

PEREDA MARIN
U3
22C
9

8 El control experimental

hojas: 12

- 2.2. Unidades de medida.
- 2.3. Validez de los instrumentos y/o de la medida.
- 2.4. Fiabilidad de los instrumentos y/o de la medida.
- 2.5. Sensibilidad de los instrumentos y/o de la medida.
- 3. ¿Qué factores, variables, de los que van a estar presentes en la investigación pueden influir en la conducta que voy a estudiar?
La respuesta permitiría conocer las variables relevantes del experimento.
 - 3.1. Relativas a los sujetos.
 - 3.2. Relativas al ambiente.
 - 3.3. Relativas a la propia situación experimental.
- 4. ¿Cuál o cuáles de esos factores, variables, quiero estudiar como causa de los cambios que aparezcan en la conducta?
La respuesta a esta pregunta permitiría conocer la/s variable/s independiente/s de la investigación.
 - 4.1. Nivel de manipulación que soporta/n.
 - 4.2. Valores óptimos para maximizar la varianza primaria.
 - 4.3. Número idóneo de valores a emplear.
- 5. ¿Cómo se pueden controlar el resto de las variables incluidas en el punto 3; esto es, el resto de las variables relevantes?
La respuesta a esta pregunta nos permitiría conocer las variables contaminadoras y las técnicas de control más idóneas para cada una de ellas.

Una vez respondidas todas estas preguntas, se estará en condiciones de:

- a) Formular correctamente la hipótesis que se va a probar.
- b) Elegir el diseño más adecuado en función de los medios y sujetos de que se dispone.
- c) Decidir la técnica más adecuada de análisis de datos en función del diseño empleado y del nivel de medida de la variable dependiente.

1. Introducción

¿Cómo se puede saber que el factor manipulado es realmente la causa que produce los efectos observados en la variable dependiente? La relación causal entre la variable independiente y la variable dependiente, que se induce de las diferencias observadas en la segunda a partir de los cambios introducidos en la primera, puede no ser tal; es más, puede no existir, y los cambios observados en la variable dependiente pueden ser debidos a alguna otra variable que, actuando conjuntamente con la independiente, ha dado lugar a los resultados que se interpretan como claros exponentes de la relación existente entre la variable independiente y la dependiente. ¿Cómo se puede estar seguro de que no ha ocurrido algo así?

Sabemos ya, por lo estudiado en capítulos anteriores, que en un experimento hay una serie de factores extraños, llamados variables contaminadoras, que pueden estar haciendo que los resultados obtenidos en el experimento estén contaminados.

Los problemas que resultan de llevar a cabo un experimento contaminado pueden ser más importantes de lo que a primera vista parece. Así, si los resultados de un experimento crítico incluyen alguna variable contaminadora no detectada y, por tanto, no controlada, las consecuencias empíricas, lógicas y teóricas que se derivan de los resultados de dicho experimento son a veces tan difíciles de detectar, que unos resultados experimentales contaminados pueden ser aceptados como válidos por el mundo científico durante un largo periodo de tiempo. Como consecuencia de esta dificultad que, a menudo, presenta el descubrir una variable contaminadora no controlada, esos resultados contaminados ejercen una perniciosa influencia sobre el desarrollo de las investigaciones posteriores en un área determinada de la ciencia.

Así pues, si se quiere llevar a cabo un buen experimento, es fundamental que se identifiquen y controlen las posibles variables contaminadoras para evitar posibles malas interpretaciones de los resultados. Es, por ello, por lo que el investigador debe dedicar sus esfuerzos, en primer lugar, a detectar y controlar esas variables contaminadoras. En este capítulo vamos a estudiar cuáles son las principales fuentes de variables contaminadoras en la investigación psicológica, las técnicas de que dispone el experimentador para controlar sus efectos y los problemas que plantea dicho control.

Al acabar un experimento, el investigador se encuentra con una serie de puntuaciones en la variable dependiente, puntuaciones que variarán unas de otras. A la variabilidad existente entre dichas puntuaciones se le denomina *varianza total*.

Esta variabilidad puede haber sido producida por los efectos de los distintos tratamientos experimentales, por los efectos de algunas variables contaminadoras o por la influencia conjunta de ambos tipos de variables. Se llama *varianza primaria* a la variabilidad sistemática producida por los distintos tratamientos experimentales; *varianza secundaria*, a la variabilidad sistemática producida por alguna variable contaminadora, y *varianza error*, a la variabilidad producida en los resultados experimentales por factores aleatorios, imprevistos e inconsistentes.

En un experimento se pueden presentar las siguientes situaciones:

- a) $\text{Varianza total} = \text{Varianza primaria}$.

Sería la situación óptima, ya que indicaría que se había conseguido la constancia absoluta. Es decir, que en el experimento sólo varió la variable independiente, que las demás variables relevantes desaparecieron y que los instrumentos de medida son perfectos. Esta situación, por supuesto, no pasa de ser una utopía.

- b) $\text{Varianza total} = \text{Varianza secundaria}$.

$\text{Varianza total} = \text{Varianza secundaria} + \text{Varianza error}$.

Ocurren estas situaciones cuando la variable independiente no ha producido ningún efecto sobre la dependiente y las diferencias encontradas entre los distintos grupos experimentales son meramente aleatorias y/o debidas a alguna variable contaminadora que no ha sido debidamente controlada. Puede darse esta situación cuando se utilizan instrumentos de medida poco fiables o cuando se lleva a cabo un experimento en forma poco cuidadosa.

- c) $\text{Varianza total} = \text{Varianza error}$.

En este caso, el experimento ha estado perfectamente controlado. La variable independiente no ejerce ningún efecto sobre la dependiente y, por tanto, no aparecen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados finales del experimento, ya que las únicas diferencias existentes entre las distintas medidas de la variable dependiente serán meramente aleatorias.

- d) $\text{Varianza total} = \text{Varianza primaria} + \text{Varianza secundaria} + \text{Varianza error}$.

$\text{Varianza total} = \text{Varianza primaria} + \text{Varianza secundaria}$.

Son las situaciones que corresponden a experimentos contaminados en los que la variabilidad encontrada en la variable dependiente es debida a los efectos conjuntos de la variable independiente, de una o varias variables contaminadoras no controladas y de las variables que han actuado en el experimento de forma aleatoria e inconsistente.

- e) $\text{Varianza total} = \text{Varianza primaria} + \text{Varianza error}$.

Es la mejor situación a la que se puede aspirar en la investigación psi-

cológica, ya que es aquella en que las diferencias encontradas entre los grupos experimentales son debidas a los distintos efectos producidos por los diferentes tratamientos experimentales y a los efectos inconsistentes y aleatorios que, en algún momento, han actuado conjuntamente con la variable independiente. No se debe olvidar, al respecto, que los efectos de estos factores aleatorios están presentes en todas las investigaciones, incluso en las más cuidadosamente realizadas, pues siempre hay algún error aleatorio en las medidas que se llevan a cabo, tal y como explica la teoría de la medida en Psicología.

Es más, aparte de dichos errores aleatorios que, por serlo, no influyen sistemáticamente en los resultados de la investigación, y, por tanto, no la contaminan, hay siempre, incluso en el experimento más cuidadosamente realizado, otra serie de factores que el investigador no puede controlar (estado de ánimo de los sujetos, por ejemplo) y que producen un error aleatorio en los resultados de la investigación. El experimentador, a lo más que puede aspirar es a minimizar la influencia de dichos factores aleatorios, nunca a eliminarlos totalmente.

El experimentador deberá elegir un diseño con el que tienda a:

1. *Maximizar la varianza primaria.* Es decir, hacer que el efecto de la variable independiente sobre la dependiente sea lo más puro y fuerte posible. Para ello puede utilizar diversas técnicas, como son:
 - Utilizar, si los conoce, valores óptimos de la variable independiente. De esta forma, estará más seguro de comprobar sus efectos sobre la variable dependiente.
 - Utilizar el mayor número posible de tratamientos experimentales, si, como ocurre en la mayoría de las ocasiones, desconoce esos valores óptimos. Estará, de esta forma, más seguro de descubrir cómo es el efecto real de la variable independiente sobre la dependiente.
 - Utilizar valores extremos de la variable independiente, si no puede emplear, en su investigación, más que dos valores de la misma. De esta forma, estará más seguro de comprobar sus posibles efectos sobre la variable dependiente, aunque, como veremos al explicar los diseños multigrupos, esta técnica puede dar lugar también a resultados equivocados.
2. *Controlar la varianza secundaria.* Es decir, controlar los efectos de las variables contaminadoras. Para ello se podrán utilizar las técnicas que vamos a estudiar en este mismo capítulo, o bien, si ello no es posible, alguna de las técnicas estadísticas de control, como el análisis de covarianza.
3. *Minimizar la varianza error.* Es decir, intentar que sean mínimos los efectos de las variables aleatorias que constituyen esas fuentes de errores aleatorios de que hemos hablado antes. Para ello el experimentador debe:

dola variar sistemáticamente y haciéndola adoptar, por lo menos, dos valores: ausencia y presencia.

- b) Un experimentador controla las variables contaminadoras de su experimento cuando es capaz de eliminarlas o, si esto no es posible, cuando las mantiene constantes, evitando, de esa forma, que provoquen efectos diferenciales sobre la variable dependiente en los distintos grupos experimentales, contaminando su experimento.

Es decir, que se puede entender por control experimental, tal y como afirma Townsend, la capacidad para producir fenómenos bajo condiciones puras, regulando su entorno.

Para ello es necesario:

- Aislar y determinar el fenómeno que se va a estudiar (la variable dependiente).
- Enumerar todas las variables relevantes que puedan afectar a ese fenómeno.
- Elegir una o varias de ellas y utilizarlas como variables independientes.
- Pasar a considerar el resto de las variables relevantes como variables contaminadoras (se conseguirían condiciones totalmente puras si se lograsen eliminar todas esas variables contaminadoras).
- Controlar la/s variable/s independiente/s manipulándola/s.
- Controlar las variables contaminadoras manteniéndolas, al menos, constantes.

Cuando no se controlan adecuadamente las variables contaminadoras, el experimento está contaminado, esto es, la contaminación ocurre, según McGuigan (1960), cuando una variable contaminadora está sistemáticamente relacionada con la variable independiente y puede afectar diferencialmente a la calificación de los distintos grupos experimentales en la variable dependiente.

Dentro del proceso de control de las variables contaminadoras, el primer paso será, pues, identificar y enumerar las que pueden estar presentes en la situación experimental, siendo el paso siguiente comprobar cuáles de las mismas se pueden controlar.

Cuando no sea posible, porque sea demasiado costoso en tiempo, esfuerzo y dinero controlar directamente todas las posibles variables contaminadoras, el experimentador deberá decidir cuáles controlar directamente y cuáles dejar fluctuar al azar, suponiendo que al ser «sacadas al azar», estas variables afectarán a todos los grupos de igual modo. Ahora bien, la forma más correcta de llevar a cabo un experimento es controlando todas las posibles variables contaminadoras de forma directa.

Boring (1954) da tres acepciones de la palabra «control»:

- *Es una verificación.* Porque ayuda a ver las diferencias existentes entre los distintos grupos experimentales.

- *Es una restricción de condiciones.* Ya que obliga a mantener constantes todas las variables contaminadoras al no ser posible quedarse sólo con las variables independiente y dependiente.
- *Es una guía para la manipulación de la variable independiente.*

3. Tipos de constancia

Sabemos que toda la teoría del método experimental gira en torno a la constancia en la investigación y al control de las variables contaminadoras.

Ahora bien, en Psicología, como en el resto de las ciencias biológicas y sociales, la constancia que se persigue no es absoluta, sino práctica. Veamos más detenidamente cada uno de estos dos tipos de constancia.

3.1. Constancia ideal o absoluta

La constancia ideal consiste en igualar idénticamente en cantidad y en cualidad todos los factores o condiciones que intervienen en el experimento, en la situación experimental.

Sin embargo, en Psicología es imposible llegar a conseguir en una investigación una constancia absoluta o ideal. Hay dos razones para que ello sea así:

- a) La constancia ideal, absoluta, requiere que se obtenga una medida exacta de cada factor o variable.

Si se piensa un momento en los factores que se manejan en la investigación psicológica, como memoria, aptitudes, motivación, etc., se verá que no hay posibilidades de obtener una medida exacta de estos aspectos.

- b) La segunda razón por la que no se puede llegar a alcanzar una constancia absoluta es por el hecho de que algunos factores presentes en la investigación varían según el experimento progresa.

Para poder solucionar este problema sería necesario que todos los factores se mantuviesen constantes en todos los sujetos a lo largo del experimento, y esto no ocurre así.

El efecto más claro de los cambios de este tipo que se pueden producir son los de la fatiga y el aprendizaje sobre el rendimiento de los sujetos en una tarea determinada.

Ahora bien, si esta constancia ideal no puede lograrse, ¿tendríamos que concluir que la experimentación no es posible en muchos campos de la ciencia? No, porque afortunadamente no es necesario llegar a conseguir esta constancia absoluta para poder experimentar, ya que hay una segunda forma de constancia, la que se denomina *constancia práctica*.

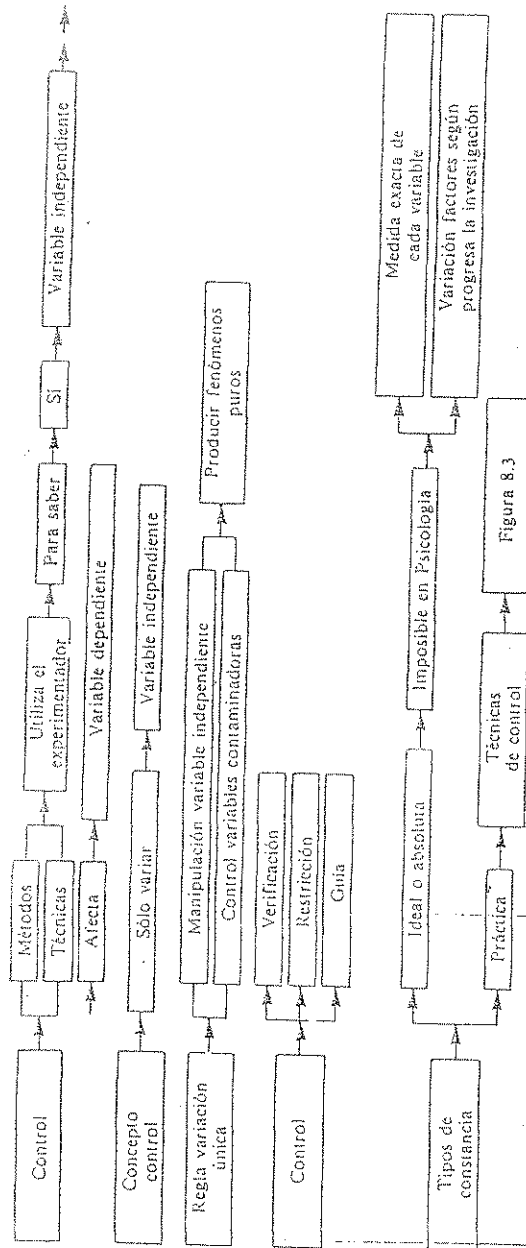


Figura 8.2.—Concepto de control.

todos de equiponderación o contrabalanceo que estudiaremos un poco más adelante en este mismo capítulo.

Así pues, en este tipo de situación experimental, el experimentador sólo deberá tener en cuenta las variables propias de los sujetos a la hora de muestrear para asegurar la representatividad de su muestra, y a la hora de generalizar sus conclusiones para conocer las limitaciones que debe imponer a las mismas.

3. El tercer y último tipo de situación experimental que nos podemos encontrar es la que se denomina Mixta o Situación Experimental de tipo III.

Se va a dar esta situación cuando en un experimento alguna variable independiente se estudie con medidas independientes y las restantes con medidas repetidas, tal y como ocurre en algunos tipos de diseños factoriales que estudiaremos en su momento.

5. Fuentes de variables contaminadoras

Hemos hablado, hasta ahora, de lo que es una variable contaminadora, de cómo el método experimental se basa en el control de dichas variables a fin de impedir que contaminen el experimento y de los tipos de situaciones experimentales que se pueden encontrar y en función de las cuales pueden actuar unas u otras variables contaminadoras.

Estaremos de acuerdo en que, en Psicología, es tan abundante el número de potenciales variables contaminadoras, que se hace difícil controlarlas todas. Vamos, en este apartado, a dar un rápido vistazo a las principales fuentes de variables contaminadoras por dos razones:

- a) Aunque la mayoría son obvias, esta revisión de las mismas ayudará al lector a tenerlas más presentes cuando planifique una investigación.
- b) En función de la fuente de que procede la variable contaminadora será más apropiada una u otra técnica de control.

Anderson y Borkowski (1978) hacen una clasificación de las fuentes de variables contaminadoras en las que las dividen en:

1. Variables situacionales.
 - 1.1. Condiciones ambientales.
 - 1.2. Aspectos de la tarea.
 - 1.3. Instrumentación.
 - 1.4. Instrucciones.
 - 1.5. Experimentador.
2. Variables de sujeto.

138 6 138

Simplemente, diremos que las dos técnicas de control más idóneas para controlar las variables contaminadoras provenientes de la fuente «experimentador» son:

- a) Eliminación.
- b) Constancia.

5.3. Variables de procedimiento

Se incluyen, en este apartado, todas aquellas variables que se refieren a aspectos del ambiente, la tarea experimental, las instrucciones, etc., que, de una u otra forma, pueden interactuar con la variable independiente confundiendo sus efectos sobre la variable dependiente y contaminando los resultados de la investigación.

5.3.1. Condiciones ambientales

Los aspectos del ambiente, tales como la iluminación, humedad, ruidos, temperatura, etc., pueden variar de un grupo experimental a otro, haciendo que los efectos de dicha variación se confundan con los de la variable independiente e invalidando, por tanto, los resultados de la investigación.

Dentro de estas variables contaminadoras tiene, en determinados experimentos, mucha importancia la forma de presentación del material. Supongamos, por ejemplo, que se quiere estudiar si una rata es capaz de distinguir entre una luz de color rojo y otra de color verde a la hora de presionar una palanca y obtener una recompensa.

Para ello, se introduce a la rata en una caja y se le presentan una luz verde a la izquierda y una luz roja a la derecha.

Si la rata presiona una barra al encenderse la luz verde, recibe una bola de alimento. Si presiona la barra al encenderse la luz roja no recibe el alimento.

Al final del experimento se comprueba que la rata ha presionado un número significativamente mayor de veces la barra al encenderse la luz verde que al encenderse la luz roja.

Sin embargo, el experimento está contaminado, ya que al presentarse siempre la luz verde a la izquierda y la luz roja a la derecha no se sabe si la rata ha discriminado entre el color de las luces o entre las distintas posiciones de las mismas.

5.3.2. Aspectos de la tarea

Algunas características de la tarea, tales como la manera de responder los sujetos, que no forman parte de la variable independiente manipulada, pueden variar de un grupo experimental a otro influyendo en los resultados de los sujetos y contaminando la investigación.

Supongamos, por ejemplo, que se lleva a cabo una investigación sobre la in-

fluencia que el ambiente socioeconómico tiene en la inteligencia de los sujetos.

Se seleccionan varios grupos de sujetos: uno de clase socioeconómica alta, otro de clase media-alta, un tercero de clase media-baja y un cuarto de clase baja, y se les pasa, a todos ellos, una determinada prueba de inteligencia.

El investigador ha calculado mal y se le terminan las hojas de respuesta que estaba utilizando y que eran para corrección manual, por lo que a los sujetos del grupo de clase media-alta les aplica la prueba haciéndoles responder en hojas de respuesta para corrección por lectora óptica, hojas que implican una tarea diferente por parte de los sujetos. Los resultados del experimento estarían contaminados y no serían válidos.

5.3.3. Instrucciones

Muchas de las tareas que los sujetos realizan en el experimento van a depender de las instrucciones que se les den y de que comprendan perfectamente dichas instrucciones. Las instrucciones se convierten, por ello, en una potencial fuente muy importante de contaminación de los experimentos. Por ejemplo, al dar las instrucciones a los sujetos se puede, inadvertidamente, revelarles cuál es la hipótesis que se está probando con el experimento y, como consecuencia de ello, influir en su rendimiento.

El principal problema que se plantea al elaborar las instrucciones de un experimento es el de cómo proporcionar a los sujetos toda la información que necesitan para poder realizar la tarea experimental sin revelarles el propósito del experimento.

Asimismo, al dar las instrucciones a dos grupos distintos de sujetos se debe tener sumo cuidado en no variarlas del uno al otro, ya que si, en muchas ocasiones, utilizando las mismas palabras, dos sujetos entienden cosas diferentes, mucho más fácilmente ocurrirá eso si se cambian algunas de las palabras de las instrucciones.

El control de las distintas variables contaminadoras del procedimiento se debe hacer, siempre que se pueda, empleando la técnica de la eliminación.

5.4. Aparatos

Los aparatos, los instrumentos empleados en el experimento, pueden variar entre sí en cuanto a su sensibilidad o fiabilidad, y pueden, con ello, introducir un error sistemático en los resultados de la investigación si no se controlan adecuadamente.

Es por ello por lo que antes de iniciar el experimento conviene revisar todos los aparatos que se vayan a emplear y confirmar su sensibilidad y fiabilidad.

Cuando se emplea más de un aparato, todos deben ser del mismo modelo, siempre que ello sea posible, aunque esto no evite el hacer la comprobación de que hemos hablado antes.

sancio, disminuir su interés por la tarea, ir aumentando su aburrimiento, ir perdiendo su deseo de participar en el experimento, enfadarse con el experimentador, etc.

La fatiga será, pues, el hastío del sujeto ante la situación experimental, así como su cansancio físico.

Como en el caso de la práctica, la presencia e importancia de las diversas formas de fatiga diferirán en función del tipo de investigación que se esté realizando.

La variable fatiga, indudablemente, actúa de alguna manera en todos los experimentos en que el sujeto pasa por todos los tratamientos experimentales, perjudicando su rendimiento a medida que transcurre el experimento.

Se llamará nivel de error progresivo a la cantidad de práctica y fatiga que genera en el sujeto el paso de cada tratamiento experimental.

El término «error progresivo» se emplea porque la cantidad de error que se introduce en un experimento en el que se emplean medidas repetidas va aumentando a medida que avanza la investigación, por lo que será mayor en el tercer tratamiento que en el segundo; en el cuarto que en el tercero, y así sucesivamente.

Es, por tanto, perfectamente adecuado el término «error progresivo».

Para controlar esta variable contaminadora se utilizan unas técnicas especiales denominadas métodos de equiponderación o contrabalanceo (Fig. 8.3).

6. Técnicas de control de variables contaminadoras

Hemos visto que en una investigación experimental nos podemos encontrar con una de tres situaciones: la que hemos llamado de tipo I, la que hemos llamado de tipo II y la situación tipo III o mixta. Cada tipo de situación, como estudiaremos más adelante, da lugar a diferentes tipos de diseño, y en cada una de ellas, como hemos estudiado, habrá que preocuparse por un tipo de variables contaminadoras y aplicar, en consecuencia, unas técnicas de control adecuadas a dichas variables. Vamos ahora a estudiar más detenidamente las técnicas de control más adecuadas a cada situación experimental.

6.1. Técnicas de control en situaciones experimentales de tipo I (intergrupos)

En una situación experimental de tipo I, como ya sabemos, a cada grupo de sujetos se le aplica un tratamiento experimental distinto y después se miden sus puntuaciones en la variable dependiente para determinar si la independiente tiene algún efecto sobre ella.

Lógicamente, la varianza intergrupos; esto es, las diferencias existentes entre los grupos experimentales antes de la aplicación de los tratamientos es una de las más importantes fuentes de contaminación en los experimentos de este tipo. En efecto, la presencia de diferencias pretratamiento entre los grupos experimentales puede dar lugar a que los resultados obtenidos en el experimento no sean debidos,

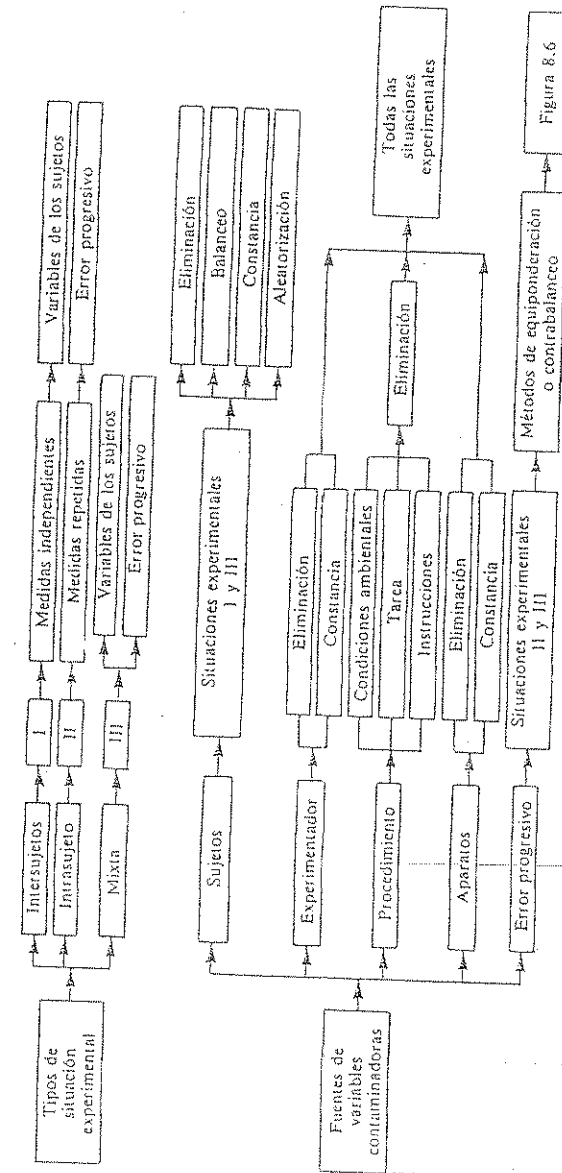


Figura 8.3.—Tipos de situación experimental y fuentes de variables contaminadoras.

rimental. Así, con 100 alumnos por grupo, 15 serían del grupo A (15 por 100), 35 pertenecerían al grupo MA (35 por 100), 35 al grupo MB (35 por 100) y 15 al grupo B (15 por 100).

Se habría conseguido, de esta forma, controlar la variable contaminadora «inteligencia» por la técnica del balanceo.

6.1.3. La constancia

Esta técnica es un caso particular de la del balanceo que acabamos de estudiar.

Cuando las variables contaminadoras no pueden eliminarse, se puede intentar mantenerlas constantes durante el transcurso del experimento. En esta técnica, el control significa esencialmente que, sea cual sea la variable contaminadora, unos mismos valores de la misma se presentan a cada grupo experimental. Es decir, con ello se hace que cada valor de la variable contaminadora afecte por igual a todos los grupos de sujetos.

Así pues, al aplicar esta técnica se mantendrán constantes los mismos valores de la variable que se pretende controlar en todos y cada uno de los grupos experimentales; es decir, todos y cada uno de los tratamientos experimentales van a estar sucesivamente afectados de la misma forma por cada valor de la variable contaminadora.

De esta forma, en el ejemplo que estamos utilizando del estudio de la influencia de los distintos métodos de enseñanza sobre el rendimiento de los alumnos de EGB, la inteligencia, que era una potencial variable contaminadora, se puede controlar aplicando la técnica de la constancia haciendo que cada grupo experimental estuviese compuesto por una misma cantidad de sujetos de cada grupo de inteligencia; en nuestro caso 25 A, 25 MA, 25 MB y 25 B.

De igual manera, si el 50 por 100 de los sujetos de cada grupo experimental fueran varones y el otro 50 por 100 fuesen mujeres, se habría controlado la variable «sexo de los sujetos» por constancia.

Veamos otro ejemplo con variables que proceden del propio procedimiento experimental, no de los sujetos como los anteriores.

Supongamos que, en nuestro ejemplo, las clases se van a dar por la mañana o por la tarde, y se piensa que el hecho de que la clase se dé en uno u otro momento puede influir decisivamente en los resultados de la investigación. Por imposibilidad material no pueden darse todas las clases por la mañana o por la tarde, por lo que se hace que el 50 por 100 de los sujetos de cada grupo experimental se asignen, aleatoriamente, a las clases de mañana y el otro 50 por 100 a las clases de tarde. De esta forma se conseguiría mantener constante la posible influencia ejercida por la hora en que se da la clase.

Al aplicar esta técnica de control se ganan posibilidades de generalización de las conclusiones sobre la de eliminación, aunque se puede perder algo de seguridad en cuanto al control efectivo sobre las variables contaminadoras; sin embargo, sus posibilidades de generalización, en el caso de variables contaminadoras de sujeto, son menores que cuando se aplica la técnica del balanceo, ya que en el caso de esta

última se mantenían en la muestra, tal y como hemos explicado, los porcentajes existentes en la población de cada variable contaminadora.

En definitiva, se puede afirmar que la constancia es una técnica totalmente válida para llegar a alcanzar la constancia práctica en un experimento.

Es necesario resaltar aquí el confusiónismo existente entre las terminologías empleadas por los distintos autores al hablar de las técnicas de control.

Así algunos autores, como McGuigan (1960), dejan reducido el término «eliminación» sólo para aquellos casos en que desaparece la variable de la investigación (se la elimina). Por ejemplo, la variable contaminadora «luz» se controlaría por eliminación dejando la sala a oscuras.

El término «constancia» se reservaría, según estos autores, a las situaciones en que a los grupos experimentales se les aplica un solo valor de la variable contaminadora. Así, por ejemplo, la variable contaminadora «sexo de los sujetos» se controlaría por constancia utilizando en el experimento sólo varones o sólo mujeres.

Por último, el término «balanceo» englobaría a los que yo he llamado «balanceo» y «constancia».

Pienso que esta terminología no es adecuada en Psicología, pues la eliminación y la constancia vendrían a ser lo mismo, ya que, en efecto, en el caso de la eliminación, a todos los sujetos se les presentaría el mismo valor de intensidad de luz: cero, tal y como ocurriría en el caso de la variable «sexo de los sujetos», al utilizar sólo varones o mujeres.

Por otro lado, si la característica fundamental de una variable es la de que pueda variar y en la investigación que se lleva a cabo se le deja reducida a un solo valor, se le impide que varíe, se la ha eliminado de la investigación como tal variable.

Es, por ello, por lo que considero más adecuada y menos confusa la terminología que he preservado que la empleada por McGuigan y otros autores, y por eso será la que emplee a lo largo de esta obra.

6.1.4. La aleatorización

Consiste en confiar al azar la distribución equivalente de las variables contaminadoras entre todos los grupos de sujetos del experimento.

En definitiva, lo que se supone es que el azar se encarga de poner en manos del experimentador grupos equivalentes y homogéneos.

Al igual que para obtener una muestra representativa de una población se utilizaba la técnica del azar, el azar puede también ser utilizado, en los trabajos de investigación, para igualar los grupos experimentales antes de aplicar los tratamientos.

En la eficacia del método de la aleatorización influye de forma decisiva el tamaño de la muestra.

Cuando la muestra es pequeña, la aleatorización es poco fiable y plantea serias dudas en cuanto a la constancia de las variables contaminadoras, ya que al emplear pocos sujetos se pueden haber introducido, inadvertidamente, diferencias significativas entre los grupos en alguna característica de importancia.

\bar{Y}_{a_1} = efectos de a_1 + 0 unidades de error progresivo.
 \bar{Y}_{a_2} = efectos de a_2 + 1 unidad de error progresivo (la generada por a_1),
 o planteado de otra forma:

a_1	a_2
0	1

luego el experimento estaría contaminado, pues los efectos de a_2 vendrían afectados por una unidad de error progresivo, mientras que los de a_1 no estarían afectados por dicho error (Fig. 8.4).

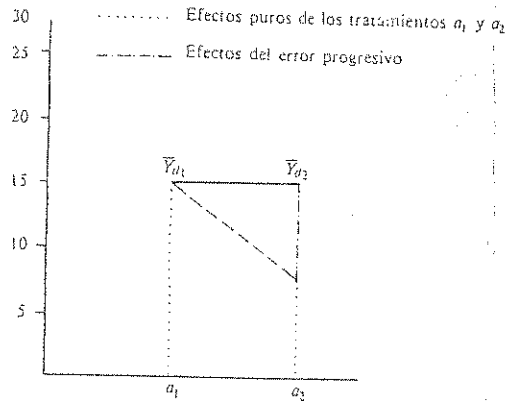


Figura 8.4.—Efectos del error progresivo.

En la figura 8.4 se ve claramente cómo el error progresivo ha provocado unos resultados totalmente erróneos en la investigación. Pásemos ahora a estudiar los distintos métodos de equiponderación.

6.2.2. Clasificación de los métodos de equiponderación

Se pueden clasificar los métodos de equiponderación de la forma siguiente:

- a) Método de equiponderación intrasujeto (método $a_1 a_2 a_1 a_1$).
- b) Métodos de equiponderación intersujetos.
 1. Método $a_1 a_2 a_1 a_1 a_2 a_1 a_2$.
 2. Método de equiponderación total (contrabalanceo completo).
 3. Métodos de equiponderación parcial (contrabalanceo incompleto).

- Sistemática.
- Aleatoria.

4. Método aleatorio total (aleatorización total).

Al utilizar el método de equiponderación intrasujeto, el error progresivo está controlado, equiponderado, en cada sujeto del experimento. Por el contrario, al emplear los métodos de equiponderación intersujetos, el error progresivo queda equiponderado, controlado, al considerar las puntuaciones del grupo de sujetos en su conjunto.

6.2.3. Método de equiponderación intrasujeto

El método de equiponderación intrasujeto se expresa mediante la secuencia $a_1 a_2 a_1 a_1$, y su finalidad es distribuir de forma equivalente los niveles o unidades de error progresivo entre los diferentes tratamientos experimentales.

El método de equiponderación intrasujeto se basa en el supuesto de que cada tratamiento experimental genera la misma cantidad de error progresivo y del mismo signo.

Es decir, la práctica y la fatiga adquiridas por el sujeto en el tratamiento a_1 son iguales a la práctica y la fatiga adquiridas por el sujeto en el tratamiento a_2 .

Siempre que no se indique lo contrario, se puede suponer que esta inferencia de que cada tratamiento genera las mismas unidades de error progresivo y del mismo signo, se cumple en el experimento en cuestión.

La secuencia del método de equiponderación intrasujeto viene determinada por el número de tratamientos experimentales de que consta el experimento.

Con dos tratamientos experimentales

En este tipo de experimento existirían los tratamientos a_1 y a_2 , y la secuencia sería, por tanto, $a_1 a_2 a_1 a_1$.

Si todos los sujetos pasasen primero por el tratamiento experimental a_1 y después por el tratamiento a_2 , los resultados obtenidos en este segundo tratamiento vendrían afectados por la práctica y la fatiga generados por el paso del tratamiento a_1 .

Estos efectos diferenciales del error progresivo pueden evitarse utilizando la secuencia explicada anteriormente: $a_1 a_2 a_2 a_1$, en la que las puntuaciones de cada sujeto en la variable dependiente bajo los dos tratamientos a_1 se unirían, así como las puntuaciones de cada sujeto en la variable dependiente bajo cada tratamiento a_2 .

De esta forma, en el primero de los dos a_1 , el nivel de error progresivo es, por supuesto, 0, es decir, el sujeto o grupo de sujetos no tienen práctica en la realización de la tarea ni pueden tampoco acusar los efectos de la fatiga.

En el primero de los dos a_2 existe una unidad de error progresivo. En el tercer

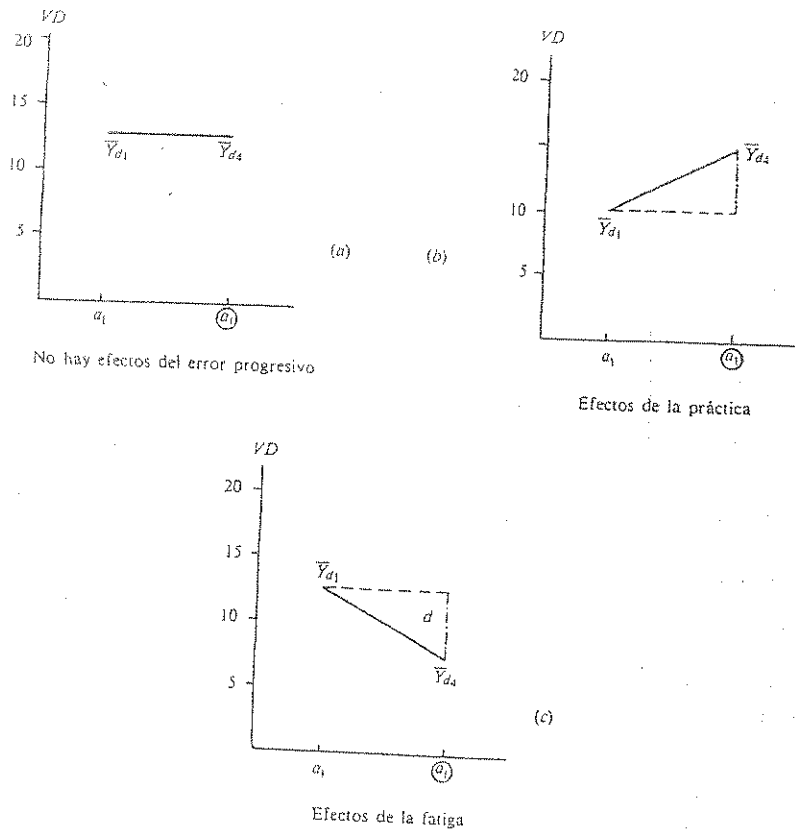


Figura 8.5.—Comprobación de los efectos del error progresivo.

A continuación, habría que comprobar que el paso de a_1 a a_2 genera la misma cantidad de error progresivo que el paso de a_2 a a_1 . Para ello, se actuaría de la forma siguiente:

- Secuencia $a_1 a_2$
 $|\bar{Y}_{a_1} - \bar{Y}_{a_2}| = d_1$
- Secuencia $a_2 a_1$
 $|\bar{Y}_{a_2} - \bar{Y}_{a_1}| = d_2$

Habría que comprobar si entre d_1 y d_2 existen o no diferencias significativas. Si dichas diferencias significativas no existen, es decir, que la posible diferencia encontrada entre d_1 y d_2 es aleatoria, los dos tratamientos habrán generado la misma

cantidad de error progresivo y se podrá aplicar el método de equiponderación intrasujeto.

Si, por el contrario, d_1 y d_2 presentan diferencias estadísticamente significativas, los efectos del error progresivo no son iguales en ambos tratamientos y no se podrá utilizar el método de equiponderación intrasujeto. Así pues, ¿cuándo se puede aplicar el método de equiponderación intrasujeto? Sencillamente, cuando:

- a) *Los tratamientos experimentales son pocos.* Puesto que al aumentar el número de tratamientos, las secuencias se hacen mucho más largas, existiendo en esos casos otros métodos que ahorran tiempo y trabajo, por lo que no se debe aplicar este método con más de cuatro tratamientos experimentales, aunque sí se pueda hacerlo.
- b) *Los tratamientos experimentales son de poca duración.* Si no es así, las secuencias se harían interminablemente largas para los sujetos, siendo aconsejable, en esos casos, emplear otros métodos de equiponderación.
- c) *Los tratamientos experimentales no producen efectos irreversibles.* Existen casos en los que la tarea que deben realizar los sujetos o alguna otra variable del experimento, produce efectos irreversibles en los mismos. Por ejemplo, en el caso de que se estuviesen estudiando los efectos que producen en el rendimiento de los sujetos las instrucciones recibidas; al darles las segundas instrucciones no se puede borrar el efecto producido por las primeras. Se dice entonces que los efectos de las primeras instrucciones sobre las segundas son irreversibles.
- d) *La cantidad de error progresivo generada es la misma en todos los tratamientos experimentales.*
- e) *Los efectos del error progresivo son simétricos.*

6.2.4. Métodos de equiponderación intersujetos

6.2.4.1. Método $a_1 a_2 a_2 a_1 - a_2 a_1 a_1 a_2$

Se utiliza este método cuando aparecen efectos asimétricos del error progresivo.

Consiste en dividir al grupo de sujetos en dos subgrupos iguales distribuyéndolos de forma aleatoria entre ellos. A continuación, también de forma aleatoria, se asigna a uno de los subgrupos (G_1) la secuencia $a_1 a_2 a_2 a_1$ y al otro (G_2) la secuencia $a_2 a_1 a_1 a_2$.

Se necesitaría, pues, un número de sujetos igual a 2 o a un múltiplo de 2.

Se obtendrán las medias de las puntuaciones de los sujetos en la variable dependiente bajo a_1 y a_2 en cada uno de los subgrupos.

16
20

- $a_1 a_2 a_3$
- $a_1 a_3 a_2$
- $a_2 a_1 a_3$
- $a_2 a_3 a_1$
- $a_3 a_1 a_2$
- $a_3 a_2 a_1$

¿Cumplen estas secuencias los requisitos que hemos dicho debería respetar el investigador al aplicar el método de equiponderación total?

- a_1 aparece dos veces en cada nivel de práctica.
- a_2 aparece dos veces en cada nivel de práctica.
- a_3 aparece dos veces en cada nivel de práctica.

luego sí se cumple el primer requisito.

- a_1 precede y sigue tres veces a a_2 .
- a_1 precede y sigue tres veces a a_3 .
- a_2 precede y sigue tres veces a a_3 .
- a_1 precede y sigue una vez a $a_2 a_3$.
- a_1 precede y sigue una vez a $a_3 a_2$.
- a_2 precede y sigue una vez a $a_1 a_3$.
- a_2 precede y sigue una vez a $a_3 a_1$.
- a_3 precede y sigue una vez a $a_1 a_2$.
- a_3 precede y sigue una vez a $a_2 a_1$.

luego también se cumple el segundo requisito.

Si ahora se procede como con el método de equiponderación intrasujeto, y no olvidando que cada tratamiento genera la misma cantidad de error progresivo, se hace la gráfica de unidades de error que afectan a cada tratamiento, veremos que a todos les corresponde la misma cantidad:

$$\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a_1 & a_3 & a_2 \\ 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a_2 & a_1 & a_3 \\ 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a_3 & a_2 & a_1 \\ 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= 0 + 0 + 1 + 2 + 1 + 2 = 6 \\ a_2 &= 1 + 2 + 0 + 0 + 2 + 1 = 6 \\ a_3 &= 2 + 1 + 2 + 1 + 0 + 0 = 6 \end{aligned}$$

18
24

$$\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a_3 & a_2 & a_1 \\ 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

es decir, que cada tratamiento experimental soporta seis unidades de error progresivo. Luego se ha conseguido repartir por igual entre todos los tratamientos experimentales los efectos del error progresivo.

Se necesitarían, para llevar a cabo el experimento, seis sujetos o un múltiplo de seis. Si, por ejemplo, hubiese 60 sujetos se asignarían, aleatoriamente, 10 a cada secuencia.

Puede ocurrir que a lo largo del experimento se pierdan algunos sujetos y ya hemos dicho que es necesario que en cada secuencia haya un mismo número de sujetos, pues si no ocurre así, no quedaría controlado el error progresivo. ¿Qué hacer en ese caso?

Sencillamente, se eliminarían sujetos de las restantes secuencias, en forma aleatoria, hasta que quedase el mismo número en todas. Por ejemplo:

- $a_1 a_2 a_3$ citados 10, presentados 10, eliminados 3, quedarían 7.
- $a_1 a_3 a_2$ citados 10, presentados 8, eliminado 1, quedarían 7.
- $a_2 a_1 a_3$ citados 10, presentados 10, eliminados 3, quedarían 7.
- $a_2 a_3 a_1$ citados 10, presentados 10, eliminados 3, quedarían 7.
- $a_3 a_1 a_2$ citados 10, presentados 7, eliminados 0, quedarían 7.
- $a_3 a_2 a_1$ citados 10, presentados 9, eliminados 2, quedarían 7.

A continuación se unirían las puntuaciones de todos los sujetos en la variable dependiente bajo el tratamiento a_1 , y se obtendría \bar{Y}_{da1} ; las puntuaciones bajo el tratamiento a_2 , y se obtendría \bar{Y}_{da2} ; y las puntuaciones de todos los sujetos bajo el tratamiento a_3 , proporcionaría \bar{Y}_{da3} .

\bar{Y}_{da1} , \bar{Y}_{da2} e \bar{Y}_{da3} vendrían afectadas por la misma cantidad de error progresivo, por lo que se habría conseguido el objetivo de controlar dicha variable contaminadora.

Veamos, por último, un ejemplo con dos tratamientos experimentales: a_1 y a_2 . El número de secuencias sería:

$$2! = 2 \cdot 1 = 2$$

a saber,

- $a_1 a_2$
- $a_2 a_1$

El número de sujetos que se necesitaría sería de dos o un múltiplo de dos. Si los sujetos fuesen dos, se asignarían, aleatoriamente, uno a cada secuencia; si el nú-

6.2.4.3.1. Equiponderación parcial sistemática

En este método de equiponderación parcial, las secuencias de tratamientos experimentales son seleccionadas deliberadamente por el experimentador cuidando de que cumplan el requisito básico del método de equiponderación parcial o los requisitos cuando el número de tratamientos experimentales es par.

6.2.4.3.2. Equiponderación parcial aleatoria

En este caso, las secuencias son elegidas aleatoriamente por el investigador cuidando de que cumplan el requisito básico del método de equiponderación parcial o los requisitos si el número de tratamientos experimentales es par.

Para hacer la selección al azar de las secuencias, pueden utilizarse distintos procedimientos, siendo el más comúnmente utilizado el de asignar un número diferente a cada secuencia posible y, mediante las tablas de números al azar, ir obteniendo números hasta conseguir el grupo de secuencias idóneo. Cuando aparezca alguna secuencia que impida cumplir el requisito o los requisitos del método de equiponderación parcial, se eliminará y se obtendrá otra en su lugar.

Se observa, pues, que las dos formas del método de equiponderación parcial difieren entre sí, únicamente, en el modo de obtener las secuencias que se van a utilizar en el experimento.

Veamos ahora un ejemplo en el que se aplicasen el método de equiponderación total y los métodos de equiponderación parcial en un experimento con cuatro tratamientos experimentales: a_1, a_2, a_3 y a_4 .

Si se aplicase el método de equiponderación total, se necesitarían todas las posibles secuencias, el número total de las cuales sería:

$$r! = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 24 \text{ secuencias}$$

dichas secuencias serían:

$a_1 a_2 a_3 a_4$	$a_2 a_1 a_3 a_4$	$a_3 a_1 a_2 a_4$	$a_4 a_1 a_2 a_3$
$a_1 a_2 a_4 a_3$	$a_2 a_1 a_4 a_3$	$a_3 a_1 a_4 a_2$	$a_4 a_1 a_3 a_2$
$a_1 a_3 a_2 a_4$	$a_2 a_3 a_1 a_4$	$a_3 a_2 a_1 a_4$	$a_4 a_2 a_1 a_3$
$a_1 a_3 a_4 a_2$	$a_2 a_3 a_4 a_1$	$a_3 a_2 a_4 a_1$	$a_4 a_2 a_3 a_1$
$a_1 a_4 a_2 a_3$	$a_2 a_4 a_1 a_3$	$a_3 a_4 a_1 a_2$	$a_4 a_3 a_2 a_1$
$a_1 a_4 a_3 a_2$	$a_2 a_4 a_3 a_1$	$a_3 a_4 a_3 a_1$	$a_4 a_3 a_2 a_1$

Como se puede comprobar, todos los tratamientos soportan el mismo número de unidades de error progresivo que son:

$$a_1 = 6 \cdot 0 + 6 \cdot 1 + 6 \cdot 2 + 6 \cdot 3 = 0 + 6 + 12 + 18 = 36$$

$$a_2 = 6 \cdot 1 + 6 \cdot 2 + 6 \cdot 3 + 6 \cdot 0 = 6 + 12 + 18 + 0 = 36$$

$$a_3 = 6 \cdot 2 + 6 \cdot 3 + 6 \cdot 0 + 6 \cdot 1 = 12 + 18 + 0 + 6 = 36$$

$$a_4 = 6 \cdot 3 + 6 \cdot 0 + 6 \cdot 1 + 6 \cdot 2 = 18 + 0 + 6 + 12 = 36$$

Igualmente, se puede observar que se cumplen los dos requisitos que exige el método de equiponderación total:

- Cada tratamiento experimental aparece el mismo número de veces en cada nivel de práctica seis veces.
- Cada tratamiento experimental precede y sigue a los demás tratamientos, considerados individualmente 12 veces.
- Cada tratamiento experimental precede y sigue a cada combinación de otros dos tratamientos tres veces.
- Cada tratamiento experimental precede y sigue a cada combinación de los otros tres tratamientos una vez.

El número de sujetos que se necesitarían para poder llevar a cabo el experimento sería de 24 o un múltiplo de 24, asignando, aleatoriamente, el mismo número de sujetos a cada secuencia.

Veamos ahora qué ocurriría si se aplicase el método de equiponderación parcial sistemática.

Se necesitarían tantas secuencias como tratamientos experimentales, es decir, en nuestro ejemplo, serían necesarias cuatro secuencias.

- $a_1 a_2 a_3 a_4$
- $a_2 a_4 a_3 a_1$
- $a_3 a_4 a_1 a_2$
- $a_4 a_1 a_2 a_3$

Estas secuencias no servirían, pues no cumplen el requisito básico de los métodos de equiponderación parcial de que cada tratamiento debe aparecer el mismo número de veces en cada nivel de práctica, ya que mientras los tratamientos a_1 y a_2 aparecen una vez en cada nivel de práctica, el tratamiento a_3 aparece dos veces en el tercer nivel y ninguna en el segundo, y el tratamiento a_4 aparece dos veces en el segundo nivel y ninguna en el tercero.

Si se comprueban las unidades de error progresivo que afectan a cada tratamiento, se observa que no son las mismas:

a_1	a_2	a_3	a_4	
0	1	2	3	
a_2	a_4	a_3	a_1	$a_1 = 0 + 3 + 2 + 1 = 6$
0	1	2	3	$a_2 = 1 + 0 + 3 + 2 = 6$
a_3	a_4	a_1	a_2	$a_3 = 2 + 2 + 0 + 3 = 7$
0	1	2	3	$a_4 = 3 + 1 + 1 + 0 = 5$
a_4	a_1	a_2	a_3	
0	1	2	3	

luego no se han controlado los efectos del error progresivo.

201 20

