

TEMA 3: LA NATURALEZA DEL CONTROL

CONCEPTO DE VARIANZA

Cuando realizamos un experimento, sometemos a los participantes a varios niveles de la variable independiente (al menos dos: presencia y ausencia, con lo que tendríamos dos condiciones) y tomamos medidas de la variable dependiente para ver el efecto del tratamiento. Pues bien, a la variabilidad observada en esas medidas de la variable dependiente, se le llama **varianza total**.

En la varianza total influye, además de las variables independiente te, otra serie de variables que pueden provenir del propio sujeto, del ambiente o del procedimiento experimental, esta circunstancia hace que los sujetos sometidos al mismo tratamiento no respondan igual.

La varianza total refleja todas las variaciones que encontramos en las medidas de la variable dependiente.

Para poder especificar qué parte de esa varianza total se debe a la variable independiente y qué parte se debe a otras variables, la desglosamos en **varianza sistemática y varianza error**. A su vez, la varianza sistemática la desglosamos en **varianza sistemática primaria y varianza sistemática secundaria**.

$$V.TOTAL = V.SISTEMÁTICA + V.ERROR$$

La varianza sistemática es <<la tendencia que presentan los subconjuntos de datos procedentes de los grupos experimentales a desviarse u orientarse, en su promedio, en un sentido más que en otro>>. Esta desviación podría ser debida a la influencia de la variable independiente o a la influencia de variables extrañas. Por lo tanto, se producen dos fuentes de variación sistemática: la **varianza sistemática primaria y la varianza sistemática secundaria**.

$$V.SISTEMÁTICA = V.SITEMÁTICA PRIMARIA + V. SISTEMÁTICA SECUNDARIA$$

La **varianza sistemática primaria** es la variabilidad de la medida de la variable dependiente debida a la influencia de la manipulación de la variable independiente. Es la que busca el experimentador. También se

llama **varianza intergrupo**. Cuanto mayor es esta varianza, mayor será la efectividad del tratamiento o condición experimental.

La **varianza sistemática secundaria** es la variabilidad de la medida de la variable dependiente debida a la influencia de las variables extrañas. A esta influencia de variables extrañas la llamamos sistemática porque es previsible y, por lo tanto, **controlable**.

Todas esas variables, que pasan a llamarse extrañas, hay que controlarlas, de manera que igualemos su efecto en todos los grupos.

Estas variables pueden proceder del sujeto, del ambiente y del procedimiento experimental.

Las variables extrañas a veces son desconocidas e imprevisibles, hecho que impide su control y que da lugar a que, en cualquier experimento, además de la varianza intergrupo también exista la varianza error.

La **varianza error** es <<la porción de varianza total que todavía queda por explicar cuando se han eliminado todas las influencias sistemáticas>>. Esta varianza es impredecible porque es debida a la influencia de variables desconocidas e imprevistas que pueden constituir fuentes de variación aleatoria como, por ejemplo, la motivación de los sujetos para realizar el experimento. A esta varianza también se le llama **varianza intragrupo**, porque se estima en función de las diferencias que hay entre los datos de los sujetos dentro de sus respectivos grupos.

Para calcular la varianza sistemática primaria o intergrupo tenemos que llevar a cabo los siguientes tres pasos:

1. Calcular la media total, es decir, la media aritmética de las medias de los grupos.
2. Hallar la variabilidad de la media de cada grupo respecto a la media total (diferencia entre la media de cada grupo y la media total).
3. Calcular la varianza intergrupos. Esta varianza sería un índice de variación de la media de cada grupo respecto a la media total.

La varianza total se calcula a través de todas las puntuaciones de los sujetos. En lugar de calcular las variaciones de la media de los grupos respecto a la media total, se calculan las variaciones o puntuación diferencial (x) de cada sujeto respecto a la media del grupo.

En efecto, la varianza total contiene todas las fuentes de variación de los datos (los sistemáticos y los debidos al azar).

Una vez que conocemos la varianza total y la varianza sistemática intergrupos calculamos la **varianza error**. Para ello calculamos la variación

que se produce dentro de cada grupo en torno a sus respectivas medias y, a continuación, hallamos la media de estas dos variaciones.

DEFINICIÓN DE CONTROL

Es la capacidad que tiene el investigador para producir fenómenos bajo condiciones reguladas. Para ello es necesario: determinar la conducta que se va a estudiar (variable dependiente), conocer las variables relevantes que pueden afectar a esa conducta, elegir una o varias de ellas como variable independiente y eliminar o mantener constantes las variables extrañas.

Este control engloba un conjunto de técnicas que utiliza el investigador para poder concluir que los cambios observados en la variable dependiente son causados únicamente por los cambios introducidos en la variable independiente.

Dichas técnicas suponen la actuación del investigador sobre tres tipos de variables:

- 1) Variable independiente, aplicando los valores de la misma que él decide y cuando él decide (manipulación).
- 2) Variables extrañas, eliminándolas o intentando que éstas influyan de la misma manera en todos los grupos.
- 3) Factores aleatorios, intentando que su influencia sea mínima sobre la variable dependiente.

El uso de las técnicas de control, persigue conseguir que se cumpla el **Principio MAX-MIN-CON**

Que consiste en maximizar la varianza sistemática primaria, minimizar la varianza error y controlar la varianza sistemática secundaria.

MAXIMIZACIÓN DE LA VARIANZA SISTEMÁTICA PRIMARIA

Se consigue eligiendo los valores de la variable independiente más adecuados para producir cambios en la dependiente.

Unas veces lo ideal será utilizar valores extremos, otras valores intermedios, algunas veces será mejor utilizar pocos niveles o tratamientos y otras el mayor número posible.

Quizá, el mejor medio para incrementar el efecto de la variable independiente sea elegir los valores extremos de esa variable.

Los valores extremos de la variable independiente sólo se deben utilizar cuando entre las variables hay una relación claramente lineal o monotónica, es decir, a medida que aumentan o disminuyen los valores de la variable independiente aumentan o disminuyen los valores de la medida de la variable dependiente.

Cuando hay una relación curvilínea entre las variables, no se deben seleccionar valores extremos, ya que podríamos concluir erróneamente que la variable independiente no tiene ningún efecto en la variable dependiente. Habría que considerar los valores intermedios.

Puede ocurrir que estemos trabajando con variables poco estudiadas y no sepamos qué tipo de relación existe entre ellas. En este caso, podemos optar por utilizar muchos valores de la variable independiente o por hacer un estudio piloto para seleccionar los valores más adecuados.

MINIMIZACIÓN DE LA VARIANZA ERROR

Es la variable **inconsistente** que se produce en las medidas de la variable dependiente causada por fluctuaciones aleatorias que se compensan entre sí (su media es cero). Constituye un ruido de fondo y tiene un carácter eminentemente aleatorio en el sentido de que mientras la varianza sistemática es esencialmente pronosticable, la varianza error es imposible de pronosticar y, en consecuencia, es muy difícil de controlar.

El origen de esta varianza suele estar en tres tipos de factores. En primer lugar, tenemos los factores asociados a los errores de medida, procedentes de los métodos utilizados para registrar y cuantificar los resultados, como por ejemplo la utilización de instrumentos poco precisos. En segundo lugar, podemos citar las diferencias individuales de los sujetos dentro de cada grupo, cuando estas diferencias son imposibles de identificar y controlar, como por ejemplo, el cansancio, lapsos de memoria o distracciones a la hora de realizar la tarea. Y, por último, el procedimiento experimental como por ejemplo, la utilización de instrucciones poco claras o el efecto del experimentador.

Los **instrumentos** utilizados en la medición de la variable dependiente tienen que medir aquello que pretende medir (validez), tienen que poder discriminar entre las ejecuciones de los sujetos (sensibilidad) y tienen que producir puntuaciones con poca variabilidad del mismo sujeto en diferentes ocasiones (fiabilidad). Cuanto mayor sea el tamaño de los grupos, mayor será la probabilidad de que los errores aleatorios se cancelen entre sí, es decir, que su media sea cero. Las instrucciones deben ser las mismas para todos los sujetos y el experimentador debe ser el mismo en todos los grupos, y a ser posible, que no conozca la hipótesis.

CONTROL DE LA VARIANZA SISTEMÁTICA SECUNDARIA

Es la variabilidad de la medida de la variable dependiente debida a la influencia de las variables extrañas que no se han podido controlar. Las fuentes de las que proceden estas variables son: el sujeto, el ambiente y el procedimiento experimental.

Las **variables de sujeto** son las diferencias individuales entre los participantes del experimento, como pueden ser: sexo, edad, aptitud, el que los sujetos sean voluntarios o no, la información previa que tengan acerca del experimento, etc. Su posible influencia se hace más relevante cuando la situación experimental es intergrupo.

Los **aspectos ambientales** son las condiciones físicas en las que se realiza el experimento, como puede ser: ruido, luz, temperatura, humedad, etc.

Procedimiento experimental son los aspectos relacionados con los instrumentos de medida, las instrucciones, los estímulos, el material, el experimentado, etc. El experimentador es una de las fuentes más importantes de variables extrañas que pueden dar en una investigación. Su influencia sobre los resultados del estudio se puede deber a diversos factores a veces difíciles de controlar: la edad, el atractivo físico, el género, la personalidad, la experiencia, la emisión inconsciente de señales al sujeto a través de posturas, gestos o verbalizaciones, que registre o interprete mal los datos, etc. Todas estas fuentes de error se pueden dar tanto en situaciones intergrupo o intersujeto como en las intragrupo o intrasujeto y mixtas.

La situación **intergrupo** se caracteriza porque está formado por sujetos diferentes y es sometido a un tratamiento único y diferente. El investigador tiene que preocuparse por conocer y controlar las variables extrañas relacionadas con los sujetos. Lo único que tiene que diferenciar a los grupos es el tratamiento.

En la situación **intragrupo** el investigador no se tiene que preocupar por las diferencias individuales, ya que el mismo grupo de sujetos pasa por todos los tratamientos, pero sí tiene que controlar estos tres aspectos:

1. Que el aprendizaje de la estrategia de resolución de una prueba no les sirva para la prueba siguiente
2. Que el orden de presentación de los estímulos no influya en los resultados
3. Que un tratamiento no deje efectos residuales en los sujetos que puedan contaminar el efecto del siguiente tratamiento.

Existen situaciones **mixtas**, en las que algunos sujetos pasan por todos los tratamientos y otros sólo por alguno. En estas situaciones, hay que controlar las variables asociadas a las situaciones intergrupo y las asociadas a las situaciones intragrupo.

TÉCNICAS DE CONTROL

Estas técnicas están dirigidas a lograr y mantener la equivalencia inicial de los grupos, esta es una de las condiciones que se exige para poder realizar comparaciones entre las diferentes condiciones o grupos.

| | | |
|--|--|---|
| Varianza sistemática primaria -Valores extremos Variable Independiente -Valore medios Variable Independiente -Varios valores Variable Independiente | Varianza sistemática secundaria -Eliminación -Constancia -Balanceo | Varianza sistemática error -Instrumentos válidos sensible y fiables -incremento tamaño del grupo Mismo experimentador en todos los grupos |
| | Bloques | |
| | Emparejamiento | |
| | Aleatorización | |
| | -Sujeto como control propio | |
| | -Contrabalanceo | |
| | -Simple y doble ciego | |
| | -Sistematización VVEE | |
| | -Técnicas estadísticas | |

Eliminación

Consiste, en eliminar los variables extrañas del estudio, utilizar el valor cero de la variable extraña eliminando todos los demás valores. Resulta bastante útil para controlar variables que provienen del medio ambiente.

Constancia

Cuando no se puede eliminar una variable extraña de la situación experimental, se puede utilizar un valor diferente de cero de esa variable, manteniendo constante ese valor en todos los sujetos.

Esta técnica de control es adecuada para variables físicas y de sujeto.

Balanceo o equilibración

Con ella se pretende equilibrar el efecto de una variable extraña manteniendo constante le proporción de cada valor de esta en todos los grupos.

Ello se consigue mediante las técnicas de aleatorización, bloques y emparejamiento.

- **Aleatorización:** esta técnica está asociada a los diseños de grupos aleatorios. Permite el control de las variables conocidas y el de las desconocidas. Se reparten aleatoriamente los distintos valores de las variables extrañas entre los distintos grupos o condiciones. Esta técnica nos asegura que las variables extrañas que pueden influir en los resultados del estudio, tienen la misma probabilidad de actuar en todos los grupos, puesto que éstos se han formado equivalentes en esas variables. Esta técnica requiere un gran número de sujetos para garantizar que estas variables se distribuyan de igual forma en todos los grupos.
- **Bloques:** mediante este procedimiento se forman subgrupos de sujetos (llamados bloques) con puntuaciones similares en una variable extraña muy relacionada con la variable dependiente (a esa variable se le llama variable de bloqueo) y después se asignan aleatoriamente el mismo número de sujetos de cada bloque a cada grupo.
- **Emparejamiento:** también se les llamas técnicas de equiparación y es muy similar a la anterior. Consiste en asignar a cada uno de los grupos, sujetos que posean la misma magnitud o puntuación e una o varas variables extrañas muy relacionadas con la variable dependiente o en la misma variable dependiente. A la variable muy relacionada con la variable dependiente se le llama variable de emparejamiento. La efectividad de esta técnica depende del grado de

correlación existente entre la variable de emparejamiento y la variable dependiente y es especialmente útil cuando la muestra es pequeña.

Sujeto con control propio

Esta técnica se halla asociada al diseño intrasujeto y se utiliza para controlar las variables extrañas procedentes de los sujetos. Con esta técnica los mismos participantes pasan por todas las condiciones y de esta forma las variables extrañas de sujetos se mantienen constantes en todas las condiciones.

Cuando un participante o grupo de participantes pasas por todas las condiciones, se le aplican los diferentes tratamientos, secuencialmente. El orden o lugar que ocupa cada tratamiento dentro de la secuencia puede alterar los resultados.

El **error progresivo** está asociado al efecto que produce el orden en que se presenta cada tratamiento y debido a este tipo de error se pueden confundir los efectos del tratamiento con los efectos del orden que ocupa ese tratamiento dentro de la secuencia experimental. Este efecto puede provocar aprendizaje y favorecer los resultados del estudio o fatiga y perjudicar los resultados. Este tipo de error se controla mediante la técnica de contrabalanceo. También puede ocurrir que cuando se le aplica al sujeto un tratamiento aun no se le haya pasado el efecto del tratamiento anterior. A este hecho se le llama efectos residuales o de arrastre. Este efecto se puede controlar espaciando el tiempo entre las condiciones y utilizando la técnica de contrabalanceo.

Contrabalanceo o equiponderación

Se utiliza, principalmente, para controlar el efecto del orden o error progresivo, y se basa en la existencia de una relación lineal entre el error progresivo y el orden que ocupa cada tratamiento dentro de la secuencia experimental. A medida que aumenta el número de orden aumenta el nivel de error progresivo. A cada sujeto se le presentan las condiciones experimentales en un orden diferente, de manera que en el conjunto total de condiciones del experimento, cada una de ellas de haya aplicado el mismo número de veces en el mismo orden.

- **Contrabalanceo intrasujeto:** controla el error progresivo en el ámbito individual, haciendo que cada sujeto reciba las condiciones o tratamientos en un determinado orden en primer lugar y en el orden inverso en segundo lugar. Si tenemos tres condiciones ABC, de ordenarán de la siguiente forma: ABCCBA. Se aplicará primero a los sujetos el orden ABC y a continuación el orden CBA.

La técnica de control de balanceo distribuye por igual el error progresivo a lo largo de la secuencia experimental.

La técnica contrabalanceo intrasujeto tiene el inconveniente de que cada sujeto recibe más de una vez cada tratamiento, con el consiguiente aumento del tiempo de experimentación. Para salvar este inconveniente se puede utilizar las siguientes técnicas de control.

- **Contrabalanceo intragrupo:**

Consiste en administrar distintas secuencias de tratamientos a diferentes subgrupos de sujetos. Con esta técnica se controla el efecto de error progresivo en el grupo y no se forma individual como en el contrabalanceo intrasujeto.

- a. **Contrabalanceo intragrupo completo:**

En este caso hay que utilizar todas las permutaciones posibles de los órdenes de los tratamientos. Para calcularlas se halla la factorial de número de condiciones.

Subgrupo 1 secuencia AB

Subgrupo 2 secuencia BA

Si tenemos tres condiciones experimentales **ABC** el número de secuencias será:

$$n! = 3! = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$$

ABC, BCA, CAB, ACB, BAC, CBA

En este caso se dividiría la muestra en seis subgrupos y aleatoriamente se le aplicaría una secuencia a cada grupo.

El número de secuencias va aumentando sensiblemente a medida que aumenta el número de condiciones experimentales o tratamientos. Este tipo de contrabalanceo no es adecuado cuando el número de tratamientos es grande. Cuando esto ocurre es mejor utilizar el contrabalanceo incompleto.

- b. **Contrabalanceo intragrupo incompleto:**

Sólo se aplica a los sujetos algunas secuencias de tratamientos. Existen dos formas posibles de elegir las secuencias concretas a aplicar:

Contrabalanceo de cuadrado latino: consiste en utilizar solo tantas secuencias como tratamientos haya en el experimento. Cada secuencia de administra a un subgrupo deferente de sujetos. Para saber qué secuencias tenemos que utilizar podemos rotar la condición inicial de la primera secuencia hasta el final y así sucesivamente hasta obtener el número de secuencias deseadas. Si tenemos, por ejemplo, seis tratamientos ABC-DEF, tenemos que dividir la muestra en seis subgrupos y aplicar a cada subgrupo una secuencia diferente.

ABCDEF

BCDEFA

CDEFAB

DEFABC

EFABCD

FABCDE

El conjunto de estas secuencias da lugar a una estructura de cuadrado latino con tantas filas y columnas como número de tratamientos se utilicen en el experimento. Su estructura se basa en que cada condición aparezca una sola vez en cada fila y en cada columna y que cada condición aparezca una sola vez en cada posición ordinal.

Contrabalanceo aleatorio: consiste en seleccionar al azar, de todas las secuencias posibles, tantas secuencias como número de participantes haya en la muestra y aplicar, también aleatoriamente, una secuencia a cada participante. Por ejemplo, si tenemos cinco tratamientos ABCDE y una muestra de 60 sujetos. Como el número total de secuencias sería $120(5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120)$ y solo tenemos 60 participantes, elegimos aleatoriamente 60 secuencias y se asigna al azar una a cada participante. Este tipo de contrabalanceo puede considerarse como un forma de contrabalanceo incompleto y requiere un numero alto de sujetos, para que pueda actuar correctamente el azar.

Simple y doble ciego

Estas técnicas se utilizan para controlar las amenazas a la validez características de la demanda de la situación experimental y efecto del experimentador.

Consiste en que los participantes en el estudio desconocen la situación experimental en la que se encuentran y/o el tratamiento que se les aplica. Ni el sujeto, ni el investigador conocen en que condición se encuentran.

Ambas técnicas se utilizan con bastante frecuencia en la investigación en Psicología Clínica y Educativa.

Sistematización de las variables extrañas

Esta técnica consiste básicamente en que el investigador convierte una variable extraña en variable independiente y la incorpora a la investigación mediante un diseño de dos variables independientes.

Técnicas estadísticas

En este caso, el control sobre la investigación no se hace directamente sobre las variables extrañas, sino que se hace aplicando, posteriormente a la investigación ciertos procedimientos estadísticos. Estos procedimientos nos permiten separar el efecto que tiene la variable independiente sobre la dependiente del efecto que pueden tener las variables extrañas sobre la variable dependiente.

Las técnicas estadísticas de control más utilizadas son la correlación parcial y el análisis de covarianza (ANCOVA).