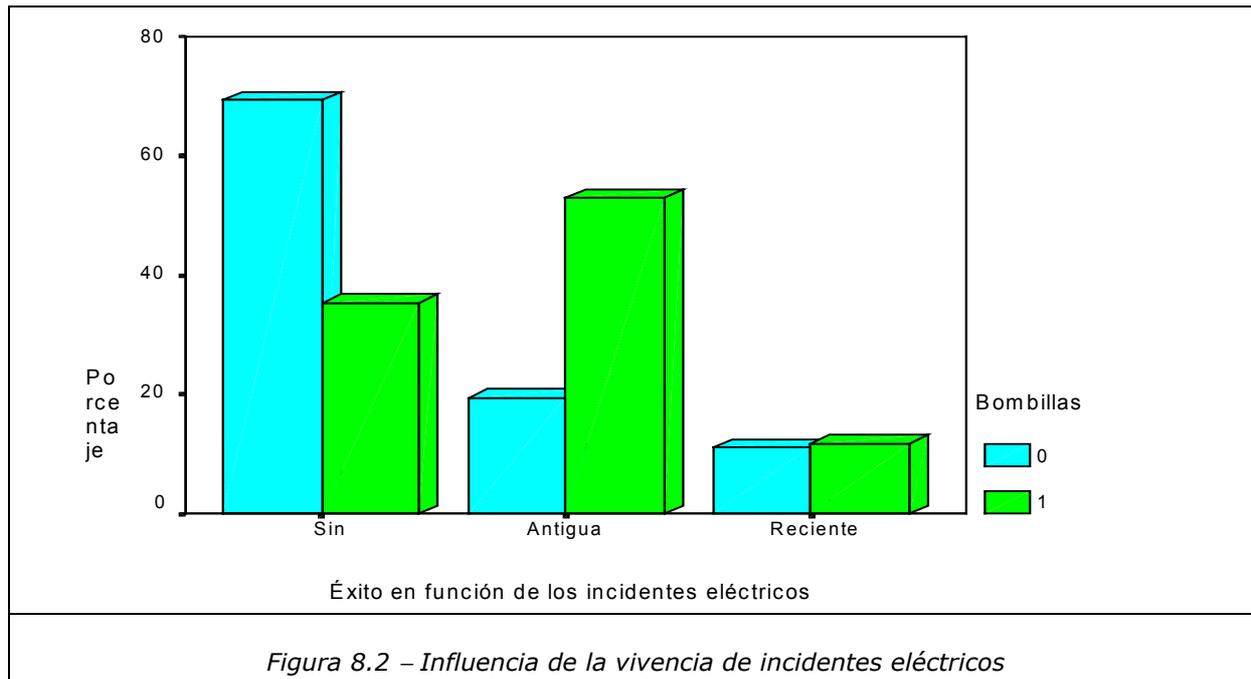


Tabla 8.4- Éxitos en función de los incidentes eléctricos

Sin vivencias	Con vivencias antiguas	Con vivencias recientes
7.4%	30%	14.3%



### **Conclusiones – incidentes eléctricos**

Los participantes que no han tenido vivencias de incidentes eléctricos obtienen resultados muy por debajo del grupo de control. Cabe la posibilidad que algunos de ellos ni tan siquiera sepan —al inicio de la prueba— que las bombillas se calientan.

Los participantes con vivencia reciente de incidentes eléctricos obtienen resultados dentro del orden de magnitud del grupo de control.

Los participantes con vivencia antigua de incidentes eléctricos tienen resultados bastante superiores al grupo de control. Una posible explicación podría ser que se requiere un tiempo mínimo para conseguir una indexación de la memoria emocional que sea útil a la memoria cognitiva (latencia en la sedimentación de las vivencias<sup>53</sup>).

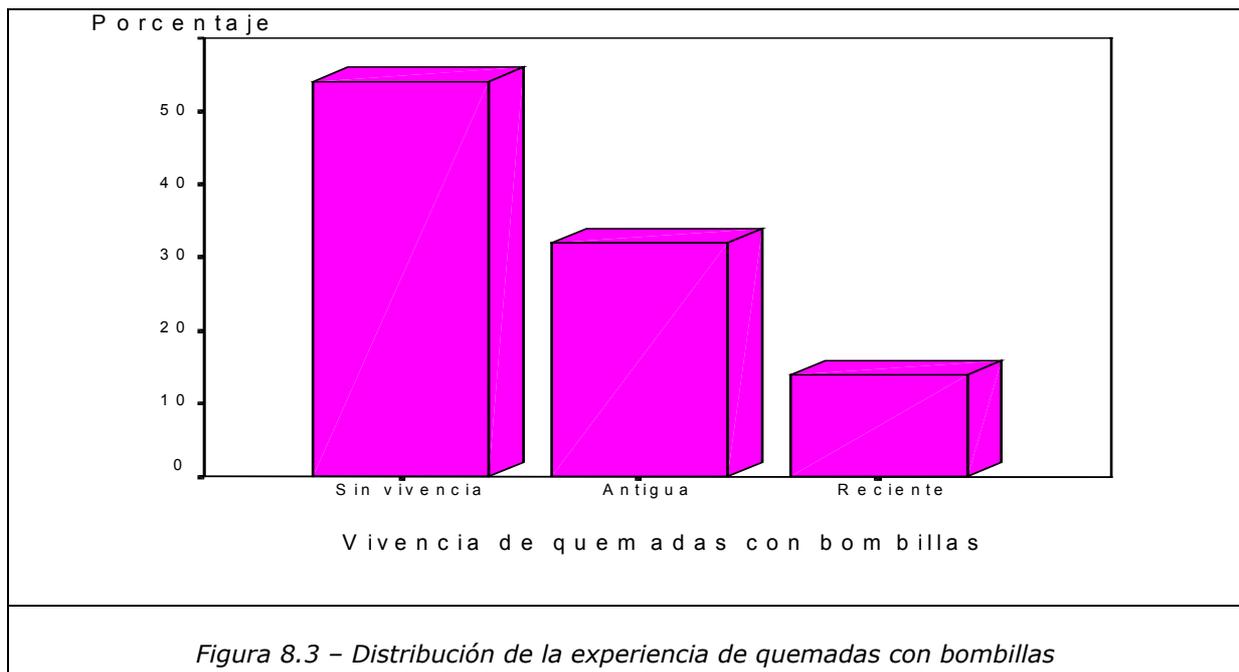
### **8.3 Influencia de las quemadas con bombillas**

Nuestra hipótesis es que el recuerdo de las vivencias de quemadas con bombillas tiene que influir claramente en el acceso a la solución del problema Bombillas.

<sup>53</sup> Lo que vulgarmente llamamos “la digestión de la experiencia”.

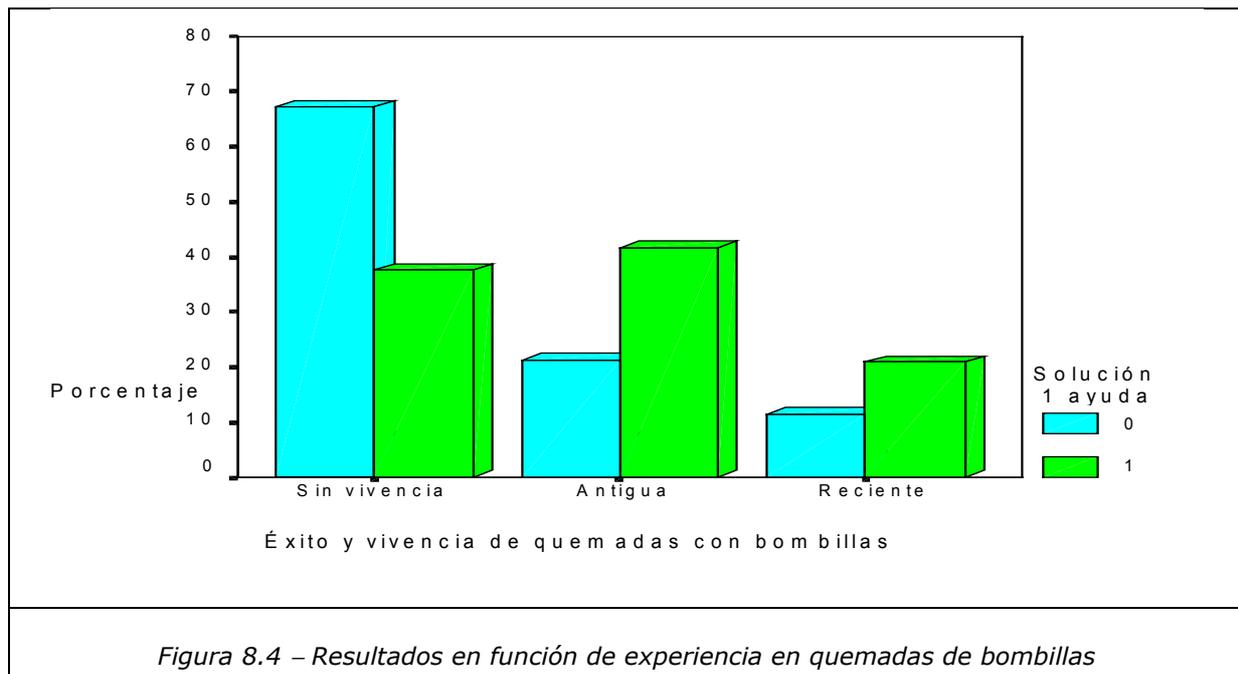
Aquí tomaremos el ítem 2 de la Encuesta de los participantes del Experimento núm. 3 porque nos interesa ver también la asociación con las ayudas sensoriales suministradas.

Entre los 85 participantes del Experimento núm. 3 que han recibido una primera ayuda sensorial, el 54% de ellos afirman que no se han quemado nunca con una bombilla. El 46% restante manifiesta que, por el contrario, han tenido alguna vivencia de quemada con bombillas (el 32% ya hace tiempo y el 14% hace poco). Las tablas de contingencia muestran diferencias significativas en la resolución con la primera ayuda:  $\chi^2 (2, N=85) = 6.291, p < 0.05$ .



Si analizamos la asociación entre la vivencia de quemadas con bombillas y la eficacia de una primera ayuda sensorial previa, observaremos —como era de esperar— diferencias en los resultados aún más acentuadas. Pero, atendiendo a que los efectivos de participantes con éxito son inferiores a 5 en cuatro de las casillas, no podemos extraer conclusiones con fiabilidad. Deberíamos basarnos en una muestra más grande.

Sin quemadas	Quemadas antiguas	Quemadas recientes
<b>21.9%</b>	<b>60%</b>	<b>50%</b>



### **Conclusiones – Quemadas con bombillas**

Los participantes sin vivencia de quemadas con bombillas tienen resultados significativamente inferiores a la media en la resolución con una sola ayuda del problema Bombillas.

Los participantes con vivencia de quemadas —con independencia de la antigüedad de la vivencia— obtienen resultados muy por encima de la media.

Al incrementar el número de ayudas, el resultado final obtenido no ve influido por la vivencia previa de quemadas con bombillas. Las ayudas sensoriales y verbales suministradas son eficaces con independencia de la vivencia previa de los participantes con el calor de las bombillas y hacen que el conocimiento necesario para resolver el problema Bombillas quede equitativamente repartido.

### **8.4 Correlación entre las diferentes resoluciones *insight***

Nuestra hipótesis es que la capacidad de resolver un problema de *insight* no faculta para resolver otros problemas de *insight*.

Conseguir acceder al concepto clave del problema Bombillas no nos garantiza que seamos estadísticamente más capaces de acceder al concepto clave del problema Copas, del problema Cartulina o cualquier otro similar, ni viceversa.

Ni en las soluciones sin ayudas ni en las soluciones finales con cualquier secuencia de ayudas se observan aplicando la  $\rho$  de Spearman correlaciones significativas entre los tres problemas de *insight* —Copas, Cartulina y Bombillas— que componen el Experimento núm. 3.

### ***Conclusiones sobre la resolución problemas de insight***

La capacidad para resolver un problema de comprensión súbita (*insight*) no se transfiere necesariamente a un segundo problema del mismo tipo. Las personas más aptas para solucionar un determinado problema con componentes de *insight* no serán necesariamente las más aptas por resolver un nuevo problema de *insight*.