UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
UPEC

FACULTAD DE
INDUSTRIAS AGROPECUARIAS
Y CIENCIAS AMBIENTALES

DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL APLICADOS A LAS CIENCIAS SOCIALES



Manuel Chenet
Norma Garcés
Gladys Lagos
Génesis Salazar
Marco Burbano

COLECCIÓN CÁTEDRA

Diseños de investigación experimental aplicados a las ciencias sociales





Facultad de Industrias Agropecuarias
y Ciencias Ambientales

Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Manuel Chenet
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Norma Garcés
Universidad de Guayaquil

Gladys Lagos
Universidad de Guayaquil

Génesis Salazar
Universidad de Guayaquil

Marco Burbano
Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Diseños de investigación experimental aplicados a las ciencias sociales

POLITÉCNICA DEL CARCHI
UNIDAD DE PRODUCCIÓN Y DIFUSIÓN ACADÉMICA Y CIENTÍFICA

Para referenciar este libro:

Chenet, M.; Garcés, N.; Lagos, G.; Salazar, G. & Burbano, M. (2022). *Diseños de investigación experimental aplicados a las ciencias sociales.* Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

1. Ciencias sociales; 2. Experimentación; 3. Investigación; 4. Metodología
Clasificación Thema: PDM - Investigación científica
Clasificación Dewey: Materia: 507 - Educación. investigación. temas relacionados con las ciencias naturales

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
Dr. Jorge Mina – Rector
Dra. Teresa Sánchez – Vicerrectora
MSc. Freddy Torres – Decano de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

PROCESO EDITORIAL
MSc. Marco Burbano – Director de Investigación
MSc. Johana Morillo – Responsable de la Unidad de Producción y Difusión Académica y Científica
Lic. Andrés Tobar – Diagramación y diseño
Dr. Duván Ávalos – Editor

AVAL ACADÉMICO
MSc. Jack Vidal – Vicerrector de Instituto Superior Universitario "Sucre"
MSc. Tito Manuel Piamba Mamiam – Docente de la Universidad Mariana

DATOS DE PUBLICACIÓN
Título: Diseños de investigación experimental aplicados a las ciencias sociales.
Autores: Manuel Enrique Chenet Zuta – ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2088-2541 – mchenetz@unmsm.edu.pe |
Norma Narcisa Garcés Garcés – ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0972-8714 – norma.garcesg@ug.edu.ec |
Gladys Gioconda Lagos Reinoso – ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9893-1211 – gladys.lagosre@ug.edu.ec |
Génesis Kristel Salazar Garcés – ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5451-0511 – genesis.salazarga@ug.edu.ec |
Marco Rubén Burbano Pulles – ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2036-7032 – marco.burbano@upec.edu.ec |
Diseño de portada: Lic. Andrés Tobar
Concepto de portada: Asdrúbal Paganos
Comentario de la solapa: MSc. Jack Vidal – Vicerrector del Instituto Superior Universitario "Sucre"
DOI: https://doi.org/10.32645/9789942914941
ISBN PDF: 978-9942-914-94-1
ISBN EPUB: 978-9942-914-95-8
Disponibilidad digital: https://www.publicacionesupec.org/index.php/carchi
Edición: Primera, diciembre del 2022.

© Universidad Politécnica Estatal del Carchi © Manuel Enrique Chenet Zuta © Norma Narcisa Garcés Garcés
© Gladys Gioconda Lagos Reinoso © Génesis Kristel Salazar Garcés © Marco Rubén Burbano Pulles

Calle Antisana y Avenida Universitaria, Tulcán, Carchi, Ecuador.
Tel: 06 2 224 079 / 06 2 224 080 / 06 2 224 081 Ext: 1300 / 1301
publicaciones@upec.edu.ec / publicacionesupec@gmail.com
Ecuador, Tulcán. Diciembre de 2022

Prohibida la reproducción de este libro, por cualquier medio,
sin la previa autorización por escrito de los propietarios del copyright.

Contenido

Introducción

Capítulo I: Experimento y control

Diseños experimentales 11
Experimento 14
Requisitos de un experimento puro 16
Control, varianza sistemática y varianza de error 18
Control experimental y la minimización de la varianza de error... 21
La varianza secundaria y las variables enmascaradas 23
Minimización de la varianza de error 25

Capítulo II: El control y la validez interna y externa

Validez interna 27
Validez externa o ecológica 30
Actividades y estructura para la realización de un experimento.... 32
El principio Maxmincon 34
Clasificación de los diseños experimentales 35
Clasificación de los diseños experimentales según Campbell y Stanley 36
Simbología utilizada en la esquematización de los diseños 38

Capítulo III: Los diseños experimentales

Tipos de variabilidad 44
Estudio de caso con una sola mediación 46
Diseño pretest-postest con un solo grupo 47
Utilidad de los diseños o estrategias preexperimentales 50
Diseños causiexperimentales 51

Capítulo IV: Los diseños experimentales univariables bivalentes

Diseño de dos grupos totalmente aleatorizados 64
Diseño de grupo aleatorio 67
Diseño de dos grupos apareados 69
Diseños experimentales multivalentes 71
Diseño de grupos aleatorios con bloques 74
Diseño de cuadrado latino 79
Diseños multivariables o factoriales 82
Diseño factorial 83
Diseño bifactorial 86

Referencias bibliográficas 89

Sobre los autores 94

Introducción

Las universidades existen para realizar investigación, docencia y proyección social. La investigación permite a las universidades generar nuevos conocimientos teóricos, tecnología e innovación que hace posible el desarrollo de la ciencia, a través de las diversas disciplinas científicas existentes en cada universidad y operacionalizadas por medio de las líneas de investigación existentes en cada una de las facultades y escuelas profesionales.

Pese a que en la literatura científica existe una gran diversidad de libros de epistemología y metodología, muy pocos abordan con amplitud los diseños de investigación experimental, por lo que es frecuente que muchos lectores no encuentren saciado su interés acerca de este tema al recurrir a ellos.

El diseño de investigación experimental se concibe como el plan que ha de seguir el investigador para cumplir con los objetivos del estudio, dicho en palabras más simples, es la estrategia que empleará para probar la hipótesis. Puesto que hay muchos tipos de hipótesis experimentales, también existen múltiples diseños de investigación experimental, haciéndose necesario detallar cada uno de ellos.

El objetivo del presente libro es describir de manera amplia y detallada los diversos diseños de investigación experimental existentes en las ciencias sociales, de manera que los investigadores puedan encontrar en el texto el diseño que pretendan utilizar y saber cuáles son

sus características y la forma de aplicación.

El libro *Diseños de investigación experimental aplicados a las ciencias sociales* es resultado de investigación científica. Para su elaboración se realizó un estudio de tipo básico, alcance y diseño descriptivos. Por medio de la técnica del análisis documental, se obtuvo información de diversas fuentes, la cual fue ordenada y sistematizada. El resultado es un conjunto de capítulos que presentan el marco teórico de los diseños experimentales de mayor uso en las ciencias sociales, obtenido luego de una profunda revisión de los aportes de diversos autores y especialistas en esta importante área del conocimiento.

En búsqueda de una sencilla comprensión de la temática abordada por parte de quienes puedan acceder a este libro, el texto ha sido dividido en cuatro capítulos: "Experimento y control", "El control y la validez interna y externa", "Los diseños experimentales y los diseños experimentales univariables bivalentes".

El libro *Diseños de investigación experimental aplicados a las ciencias sociales* ha sido escrito para servir de material de consulta y apoyo a estudiantes, docentes e investigadores universitarios provenientes de carreras profesionales correspondientes a las ciencias sociales que se encuentren en la etapa de formulación del proyecto de investigación, ya sea con fines de realizar una tesis de título profesional o grado de maestro o doctor, o para cualquier tipo de incursión en procesos investigativos.

El dominio de la metodología de la investigación depende directamente de su práctica continua, dadas las complejidades de los diseños experimentales, se espera que el presente texto sirva para ayudar a los investigadores a identificar con claridad el diseño que usarán en sus trabajos.

Los autores.



Experimento y control

Toda investigación persigue responder o contestar a las preguntas planteadas y, si son propuestas, establecer la certeza de la(s) hipótesis formuladas en un contexto particular. La pregunta es ¿cómo realizar la investigación? Como ya sabemos, la respuesta está relacionada con el diseño de investigación, diseño metodológico que, según Canales (1994), es elaborado por el investigador con base en una reflexión crítica acerca de todos sus elementos, de modo que se logre una respuesta adecuada a la pregunta o preguntas de investigación, entendiéndose por "adecuada" el que los resultados deben ser expresión de la maximización de la validez y confiabilidad de la información y de la mayor reducción del error.

De acuerdo con el criterio de grado de control de la variable independiente (VI) se distinguen dos grandes tipos de diseño: diseños de investigación no experimental, y diseños de investigación experimentales.

El grupo de control es una parte trascendental de un experimento científico controlado, que permite conocer la posibilidad de la investigación y de esa manera poder realizar un procedimiento aceptado por la institución donde se llevará a cabo el experimento, de la misma manera, permitirá comparar los resultados de manera confiable con el grupo experimental (Johnson y Besselsen, 2002).

Diseños experimentales

Para lograr los objetivos propios de la investigación científica –explicar, predecir, retrodecir y controlar la conducta y los hechos– es necesario descubrir las conexiones "casuales" que existen entre los fenómenos de un campo determinado, como, por ejemplo, el de la psicología. Puede decirse que el diseño experimental es "el modelo o esquema lógico que impone restricciones para observar un hecho provocado y que comprende el planeamiento de las operaciones para conducir un experimento, en orden a dar respuesta al problema planteado y a controlar las fuentes de error" (Alarcón, 1991, p. 167).

Los diseños experimentales son utilizados en las investigaciones de corte cuantitativo (Albán, Arguello y Molina, 2020). Hernández et al. (2016) señalan los requisitos que debe cumplir todo diseño. El primero de ellos es la manipulación intencional de una o más variables independientes. Para ello, se considera que la variable independiente es la supuesta causa en la relación dada entre variables, la variable dependiente es el efecto que provoca la variable independiente. Entonces, se puede decir que un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen (Hernández et al., 2014).

El segundo requisito es la comprobación del efecto que la variable autónoma ejerce sobre la dependiente. La demonstración se considerará confiable si mide correctamente dicho efecto. La descripción del tipo de medición que se realizará a las variables dependientes y la forma en que se manipularán las variables independientes deberá hacerse en la planeación del experimento.

El tercer requisito de toda experimentación es el control o validez interna. El término de control se refiere a conocer qué ocurre en la relación entre variables independientes y las dependientes (Mousalli-

Kayat, 2015). Si en una investigación existe control de las variables, será posible establecer la relación causal entre ellas y eliminar la influencia de variables extrañas sobre las dependientes, de tal modo que pueda conocerse si las de tipo independiente realmente ejercen algún predominio sobre las dependientes.

Experimento

"Es aquella parte de la investigación en la cual se manipular ciertas variables y se observan sus efectos sobre otras" (Campbell y Stanley, 1973, p. 110); es decir, es el estudio en el que se manipular deliberadamente una o más variables independientes con supuestas "causas" (Espinoza-Freire, 2018).

Para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el investigador (Hernández et al., 2014).

Función del experimento: la función principal del experimento es la comprobación rigurosa y exacta de las hipótesis planteadas a través de un proceso sistemático y riguroso que implica la operacionalización de las variables de la investigación (Rojas, 2021).

Variable Independiente (VI): se le considera la respuesta "causa" en una relación entre variables; es la condición "antecedente", y la variable dependiente es el "efecto" provocado por la VI.

Relación "causal": entre una variable independiente y una variable dependiente, al hacer variar intencionalmente a la primera, la segunda tendrá que variar. Ejemplo: si la motivación es "causa" de la productividad, al variar la motivación deberá variar la productividad. Hay dos tipos de variables independientes:

a) **Variable independiente asignada o atributo:** es una variable de índole organísmica y no manipulable; por ejemplo: el sexo, la inteligencia. Solamente pueden ser relacionados con medidas de conducta (correlatos de conducta) como puede ser el rendimiento

académico. Con este tipo de variables independiente únicamente son posibles las investigaciones descriptivas correlaciónales.

b) **Variable independiente activa**: es una variable que se encuentra en poder del investigador, este puede maniobrar a voluntad para observar su efecto sobre una VD a la cual se le supone relacionada. Ejemplo: la cantidad de agua empleada, los programas de enseñanza diseñados, la cantidad de droga administrada, el nivel de choque eléctrico suministrado, la cantidad de alimento dado como recompensa. Con este tipo de variable se realizan los experimentos.

Requisitos de un experimento puro

Un experimento debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) Manipulación intencional de una o más variables independientes. En un experimento la VI activa es la que se hipotetiza, y será una de las "causas" que producen el efecto supuesto.

b) Para obtener evidencia de esta relación "causal" supuesta, el investigador manipula la VI para ver su efecto sobre la VD. Es decir, hace variar a la VI y observar si la VD varia o no. Manipular es sinónimo de hacer variar o dar distintos valores a la VI.

Veamos el siguiente estudio experimental que esquematizamos:

Problema: ¿cuál es el efecto de los contenidos televisivos antisociales sobre la conducta agresiva de niños?

Hipótesis: "La exposición por parte de los niños a contenidos antisociales tenderá a provocar un aumento en su conducta agresiva".

Diseño experimental con grupo control: los niños son repartidos a los grupos en forma aleatoria. El grupo experimental (GE) verá un programa de TV con contenido antisocial y el grupo control (GC) verá un programa con contenido prosocial; el GC realizará las mismas actividades que el GE excepto el someterse a la VI – que también recibe el nombre de "tratamiento experimental" o "estímulo experimental", entre tanto el GC verá el mismo programa que el GE,

pero sin escenas violentas.

Si se descubre que el GE muestra una mayor conducta agresiva respecto al GC, y se descubre que no hay otra posible "causa" que hubiera afectado a los grupos de manera desigual, se verificará la hipótesis.

El investigador manipula o hace variar la VI para ver su efecto sobre la VD. ¿Cómo hace esta manipulación? Dándoles dos valores, presencia de contenidos antisociales por TV (programa antisocial) y ausencia de contenidos antisociales por TV (programa prosocial). "La variación es hecha a propósito por el experimentador (no es causal), éste tiene el control directo sobre la manipulación, crea las condiciones para proveer el tipo de variación deseada" (León y Montero, 1991).

c) Medición del efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente. La variable dependiente (VD) está representada en las medidas de conducta, es decir, se define como los cambios medidos en el sujeto con base en sus respuestas; por ejemplo, cambios en el estado de ánimo, frecuencia de respuestas de evasión o rapidez de aprendizaje de una tarea., puntuaciones obtenidas en las pruebas de inteligencia, los registros de frecuencia de conducta, las repuestas a las encuestas. Los efectos de la VI activa sobre la VD deben ser medidos válida y confiablemente. Si no es así los resultados no servirán y el experimento será una pérdida de tiempo. Por ejemplo, si realizamos un experimento para evaluar el efecto de un nuevo tipo de enseñanza sobre la comprensión de conceptos matemáticos en ciertos niños, y en lugar de medir comprensión medimos nada más memorización, por correcta que resulté la manipulación de la VI, como la medición de la VD no es válida, el experimento es un fracaso. Al respecto, es conveniente anotar que el investigador debe dominar los requisitos de medición de variables y las diversas modalidades de medición (cuestionarios, escalas de observación, entrevistas, mediaciones

fisiológicas, test, etcétera). En la planeación de un experimento se debe precisar cómo se debe manipular la VI y cómo medir la VD (Hernández et al, 2014).

d) Control. El término control tiene diversas acepciones. En la experimentación no se refiere a la capacidad de dirigir, guiar o controlar los acontecimientos; se refiere en cambio a las operaciones que permiten establecer, después de llevar a cabo un experimento, cuál fue el factor que produjo los resultados obtenidos (Fernández Bao, 2020).

En otras palabras, se refiere a que, si se observa con el experimento que una o más variables independientes al ser manipuladas hacen variar a las dependientes, la variación de estas últimas se debe a la manipulación de las VI y no otros factores o causas (Hernández et al, 2014), o si se observa que una o más VI, no tienen un efecto sobre la VD, se puede estar seguro de ellos.

En consecuencia, lograr el control en un experimento es controlar la influencia de otras variables extrañas que son de nuestro interés sobre la VD, para que así podamos saber realmente si la VI que nos interesa tienen o no efecto en la dependiente.

Control, varianza sistemática y varianza de error

Precisemos con un lenguaje metodológico lo concerniente al control. Para el efecto consideremos solamente un esquema de experimento con una VI y una VD: el investigador manipula la VI para observar sus efectos en la VD (conducta). Los efectos de la VI sobre la VD son medidos. Supongamos que esta medición nos permite observar diferencias entre las medidas registradas, en otras palabras, que se ha producido una variabilidad o varianza.

Idealmente esta varianza debería deberse a la acción de la VI, pero ¿es "realmente" así? En otros términos, ¿cuáles son las fuentes de esa variabilidad o varianza? Precisamente, el control implica, valga la

redundancia, "controlar" las fuentes de dichas diferencias. Las fuentes de esta varianza total son dos: varianza sistemática y varianza de error:

a) La varianza sistemática, viene dada de las diferencias consistentes en las medidas de la VD debidas a variables o factores conocidas o desconocidas. Conocidas: cuando las variables que han dado lugar a estos cambios en las medidas son conocidas se da lugar a la varianza sistemática primaria. Esta varianza es la atribuible al efecto de la VI activa y también es conocida como varianza experimental o varianza intergrupo. Es primaria porque tales diferencias sistemáticas constituyen el objetivo principal de la investigación, en otras palabras, son las variaciones deseadas o esperadas (de acuerdo con la hipótesis propuesta) a consecuencia de la manipulación de la VI activa. Desconocidas: son las variables responsables de las diferencias pero que escapan del conocimiento del investigador, dando origen a la varianza sistemática secundaria.

Esta varianza designa a las diferencias en las medidas de la VD que no pueden ser atribuidas a l efecto de la VI activa, sino a variables extrañas o variables no reconocidas o no detectadas, pero que aun así cambian de manera consistente las medidas en la VD. Es secundaria porque se trata de diferencias de medidas ajenas al propósito principal del investigador (quien está interesado en la varianza sistemática primaria). La varianza secundaria tiene las siguientes fuentes:

Factores del sujeto: "diferencias individuales", en la medida en que son identificadas o reconocidas, tales como, por ejemplo, aspectos maduracionales, efectos individuales de evaluaciones previas, cambios de regresión estadística.

Factores contextuales: son las condiciones espacio-temporales de la investigación y de las ocurrencias entre sesiones experimentales.

Actores de experimentación: sensibilización" de los sujetos a los efectos de la VI, por ejemplo: haberse interesado de los propósitos del

investigador; selección tendenciosa de las muestras experimentales.

La varianza del error: es la varianza constituida por las diferencias inconsistentes en las medidas de las variables de la VD resultantes de los factores que reducen la exactitud de las mismas. Las fuentes de estas varianzas son las siguientes: las "diferencias individuales", cuando estas no son reconocidas o identificadas y controladas; los errores de medición, por ejemplo, por falta de confiabilidad de los instrumentos de medición; y los planes de investigación defectuosos. El concepto de varianza secundaria y su control resultan básicos para comprender la clasificación de los diseños experimentales más usados, que trataremos más adelante. También se utiliza el concepto variable interviniente. El conjunto de factores condicionantes dentro de los cuales se produce la acción de la VI sobre la VD se conoce como el conjunto de variables intervinientes de un estudio.

Por ejemplo, en un experimento acerca del efecto del cambio en la modalidad de educación sobre el rendimiento de los estudiantes en cierta institución de educación superior (IES), el experimentador puede generar cambios en la metodología de enseñanza de la institución evaluada, es decir, "manipula" de alguna manera esta variable con el fin de observar cuáles efectos se produce en el rendimiento académico de los estudiantes.

La VI es la modalidad de enseñanza; la VD es el rendimiento de los estudiantes. Variables intervinientes factores socioculturales, demográficos etc. El efecto de las variables intervinientes sobre la VD debe ser controlado a fin de evitar falsas conclusiones (Pozo-Burgos et al., 2022).

Control experimental y la minimización de la varianza de error

Como sabemos, la varianza sistemática secundaria es producida en forma global por la acción de las "variables extrañas". Una variable extraña es cualquier elemento que produce variaciones en la VD que son debidas a la VI o las variables controladas. Algunos investigadores denominan también a las variables extrañas como VI desconocidas. La denominación de "extraña" proviene del hecho de que se trata de un evento extra o extraño al contemplado en el esquema experimental.

Su importancia reside en que la certidumbre del experimentador en sus resultados se pone en entredicho, pues no se puede asegurar es éstos se deban únicamente a la manipulación de la VI o bien, a la existencia de alguna variable extraña. En consecuencia, los resultados del experimento no pueden ser concluyentes y deberá repetirse la investigación, usando un diseño que elimine la influencia de esta variable. Si no se logran controlar las variables extrañas, el experimento resulta contaminado y, por lo tanto, sus resultados invalidados.

Formas de prever y determinar la acción de las variables extrañas: en la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento radica en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su consecuencia en otra variable (variable dependiente).

Esto se lleva a cabo en circunstancias rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce un ambiente o acontecimiento particular. Los métodos experimentales son los adecuados para poner a prueba hipótesis de relaciones causales (Pérez, 2020).

¿Cómo prever la acción de las variables extrañas antes del experimento? Puede decirse que nunca se podrán determinar todas las variables extrañas que influyen sobre una VD. Sin embargo, el investigador debe tratar de prever las variables extrañas que le interesa controlar (Dos Santos, 2018). En otras palabras, debe tratar de precisarlas para luego controlarlas. Para esta tarea puede auxiliarse la realización de las siguientes acciones.

a) Un análisis previo cuidadoso tanto del fenómeno a estudiar como del problema pueden revelarle indicios de tales variables.

b) Un estudio analítico-crítico de anteriores estudios experimentales en el campo escogido, le informará acerca de variables que, de acuerdo con los descubrimientos de otros investigadores, afectan o podrían afectar a la VD.

¿Cómo podemos determinar realizado el experimento que variables extrañas han ejercido influencia sobre la VD? Hay dos modos no excluyentes entre sí:

a) Realizar un análisis riguroso de los resultados del experimento, lo que nos permitirá precisar, si fuere el caso, que las variaciones en las conductas que observamos (VD) no se explican por nuestras manipulaciones (VI).

b) Repetir el experimento, pues si no se encuentran los mismos resultados, el análisis podría indicarnos las variables extrañas que estarían interviniendo.

Para el caso de una investigación en la que se pretenda evaluar la influencia de algunos hábitos de los estudiantes en sus resultados académicos; el tiempo dedicado el estudio es una variable extraña que, al no haber sido controlada, es posible que haya contribuido para no haber encontrado diferencias entre los dos grupos. En consecuencia, se hace necesario un segundo experimento en el que los estudiantes de ambos grupos dediquen el mismo tiempo de estudio.

La varianza secundaria y las variables enmascaradas

Las variables "confundidas" son un tipo particular de variable extraña. Son variables que están "detrás" de las variables independientes, que varían al mismo tiempo que ellas y que influyen en la variable dependiente, con lo cual el objetivo del experimento, que era atribuir la causa de la variación a la VI queda en suspenso

El control de las variables extrañas: "El control de estas variables significa que las influencias de la VI ajena a los propósitos del estudio son minimizadas, nulificadas, o aisladas" (Kerlinger, 1998, p. 327). Existen varias formas de controlar las variables extrañas:

a) **Eliminar la variable extraña como variable:** en los diseños clásicos experimentales de grupos, se elimina el efecto de una posible VI extraña que influye sobre una VD, eligiendo los sujetos en una forma tal que los grupos sean lo más homogéneos. Por ejemplo: si al estudiar la motivación de logro nos preocupa la acción de la inteligencia como posible variable extraña, su acción puede ser eliminada utilizando sujetos de un mismo nivel de inteligencia.

Esta forma de control es efectiva, pero hace perder poder de generalización. En efecto y con relación el ejemplo, el análisis se restringiría al nivel normal. ¿Es posible que la relación, si se descubre, no existía o sea por completo diferente con niños de inteligencia alta o con niños de inteligencia baja? No lo sabemos, solo podemos conjeturar.

Por otro lado, cuando la variable extraña está representada en la posibilidad de que los sujetos tengan conocimiento del objetivo y de las hipótesis del experimento, se puede recurrir a la técnica ciego simple, es decir ocultar a los sujetos tales objetivos e hipótesis; o recurrir a la técnica ciego doble, ocultando a los sujetos y a los experimentadores tales objetivos (aunque aquí el experimentador sería un mero administrador de condiciones). Estas técnicas son muy utilizadas en la investigación médica.

b) **Aleatorización:** es una forma ideal de controlar todas las fuentes de variación cuando no es posible utilizar la eliminación o la constancia (Villasís-Keever et al., 2018). Para ello, se obtiene una muestra representativa de la población y se asignan los sujetos a los grupos en forma aleatoria o al azar. Con ello existe una base razonable para esperar que los diferentes grupos sean homogéneos o equivalentes antes de aplicar los tratamientos (VI).

El azar no sólo está presente en la extracción de la muestra y en la formación de los grupos, sino también, en la aplicación de los tratamientos. La aleatorización puede llevarse hasta las últimas consecuencias: los tratamientos pueden también asignarse de acuerdo con dicho criterio. (Arnau, 2001)

c) **Apareamiento (igualación):** a diferencia de la aleatorización, consiste en igualar a los grupos en relación con algunas variables específicas. Se realiza con base en una variable extraña que el investigador considere que influye de manera decisiva en la VD.

Por ejemplo, un equipo de investigadores estudia el posible efecto del alcohol sobre la percepción taquistoscópica, pero sospecha que la agudeza visual puede ser la variable extraña. Para controlarla, administra una prueba de agudeza visual a toda la muestra y utilizando los "puntajes" o resultados de dicha prueba como variable de apareamiento o criterio forma pares de sujetos con similares puntajes en la prueba y asigna al azar uno de ellos al GE y el otro al GC.

No siempre es posible formar pares de sujetos idénticos o con un mismo puntaje en relación con la variable de apareamiento. ¿Cuánto de discrepancia se puede permitir entre los puntajes para considerar a un par de sujetos como igualado? La decisión corresponde al experimentador, pero el principio es lograr la máxima similitud entre los sujetos.

d) **Control estadístico:** a veces se detecta la relevancia de una variable extraña después del experimento o bien no se dispone de sujetos suficientes para llevar a cabo un adecuado control. En este caso, para el control de esta variable, es posible utilizar un procedimiento estadístico como el análisis de la covarianza (Manzano Patiño, 2018).
e) **El sujeto como propio control o técnica intrasujeto:** también denominada técnica de medidas repetidas, son las técnicas de control descritas más arriba están relacionadas con el diseño experimental clásico de grupos, en tanto que esta técnica se relaciona con los diseños intrasujeto, de más reciente data.

Con este diseño se reduce al máximo las fuentes extrañas de variación, consiguiéndose una máxima homogeneidad en ambos grupos de tratamiento y se aumenta, con ellos, la precisión del diseño para probar la efectividad de los tratamientos. Sin embargo, la utilización de esta estrategia acarrea dos graves peligros o efectos: el "efecto de orden", conocido como "error progresivo" y el "error residual de los tratamientos".

Minimización de la varianza de error

"La varianza de error es la variabilidad de la medida debido a las fluctuaciones aleatorias, que varías ahora en una forma, luego en otra, ahora positiva, después negativa, ahora hacia arriba, ahora hacia abajo" (Kerlinger, 1988, p. 329). Como hemos visto existe una diversidad de determinantes de la varianza de error. Por ejemplo, los errores de medición generados por la variación de respuestas prueban a prueba, las conjeturas y adivinanzas, la falta de atención momentánea, la fatiga temporal ligera, las faltas de memoria, los estados emocionales pasajeros de los sujetos y otras más.

Formas de minimizar la varianza de error: la minimización de la varianza de error puede hacerse:

a) Reduciendo los errores de medición por medio de condiciones controladas. Entre más fuera de control estén las condiciones de un experimento, más podrán operar los muchos determinantes de la varianza de error. En consecuencia, es necesario establecer en forma cuidadosa condiciones experimentales constantes e iguales para todos los sujetos. La constancia de las condiciones es una de las formas más generales de control. Por ejemplo, se debe dar instrucciones claras y precisas y cuidar que los grupos pasen las experiencias a la misma hora, en el mismo lugar, en las mismas condiciones de luz, ventilación, con mismos aparatos, etcétera.

b) Incrementando la confiabilidad de las medidas (de la VD). Este incremento reduce la varianza de error. Recordemos que la confiabilidad puede considerarse como la exactitud de un conjunto de puntajes. Otra poderosa razón para disminuir la varianza de error consiste en dar a la varianza sistemática primaria la oportunidad de mostrarse a sí misma. Si existe una relación entre las variables, se tiene que descubrir. "Una forma de hacerlo es encontrar diferencias significativas entre las medias. Pero, si la varianza de error es grande, la varianza sistemática primaria no tendrá oportunidad de aparecer. Por lo tanto, la relación, aunque exista, quizá no sea detectada" (Kerlinger, 1988, p. 207)



El control y la validez interna y externa

El investigador no manipula una variable sólo para observar lo que ocurre con la otra, sino que, al efectuar un experimento, es necesario realizar una observación controlada. En otras palabras, el investigador "purifica" la relación de la VI con la VD de otras posibles fuentes que afecten a la VD y que nos "contaminan" el experimento (Hernández et al, 2014).

En este sentido, "la calidad de un experimento psicológico está íntimamente relacionada con el control experimental, la variación de las condiciones experimentales y la replicación" (Alarcón,1991, p. 56). El "control experimental", como hemos visto, se refiere fundamentalmente a dos hechos: a la manipulación de la VI y a la minimización de la influencia de las variables extrañas.

Validez interna

Existen diversos factores o fuentes que pueden hacer que nos confundamos y ya no sepamos si la presencia de una VI (o tratamiento experimental) tiene o no un verdadero efecto. Por ejemplo, un experimentador realiza un estudio para observar el efecto que puede tener el comercial X sobre la predisposición de compra hacia el producto que anuncia el comercial. Si se sabe que puede haber otras razones o "causas" por las que las personas piensen en comprar el producto (la calidad del producto, su precio, cualidades, prestigio de la marca, etc.) entonces el experimentador

deberá elaborar el diseño de tal modo que pueda controlar la posible influencia de estas otras "causas".

De otra manera, si se observa que la predisposición de compra es elevada y no hay control, no sabremos si el comercial es la "causa" o lo son las demás "causa" posibles. Estos factores o fuentes de invalidez se tornan en explicaciones rivales a la explicación de que la VI afecta a la VD. A estas explicaciones rivales se les conoce como fuente de invalidación interna porque atenten contra la validez interna de un experimento.

En otras palabras, la validez interna se refiere a qué tanta confianza tiene el investigador en que los resultados del experimento sean posibles de ser interpretados y sean válidos. En este sentido, la validez interna tiene que ver con la calidad del experimento y se logra cuando hay control.

Fuentes de invalidación interna: las explicaciones rivales a la explicación de la VI en su efecto sobre la VD fueron definidas por Campbell y Stanley (1963), se agrupan del siguiente modo:
Factores que se presentan por el paso del tiempo:

a) **Historia:** se refiere al paso del tiempo que afecta la circunstancia del sujeto. Si el experimento requiere largos períodos de exposición de la VI, existen mayores posibilidades para la aparición de variables extrañas como producto del paso del tiempo.

b) **Maduración:** es el paso del tiempo que afecta el desarrollo biopsicológico y produce una modificación interior del sujeto. Este proceso de maduración es distinto en cada sujeto debido a las diferencias individuales. Por esta fuente de invalidez, los sujetos. pueden alcanzar un rendimiento superior o inferior en el postest, a causa de que tienen más edad, están más fatigados, tienen hambre, sienten menos interés, que cuando se les administró el pretest.

Factores que se presentan cuando se aplican pretest:

a) **Procedimientos de pretest:** procedimientos de medición. Se presenta cuando se aplican un pretest. Los seres humanos son sensibles a las pruebas, las recuerdan, el pretest puede servir como una experiencia de aprendizaje. El sujeto recordará algunos ítems del pretest, por lo menos, ya no cometerá los mismos errores en una segunda vez, por ello, obtendrá un porcentaje más alto en el postest que el obtenido en el pretest y el investigador, si no se da cuenta, atribuirá equivocadamente esta mayor puntuación a los efectos de la VI. (Los sujetos pueden modificar sus respuestas en el postest incluso en que se aplique la VI).

b) **Instrumentos de medición:** la instrumentación se produce cuando el investigador, con su actuación, hace que el instrumento (por ejemplo, prueba, cuestionario, ficha de observación, etcétera) no produzca los resultados que se esperan, o por fallas de los instrumentos, especialmente en los aparatos y equipos mecánicos.

Por ejemplo, las mediciones se pueden afectar si el postest es más difícil que el pretest (las medidas no eran equivalentes). Esta fuente de invalidez también se da cuando una misma persona evalúa a los dos grupos (GC y GE) o al mismo grupo antes y después de la aplicación de la VI (X). **Regresión estadística**: se refiere básicamente a la característica que tienen las puntuaciones de un postest de regresionar hacia una tendencia central (regresión a la media). Esta fuente de invalidez se relaciona con la calidad o naturaleza del grupo que se estudia. Se presenta especialmente cuando los grupos se seleccionan sobre las bases de puntajes extremos. En el postest el grupo de sujetos bajo en la variable tiende a presentar una puntuación estadísticamente superior a la del pretest; a la inversa en la misma situación los del grupo alto de la variable tienden a lograr puntajes estadísticamente inferiores. Esta tendencia se debe a la improbabilidad de que se

repitan las circunstancias excepcionales que contribuyen a que una puntuación sea extrema.

Factores que se presentan al trabajar con grupos no igualados:

a) **Selección diferencial de sujetos:** la selección es el proceso de igualación de sujetos para asignarles luego al GE o al GC. Sin embargo, puede haberse producido una selección diferencial de los sujetos. En efecto, cuando se expone a los GE y GC a los efectos de X, por ejemplo, un método de enseñanza de la escritura, y luego se les administra un test, es probable que los resultados de este último reflejen diferencias entre los dos grupos, que bien pueden ser previas a X. Tal vez el grupo experimental tenía mayor habilidad para la escritura que el grupo de control, antes de que ambos fueran sometidos a la acción de X.

b) **Mortalidad experimental:** pérdidas de sujetos. Si un tipo particular de sujetos se retira de un grupo una vez que el experimento ha comenzado, esa pérdida diferencial puede afectar los resultados de la investigación.

c) **Interacción entre selección y maduración:** el paso del tiempo puede en determinado momento, hacer que dos grupos que en un momento fueron iguales, se desnivelen con el transcurrir del tiempo, esto se debe a que los sujetos maduran a diferentes ritmos o velocidades. En efecto, se trata de un efecto de maduración que no es igual en los grupos del experimento, debido a algún factor de selección. La selección resulta en diferentes tasas de maduración.

Validez externa o ecológica

Está relacionada con la representatividad o generalización de los resultados. Por ejemplo: si se encontró que A está relacionado con B en los niños de un aula ¿es posible decir que A está relacionada con B para todos los niños de todas las escuelas?, ¿o deben limitarse los hallazgos a

los niños con los cuales se ha trabajado?

En este tipo de validez es importante cuidar la generalización de muestra de estudio, es decir, si hay representatividad ecológica. En otras palabras, ¿Se mantendrá la relación A con B si el estudio es replicado en una escuela de clase baja? ¿y en una escuela de otra ciudad?

Fuentes de invalidez externa: algunas fuentes de invalidez externa son efecto reactivo o de interacción de las pruebas: muchas veces los reactivos de un test hacen reparar a los sujetos en ciertos hechos de los cuales no estaban advertidos anteriormente (no tenían "conciencia"). Produciéndose en ellos una sensibilización que se entremezcla con la acción de la variable experimental. Al evaluarse los cambios, ellos pueden deberse a la sensibilización de los sujetos.

A continuación, los efectos reactivos de la situación experimental:

a) **"Efecto de novedad".** El equipo de laboratorio, la presencia del experimentador y de sus colaboradores, las instrucciones, etc. Despiertan expectativas que pueden alterar el comportamiento habitual de los sujetos.

b) **"Efecto Hawthorne":** La vivencia de ser observado y de saber que se participa en un estudio hace que los sujetos se esfuercen por alcanzar rendimientos elevados, interfiriendo su desempeño habitual.

En cuanto a las interferencias de los tratamientos múltiples, podemos decir:

> El efecto acumulativo de tratamientos anteriores por los cuales hayan pasado los sujetos bajo situaciones experimentales, y lo que esto implica en sus respuestas posteriores, hace suponer que los hallazgos obtenidos en ellos no puedan hacerse extensivos a individuos que han estado al margen de experiencias experimentales. (Alarcón, 2002, p. 170).

Es común que bajo ciertas situaciones se podrían obtener extensivos datos con márgenes de error.

La actitud de los sujetos: muchos sujetos que participan en estudios experimentales tratan de comportarse según lo creen que el

experimentador espera de ellos. Hay otra minoría que van al experimento con la actitud de "fastídiate".

A menudo, es fácil descubrirlos y eliminarlos, pero a veces no es fácil. En este tipo de validez, es importante cuidar la generalización de la muestra de estudio, es decir, si hay representatividad ecológica. Igualmente es necesario examinar la representatividad de la variable.

El logro de una mayor validez externa está en relación con tener grupos los más parecidos posibles a la mayoría de las personas a quienes se desea generalizar y repetir el experimento varias veces con diferentes grupos, hasta donde fuera posible. También, es conveniente tratar que el contexto experimental sea lo más similar posible al contexto al que se pretende generalizar (Hernández et al, 2014).

Clasificación de los diseños experimentales: después de haber tratado los temas anteriores queda bastante claro que el propósito fundamental del diseño experimental es el control de la varianza secundaria o varianza no deseada (factores extraños).

Si esto se produce adecuadamente, se dan las condiciones para que se ponga de manifiesto la posible acción de las variables experimentales o tratamientos sobre la conducta (V.D). Si esta varianza no ha sido debidamente controlada pasa a incrementar, por lo general, la varianza de error.

Actividades y estructura para la realización de un experimento

Hacer un experimento implica un conjunto de actividades básicas y un procedimiento. En un experimento, el investigador está tratando de descubrir algo nuevo sobre el mundo, una explicación de "por qué" algo pasa. El experimento debe conservar una validez interna y externa,

de lo contrario, los resultados serán inútiles.

Cuando se lleva a cabo el diseño de un experimento, un investigador debe cumplir todas las etapas del método científico, desde asegurarse de que la hipótesis es válida y verificable, hasta la utilización de controles y pruebas estadísticas (Nicaragua, 2018). Si bien todos los científicos usan el raciocinio, la operacionalización y las etapas del proceso científico, esto no siempre es un proceso consciente.

La experiencia y la práctica indican que muchos científicos siguen un proceso involuntario para llevar a cabo un experimento, el proceso científico "simplificado". Seguir los pasos básicos regularmente generará resultados válidos, pero cuando los experimentos son complejos y costosos, es aconsejable seguir las formalidades científicas exactos.

La realización de un experimento tiene una cantidad de etapas, en donde los parámetros y la estructura del experimento están claramente definidos. Si bien seguir cada paso ajustadamente no siempre es práctico, cualquier anormalidad debe estar justificada, ya sea que surja por causas presupuestarias, por falta de practicidad o por ética.

Actividades básicas para efectuar correctamente un experimento: Como se sabe la función básica de cualquierexperimento es la comprobación rigurosa y exacta de las hipótesis planteadas (García, 2020), para este propósito seplantean 6 actividades básicas a ejecutarse para efectuar correctamente un experimento (Sáez, 2017)

- Formulación de las hipótesis
- Selección de las VI y VD adecuadas
- Control de las variables extrañas
- Manipulación de la VI y registro de la VD
- Análisis de varianza producida en la VD o variable de análisis
- Inferencia de las relaciones entre la VI y VD

Estructura de procedimiento del diseño experimental: todo

diseño experimental tiene una estructura de procedimiento que ofrece al investigador sugerencias o reglas para llevar a cabo las siguientes operaciones básicas.

a) Arreglo de las condiciones experimentales de acuerdo a las preguntas de la investigación y a los valores de la VI; establecer cuántos grupos se formarán y por cuántos individuos.

b) Asignación de los individuos a las condiciones experimentales, vale decir cómo se seleccionarán, cómo serán asignados a las condiciones experimentales (en forma aleatoria o por procedimientos).

c) **Establecer una metodología:** determinación de la metodología para administrar la VI, observar y registrar la VD, cuántos tratamientos deben hacerse, como administrar las condiciones experimentales a los grupos.

Las actividades y estructura del experimento persiguen el control de la varianza secundaria y pueden configurarse en un conjunto de diseños experimentales.

El principio Maxmincon

Las actividades arriba anotadas y la estructura del diseño apuntan al mejor control de la varianza secundaria. El principio estadístico que respalda el propósito del control de esta varianza indeseada es el que Kerlinger (1988) mnemotécnicamente ha denominado Maxmincon, cuyo significado es el siguiente:

- Maximización de la varianza primaria
- Minimización de la varianza de error
- Control de la varianza secundaria

La maximización de la varianza primaria se logra maximizando la varianza de las variables de la hipótesis de investigación; es decir, aumentando la magnitud de los valores de la VI, o bien seleccionando sus valores óptimos (los valores más altamente probables de producir

cambios en la VD). En otras palabras, haciendo que las condiciones experimentales sean lo más diferente posible (Kerlinger, 1988). Por ejemplo, si un investigador está estudiando los efectos de dos métodos A1 y A2 sobre el logro académico en ciencias en un grupo de estudiantes secundarios, debe hacer que ambos métodos sean los más diferentes que se pueden.

Al respecto es necesario tener presente que, en términos estadísticos, si la variable independiente no varía en forma sustancial, existen pocas probabilidades de separar su efecto de la varianza total de la variable dependiente; varianza total está compuesta, como sabemos, de varianza primaria y de varianza de error. Es necesario dar a la varianza sistemática primaria, una oportunidad, por decirlo así, para mostrarse a sí misma, para "separarse" de la varianza total. Esta oportunidad la constituye la maximización.

Clasificación de los diseños experimentales

Como sabemos, toda clasificación se realiza en función de determinados criterios, dependiendo de los criterios las clasificaciones son diferentes. Hay diversos criterios, por ejemplo:

a) Según el análisis estadístico se clasifican en diseños paramétricos, no paramétricos, etc.

b) Por la estrategia de la asignación de los sujetos a los tratamientos se clasifican en aleatorizados, apareados, etc.

c) Por el número de variables independientes y tratamientos, se clasifican en univariados o bivariados, experimentales multivariados, etc.

d) También se consideran a los diseños estadísticos o "clásicos" y los diseños "conductuales". Los estadísticos son los que trabajan con grupos, utilizan pruebas estadísticas para la verificación de hipótesis, son los más antiguos, aparecieron alrededor de 1920, y

siguen la tradición estadística comenzada por Ronald Fisher. Los "conductuales", llamados por algunos sin estadística, fueron iniciados o desarrollados por B.F. Skinner, y trabajan con un solo sujeto (N=1) medido varias veces, manteniendo un severo control experimental.

Utilizaremos la clasificación de los diseños experimentales "puros" la taxonomía propuesta por Alarcón (1999), quien utiliza dos criterios. Estos son:

1er. Criterio

a) Según el número de variables independientes

b) Según los niveles o valores que se manipulan en dichas variables (número de tratamientos).

Los diseños se dividen en:

- Diseños univariables bivalentes (manipulan una VI y dos tratamientos).
- Diseños univariables multivalentes (manipulan una variable independiente con más de dos tratamientos experimentales).
- Diseño multivariables (diseños factoriales, manipulan dos o más variables independientes).

2do Criterio

Se refiere a la estrategia de asignación de los sujetos. a los grupos para el control de las variables extrañas. Los diseños se clasifican en:

- Aleatorios, si utilizan la aleatorización para conformar grupos equivalentes.
- Apareados o igualados, cuando se equiparán dos grupos sobre la base de una variable íntima relacionada con la VD que se estudia.
- "Diseños de bloques", se utiliza la técnica de "bloqueo" para conformar grupos de sujetos homogéneos entre sí por alguna característica.

Clasificación de los diseños experimentales según Campbell y Stanley

De manera usual se emplea una gran variedad de diseños experimentales en ciencias duras y más elaboradas (Física, Química, ciencias biológicas y las ciencias agropecuarias), ya que como se sabe constituyen los ideales de la investigación experimental; no resulta muy común su aplicación a las disciplinas sociales. Ante estos sucesos se propone a los diseños preexperimentales y cuasiexperimentales.

De acuerdo con el criterio de frecuencia de utilización y según el grado de control que tengan sobre las variables extrañas, potencialmente influyentes en el estudio, clasifican a los diseños en:

a) Diseños pre-experimentales, aquellos que no tienen la capacidad de controlar adecuadamente la varianza secundaria.

b) Diseños cuasi-experimentales, que prescinden del control de una o más fuentes de varianza secundaria dada la dificultad o imposibilidad de tal control.

c) Diseños experimentales propiamente dichos.

Ahora veremos en la Tabla 1 los diseños preexperimentales, cuasiexperimentales y los experimentales con sus características respectivamente, es necesario por el hecho de comparación y poder denotar cuál de los 3 grupos es conveniente, porque como sabemos para elegir un diseño se necesita de previas evaluaciones y ajustes, así como las ventajas y desventajas que estas podrían tener al momento de ser usadas.

Tabla 1

Cuadro comparativo de los diseños experimentales

	Diseños preexperimentales	**Diseños cuasiexperimentales**	**Diseños experimentales**
¿Presencia de un grupo control?	En algunos casos	Sí	Sí
¿Selección aleatoria de sujetos de una población?	No	Sí, pero restringida en los grupos preasignados	Sí
¿Asignación aleatoria de sujetos a grupos?	No	No	Sí
¿Asignación aleatoria de tratamientos a grupos?	No	Es posible	Sí
Grado de control sobre las variables extrañas.	Bajo	Moderado	Alto

Nota: Esta tabla muestra la comparación de los diseños experimentales.

Fuente: Salkind (1998).

Simbología utilizada en la esquematización de los diseños

En metodología de la investigación se utilizan un conjunto de signos y símbolos que usualmente se utilizan en la descripción de cada uno de ellos. Estos signos y símbolos son los siguientes:

X = designa el tratamiento experimental (la presencia de una VI en el estudio. El tratamiento es un estímulo o condición experimental (presencia de algún nivel de la VI).

O= designa una observación o medición (prueba, cuestionario, observación, tarea, etc.). Si aparece entes del tratamiento se trata de un

pretest; si aparece después del estímulo se trata de un postest.

A = asignación al azar o aleatorización (controla los factores de selección, también se le conoce como randomización R).

Ap = Apareamiento.

----------= Línea quebrada, indicará que se han usado grupos intactos (control incompleto del sesgo o influencia del factor selección).

=Línea continua. Indicará que se han usado grupos aleatorizados.

G = Grupos de sujetos (G1, grupo uno; G2, grupo dos, etc.)



Los diseños experimentales

El estudio de los diseños preexperimentales tiene relevancia porque son elementos de los diseños experimentales y además ilustran la forma en que las variables extrañas pueden influir principalmente en la validez interna de un diseño, es decir nos dan a conocer lo que no se debe hacer y lo que se deberá hacer.

Los modelos de diseño de experimentos son modelos estadísticos clásicos cuyo objetivo es averiguar si unos determinados factores influyen en una variable de interés, y si existe influencia de algún factor, cuantificar dicha influencia. Unos ejemplos donde habría que utilizar estos modelos son los siguientes: en el rendimiento de un determinado tipo de máquina (unidades producidas por día); se desea estudiar la influencia del trabajador que la maneja y la marca de la máquina.

La metodología del diseño de experimentos se basa en la experimentación. Es sabido que, si se repite un experimento, en condiciones indistinguibles, los resultados presentan una cierta variabilidad. Si la experimentación se realiza en un laboratorio donde la mayoría de las causas de variabilidad están muy controladas, el error experimental será pequeño y habrá poca variación en los resultados

del experimento. Pero si se experimenta en procesos industriales o administrativos la variabilidad será mayor en la mayoría de los casos (Box et al., 2018).

El objetivo del diseño de experimentos es estudiar si cuando se utiliza un determinado tratamiento se produce una mejora en el proceso o no. Para ello se debe experimentar aplicando el tratamiento y no aplicándolo. Si la variabilidad experimental es grande, sólo se detectará la influencia del uso del tratamiento cuando éste produzca grandes cambios en relación con el error de observación

La metodología del diseño de experimentos estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta; de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés. Para que la metodología de diseño de experimentos sea eficaz es fundamental que el experimento esté bien diseñado. Un experimento se realiza por alguno de los siguientes motivos:

a) Determinar las principales causas de variación en la respuesta.

b) Encontrar las condiciones experimentales con las que se consigue un valor extremo en la variable de interés o respuesta.

c) Comparar las respuestas en diferentes niveles de observación de variables controladas.

d) Obtener un modelo estadístico-matemático que permita hacer predicciones de respuestas futuras.

La utilización de los modelos de diseño de experimentos se basa en la experimentación y en el análisis de los resultados que se obtienen en un experimento bien planificado. En muy pocas ocasiones es posible utilizar estos métodos a partir de datos disponibles o datos históricos, aunque también se puede aprender de los estudios realizados a partir de

datos recogidos por observación, de forma aleatoria y no planificada.

En el análisis estadístico de datos históricos se pueden cometer diferentes errores, los más comunes son los siguientes:

a) **Inconsistencia de los datos:** los procesos cambian con el tiempo, se producen cambios en el personal (cambios de personas, mejoras del personal por procesos de aprendizaje, motivación, etc.), cambios en las máquinas (reposiciones, reparaciones, envejecimiento, etc.). Estos cambios tienen influencia en los datos recogidos, lo que hace que los datos históricos sean poco fiables, sobre todo si se han recogido en un amplio espacio de tiempo.

b) **Variables con fuerte correlación:** puede ocurrir que en el proceso existan dos o más variables altamente correlacionadas que pueden llevar a situaciones confusas. Por ejemplo, en el proceso hay dos variables X_1 y X_2 fuertemente correlacionadas que influyen en la respuesta, pero si en los datos que se tiene aumenta al mismo tiempo el valor de las dos variables no es posible distinguir si la influencia es debida a una u otra o a ambas variables (confusión de los efectos). Otra situación problemática se presenta si solo se dispone de datos de una variable (por ejemplo, de X_1 y no de $X_{2),}$ lo que puede llevar a pensar que la variable influyente es la X1 cuando, en realidad, la variable influyente es la X2 (variable oculta).

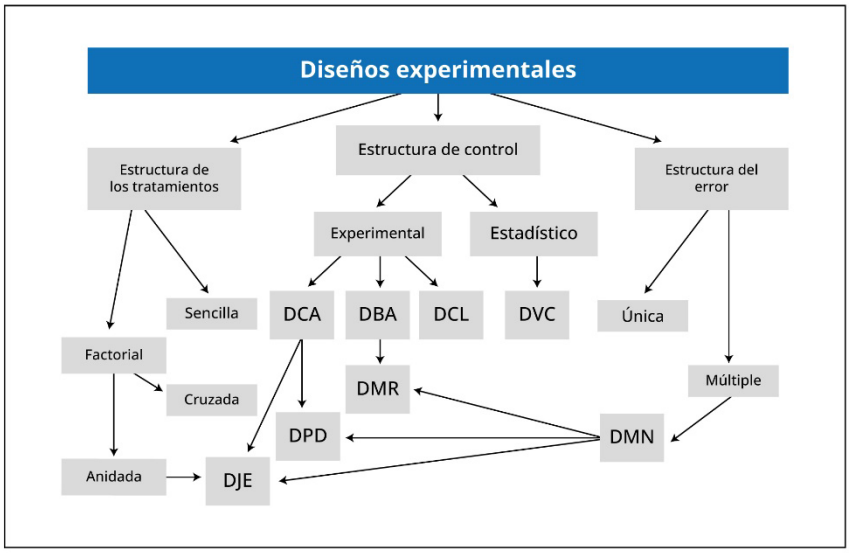
c) **El rango de las variables controladas es limitado:** si el rango de una de las variables importantes e influyentes en el proceso es pequeño, no se puede saber su influencia fuera de ese rango y puede quedar oculta su relación con la variable de interés o lo cambios que se producen en la relación fuera del rango observado.

d) Esto suele ocurrir cuando se utilizan los datos recogidos al trabajar

el proceso en condiciones normales y no se experimenta (cambiando las condiciones de funcionamiento) para observar el comportamiento del proceso en situaciones nuevas.

Figura 1.

Diseños experimentales



DCA: Diseño completamente aleatorio. **DBA:** Diseño de bloqueos aleatorios.
DCL: Diseño de cuadro latino. **DVC:** Diseño con variables concomitantes.
DMR: Diseño de medidas repetidas. **DPD:** Diseño de parcela dividida.
DJE: Diseño jerárquico **DMN:** Diseño multinivel.

Nota: Tomado de Ato et al. (2013).

Tipos de variabilidad

Uno de los principales objetivos de los modelos estadísticos y, en particular, de los modelos de diseño de experimentos, es controlar la variabilidad de un proceso aleatorio que puede tener diferente origen. De hecho, los resultados de cualquier experimento están sometidos a tres tipos de variabilidad cuyas características son las siguientes:

a) **Variabilidad sistemática y planificada:** esta variabilidad viene originada por la posible dispersión de los resultados debida a diferencias sistemáticas entre las distintas condiciones experimentales impuestas en el diseño por expreso deseo del experimentador. Es el tipo de variabilidad que se intenta identificar con el diseño estadístico. Cuando este tipo de variabilidad está presente y tiene un tamaño importante, se espera que las respuestas tiendan a agruparse formando grupos (clusters). Es deseable que exista esta variabilidad y que sea identificada y cuantificada por el modelo.

b) **Variabilidad típica de la naturaleza del problema y del experimento**: es la variabilidad debida al ruido aleatorio. Este término incluye, entre otros, a la componente de variabilidad no planificada denominada error de medida. Es una variabilidad impredecible e inevitable. Esta variabilidad es la causante de que si en un laboratorio se toman medidas repetidas de un mismo objeto ocurra que, en muchos casos, la segunda medida no sea igual a la primera y, más aún, no se puede predecir sin error el valor de la tercera. Sin embargo, bajo el aparente caos, existe un patrón regular de comportamiento en esas medidas: todas ellas tenderán a fluctuar en torno a un valor central y siguiendo un modelo de probabilidad que será importante estimar. Esta variabilidad es inevitable, pero, si el experimento ha sido bien planificado, es posible estimar (medir) su valor, lo que es de gran importancia para obtener conclusiones y poder hacer predicciones. Es una variabilidad que va a estar siempre presente, pero que es tolerable.

c) **Variabilidad sistemática y no planificada:** esta variabilidad produce una variación sistemática en los resultados y es debida a causas desconocidas y no planificadas. En otras palabras, los resultados están siendo sesgados sistemáticamente por causas desconocidas. La presencia de esta variabilidad supone la principal causa de

conclusiones erróneas y estudios incorrectos al ajustar un modelo estadístico. Entonces existen dos estrategias básicas para tratar de evitar la presencia de este tipo de variabilidad: la aleatorización y la técnica de bloques. Este tipo de variabilidad debe de intentar evitarse y su presencia lleva a conclusiones erróneas.

Estudio de caso con una sola mediación

Se basa en administrar un estímulo o tratamiento (X), por ejemplo, una película, un discurso, un método educativo, un comercial televisivo, etc., a un grupo (G), y después aplicar una medición en una o más variables para observar (O) cuál es el nivel del grupo en estas variables.

Diagrama:

G X O

En este diseño no hay manipulación de la VI, vale decir, no hay niveles de ella, ni siquiera los niveles mínimos de presencia-ausencia. Tampoco hay una referencia de cuál era el nivel que tenía el G antes del estímulo y, además, no hay grupo de comparación. Al empezar este diseño, el investigador no tiene sustentos reales para asegurar que los cambios hayan sido producidos realmente por la VI.

Veamos el siguiente ejemplo. Un investigador ensaya un programa de enseñanza de la aritmética administrándolo a un grupo (G) de escolares de un aula. Después de un tiempo hace la observación (O) por medio de una prueba de aritmética y encuentra puntajes elevados. Concluye que estos puntajes indicadores del aprendizaje de la aritmética se deben al programa. Sin embargo, el investigador no conoce:

a) Si experiencias específicas (historia), diferentes al programa de aritmética, han contribuido a tales puntajes.
b) Si realmente hubo un cambio con relación a los niveles anteriores de rendimiento en aritmética, si lo hubo, si es estable.
c) Si los estudiantes que participaron del programa tenían

probabilidades de cambiar o elevar sus rendimientos en alguna forma como una función de selección o maduración.

En otras palabras, el uso de este diseño acarrea muchas fuentes de invalidez que hace que los resultados sean muy discutidos, porque surgirá la hipótesis de que variables extrañas o intervinientes estarán produciendo los efectos. Es conveniente anotar que en la vida diaria obtendremos mucha información de acuerdo con este esquema. Por ejemplo, si alguien utiliza un producto y observa que sus efectos le son convenientes para sus propósitos puede recomendárnoslo y nosotros aceptar tal recomendación y consumir el producto. Si bien es conveniente aceptar el consejo de otras personas sobre eventos, productos y servicios para nuestra vida diaria sino se dispone de una información objetiva, esta no es una forma satisfactoria de acumular conocimientos cuando hablamos en términos científicos porque somos procesadores sesgados de información.

Diseño pretest-postest con un solo grupo

La ejecución de este diseño implica tres pasos:

1) A un grupo se le administra un pretest (O1) previo al estímulo o tratamiento experimental.
2) Aplicación del tratamiento o VI (X) a los sujetos del grupo (G).
3) Se realiza una prueba posterior (O2) al tratamiento.

Diagrama:

$$G \qquad O_1 \qquad X \qquad O_2$$

Ejemplo: para descubrir si un nuevo método de enseñanza aumentará la velocidad de lectura, un investigador realiza el siguiente procedimiento:

1) Administra un test para medir la velocidad de la lectura de un

solo grupo y obtiene una media correspondiente a este último (O1).

2) Expone a los sujetos a X, vale decir el nuevo método de enseñanza, durante un lapso determinado.
3) Administra un postest – (O2) – para medir la velocidad de lectura y compara las medias del pre y postest para descubrir que diferencias produjo la exposición a X.
4) Utiliza la técnica estadística más apropiada para averiguar si la diferencia es significativa.

El paradigma del diseño considerado se sintetiza en la Tabla 2.

Tabla 2

Paradigma del diseño

Pretest	VI	Postest
1	X	2
Media de velocidad de lectura para el grupo		Media de velocidad de lectura para el grupo
50 palabras/minuto		80 palabras / minuto

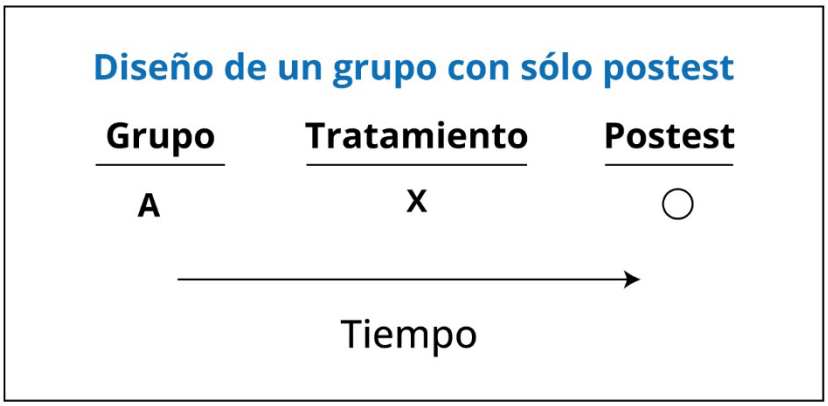
Nota: Esta tabla muestra los paradigmas del diseño. Elaboración propia.

01 – 02 o 80 – 50 = 30 palabras/minuto (la diferencia entre las medias "causadas" presumiblemente por X, el nuevo método de enseñanza). Este diseño tiene una ventaja sobre el diseño anterior (un grupo sólo después), hay un punto de referencia inicial para ver qué nivel tenía (G) en la VD, antes del estímulo. Es decir, hay un seguimiento

del grupo. El uso del prestest proporciona información que permite al investigador averiguar cómo se desempeñaban los sujetos antes de ser expuestos a la acción de X y quienes se retiraron del experimento. Sin embargo, si el experimento buscara "relaciones de causalidad", el diseño no resulta conveniente para estos fines. Observar Figura 2.

Figura 2

Diseño pretest-postest con un solo grupo



Nota: Tomado de León y Rius (2019).

En efecto, al no haber grupo control el investigador no puede asumir que el posible cambio entre el pre (O_1) y el postest (O_2) haya sido producido realmente por X, aun cuando existan diferencias entre esas mediciones, ya que existe la probabilidad que estas diferencias se deban a las influencias de otras variables extrañas (Sánchez y Reyes, 1990, p. 201). Las fuentes de invalidez que pueden actuar en este diseño son las siguientes:

a) Historia: entre O_1 y O_2 pueden ocurrir otros acontecimientos capaces de generar cambios además de X, y entere mayor sea el lapso entre esas mediciones mayor será también la posibilidad de que actúe

esta fuente de invalidez.

b) Maduración: entre O_1 y O_2 puede presentarse la fatiga, el aburrimiento, etc.

c) Regresión estadística: en efecto, se corre el riesgo de elegir un grupo atípico o que en el momento del experimento no se encuentre en su estado normal y dar la oportunidad a que actúe la regresión estadística. Es de recordar que deberá esperarse un cambio en el puntaje en el postest, incluso si no hay efecto del tratamiento, siempre y cuando los sujetos seleccionados tengan puntajes extremos en el prestest y las dos pruebas carezcan de confiabilidad perfecta. Una solución es la de seleccionar sólo a aquellos sujetos que tienen puntajes promedios en el prestest. Una mejor solución consiste en usar un GC al que se le administra el pre y el postest, pero no la VI.

d) Puede haber un efecto del pretest sobre el postest, es decir, las diferencias que se observan entre el pre y el post pueden ser debidas al efecto del pre por la reactividad (sensibilización) a los instrumentos de medición. Es necesario anotar que algunos tratadistas consideran que con este diseño se logra el control de las variables derivadas de la igualación de sujetos. En efecto, esta apreciación deriva de considerar al pretest como la prueba que rinde el grupo control (GC) y el postest, como la que rinde el grupo como su propio control; como quiera que el mismo grupo ha dado el pretest y el postest, se asume que son dos grupos iguales, por lo que se puede comparar ambas puntuaciones en la seguridad de que pertenecen a grupos igualados; sin embargo, este diseño no puede controlar, como anotamos más arriba, varias de las fuentes de invalidez.

Utilidad de los diseños o estrategias preexperimentales

Estos diseños no son adecuados para el establecimiento de relaciones ente la VI y la VD en vista de su debilidad en cuanto a la posibilidad

de control y validez interna. Son útiles en la medida en que podemos considerarlos como ensayos exploratorios y ensayos de otros diseños de mayor control (Manterola et al., 2019)

Por ejemplo, si el investigador tiene dudas sobre el estímulo o la manera de administrar las mediciones cómo debe darse una instrucción, cómo reaccionarán los sujetos al estímulo, etc.; puede ensayar el experimento mediante un diseño preexperimental y, después, llevar a cabo el experimento mediante un diseño más confiable. En síntesis, son útiles como un primer acercamiento, pero de ellos deben derivarse estudios más profundos.

Finalizando, es necesario anotar que estos diseños abundan en la investigación educacional e industrial y también, en frecuencia menor, en psicología. Por ejemplo, se les emplea para el estudio de programas de desarrollo organizacional, la evaluación de la introducción de innovaciones, de métodos de enseñanza, etc. Si no se conoce sus alcances y limitaciones pueden llevar a juicios aventurados y afirmaciones sin fundamento sólido. Deberían utilizarse como último recurso cuando no son aplicables los diseños experimentales y los cuasiexperimentales.

Diseños cuasiexperimentales

Hay muchas situaciones especialmente de tipo educativo y terapéutico donde no podemos formar grupos equivalentes antes de introducir el tratamiento o VI. Sin embargo, como bien sabemos en cuanto a la validez interna y externa, necesitamos de procedimientos que nos permitan eliminar o reducir al máximo posible la influencia de los factores de confusión.

En este sentido, los diseños cuasiexperimentales representan un adelanto respecto de los diseños preexperimentales. “La investigación cuasi experimental proviene del ámbito educativo, donde la investigación de ciertos fenómenos no podía llevarse a cabo siguiendo

los procedimientos experimentales" (Campbell y Stanley, 1966, p. 149).

En las últimas décadas, han adquirido gran protagonismo en la investigación aplicada. Se utilizan en situaciones en las que no se pueden asignar aleatoriamente los sujetos a las distintas condiciones. Menor grado de control sobre los efectos de la VVEE que en los diseños experimentales. Quien investiga puede maximizar las diferencias en la VI (la varianza sistemática primaria); y minimizar la varianza error.

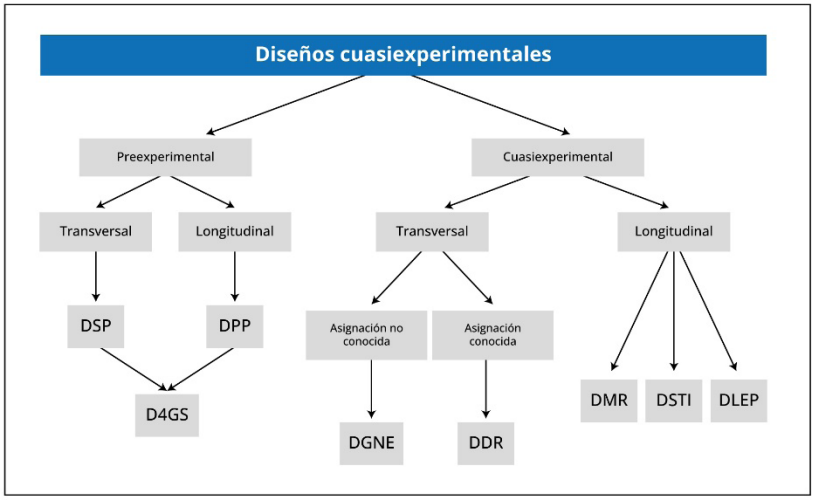
Sin embargo, no puede controlar la varianza sistemática secundaria causada por las amenazas a la validez interna. El personal investigador no tiene recursos para controlar la formación de los grupos. La regla de asignación de los sujetos a los grupos no es aleatoria y, en la mayoría de los casos, no es conocida. Una de las principales tareas de quien investiga es identificar las posibles amenazas a la validez interna para tenerlas en cuenta o neutralizarlas. Tendrá que separar por otros medios los efectos debidos a la VI de los debidos a las VVEE que pueden influir en la VD (cuantos más factores extraños se descarten, mayor validez tendrá el estudio). Mide los efectos del tratamiento sobre la VD (puede haber uno o más tratamientos). Comparte la lógica del paradigma experimental que implica que, para poder establecer relaciones causales, se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

La VI debe anteceder a la VD. Debe existir covariación entre las variables. Se deben poder descartar explicaciones alternativas. (Este es el punto que más problemas plantea en este contexto, pero es crucial para poder establecer inferencias causales). La investigación se lleva a cabo en situaciones donde suele darse de forma natural la conducta objeto de estudio, por eso suele tener mayor validez externa (aunque, como hemos visto, su validez interna sea más débil).

Son de gran utilidad en la evaluación de programas de intervención psicológica o social, para mejorar su planificación y control. Sirven para evaluar la efectividad y eficacia de los programas en diversos ámbitos: salud, educación, bienestar y otros servicios sociales. Pueden ser apreciados en la Figura 3

Figura 3

Diseños cuasiexperimentales



DSP: diseño solamente postest. **DPP:** diseño pretest-postest.
D4GS: diseño cuasiexperimental de 4 grupo de Solomon.
DGNE: diseño con grupos no equivalentes.
DDR: diseño de discontinuidad de la regresión.
DMR: diseño cuasiexperimental de medidas repetidas.
DSTI: diseño de series temporales interrumpidas.
DLEP: diseño longitudinal en panel.

Nota: Tomado de Ato et al. (17 de marzo del 2021).

Estos diseños cuasiexperimentales se caracterizan por lo siguiente:

a) "No constituyen experimentos perfectos (puros), pero son sustancialmente más adecuados que los preexperimentales ya que controlan algunas, aunque no todas, las fuentes de invalidez" (Sánchez y Reyes, 1990, p. 156).

b) Los diseños cuasi experimentales son muy parecidos a los experimentales, salvo la asignación al azar o el emparejamiento; la interpretación es similar, las comparaciones son las mismas y los análisis estadísticos iguales (salvo que a veces se consideran las pruebas para datos no correlacionados). La ausencia de la asignación al azar hace que se ponga especial atención al interpretar los resultados y se tenga sumo cuidado de no caer en interpretaciones erróneas. Para una adecuada interpretación de sus resultados se debe tener en cuenta los siguiente: las limitaciones deben ser identificadas con claridad; la equivalencia de los grupos tiene que discutirse; la posibilidad de generar los resultados, así como la representatividad, deberá argumentarse sobre una base lógica (Cruz y Ríos, 2021). La falta de aleatorización introduce posibles problemas de validez interna y externa. Estos diseños tienen que luchar con la selección como posible fuente de interpretación equivocada; la interacción de la selección y otros factores; y los efectos de la regresión. (Agudelo, Aigneren y Ruiz, 2008)

c) Debido a los problemas potenciales de validez interna, se debe intentar establecer la semejanza entre los grupos. Esto implica considerar las características o variables que puedan estar relacionadas con las variables estudiadas. Por ejemplo: si grupos intactos de trabajadores están involucrados en un experimento sobre motivación, el turno probablemente tenga que ser introducido como una constante (grupos intactos, todos los del mismo turno) o como otra variable independiente (de control). Así mismo, se debe hacer que los grupos sean equiparables en salarios, productividad, competencia, antigüedad en la organización y en general en todo lo que pueda generar diferencias entre los grupos. Para el mejor logro de esta equiparación se requiere contar con la mayor información

posible sobre los grupos.

Hay varios diseños de tipo cuasiexperimental. Ahora examinaremos los más utilizados. Los diseños cuasiexperimentales más usados siguen la misma lógica e involucran la comparación de los grupos de tratamiento y control como en las pruebas aleatorias.

En otros diseños, el grupo de tratamiento se emplea como su propio control (se establece una comparación entre el "antes" y el "después") y se utilizan métodos de series de tiempo para evaluar el impacto neto del programa (Salazar y Lindo, 2019). Aunque los cuasiexperimentos son más vulnerables a las amenazas a la validez que las pruebas aleatorias, los cuasiexperimentos no requieren asignaciones aleatorias a los grupos experimentales y por eso son generalmente más factibles que las pruebas aleatorias.

Las ventajas principales del diseño de grupo control no equivalente son las siguientes:

a) Provee una aproximación al experimento aleatorio cuando la aleatoriedad no es posible.
b) Es versátil. Como las pruebas aleatorias, los cuasi-experimentos pueden usarse para medir resultados a nivel poblacional o de programa.
c) Cuando se diseñan, controlan y analizan apropiadamente, los cuasi-experimentos pueden ofrecer una evidencia casi tan fuerte del impacto del programa.

Sin embargo, el diseño de grupo control no equivalente está sujeto a los mismos supuestos generales y limitaciones que las pruebas aleatorias expuestos anteriormente (fuera de los que contemplan la aleatoriedad). Además, el cuasiexperimento es más vulnerable a los sesgos de selección, o sea, que el grupo de tratamiento puede diferir del grupo control en características que están correlacionadas con los resultados estudiados, distorsionando los resultados del impacto.

Depende mucho de los métodos estadísticos multivariables y es, por lo tanto, sensible al uso de modelos estadísticos apropiados y al tratamiento correcto de los problemas de estimación estadística. En la práctica, los estudios cuasi-experimentales a menudo pueden compensar las diferencias en las características clave de los grupos experimentales a través del pareo y el análisis multivariable. Sin embargo, una preocupación latente es que los grupos experimentales difieran en factores no observados que influyen en los resultados del estudio.

A diferencia de los efectos distorsionantes en factores observables y que pueden tomarse en cuenta mediante el pareo y la introducción de variables de control en modelos estadísticos multivariables, los factores no observables (por ejemplo, predisposición o motivación diferencial) no pueden ser compensados de esta forma y pueden conducir a estimaciones de impacto de programa equivocadas y/o sesgadas. Este factor de heterogeneidad "no observada" es, de hecho, una preocupación en todos los diseños de estudio que no sean pruebas aleatorizadas.

Este diseño es semejante al "pretest-postest con un solo grupo", pero con algunos aditamentos más, que lo hacen mejor para el control de la varianza secundaria. Se toman varias mediciones repetidas antes, luego se introduce el tratamiento experimental y se toman varias mediciones después. Las mediciones son programadas en intervalos fijos de tiempo, debiéndose practicar no menos de tres antes y después de introducir la VI. Las observaciones "antes" permiten establecer la tendencia de la conducta, de tal modo que al introducir X los cambios que se observan en la VD se atribuyan al tratamiento.

Diagrama:

$$G \quad 0_1 \quad 0_2 \quad 0_3 \quad X \quad 0_4 \quad 0_5 \quad 0_6$$

Este diseño permite un mejor control de las variables extrañas

que se indicaron en el diseño preexperimental pretest-postest. En efecto, si las O_1, O_2, O_3... no difieren significativamente, se podrá lograr confiabilidad acerca del funcionamiento que se estudió; al introducirse X su efecto hará variar la tendencia de las observaciones en el punto donde se aplica, de ser inmediatos sus efectos. Por tanto, la diferencia entre O_3 y O_4 no podrán atribuirse con certeza a factores rivales, como mediaciones previas, maduración o los efectos de la regresión.

La posibilidad de atribuir los cambios a la acción de X depende, pues, de la estabilidad de las puntuaciones previas. Sin embargo, las observaciones múltiples no sustituyen al control experimental, aunque minimizan los efectos de algunas variables competitivas.

El mayor obstáculo es la "historia"; no hay seguridad para afirmar que la VI, fue la causa del cambio de O_4 a O_5, además, hay que tener cuidado en cuanto a la duración del experimento. Si este es muy largo los resultados pueden acusar la influencia de la maduración; otro riesgo, es la mortandad experimental, o la fatiga o el cansancio.

Con acuerdo a este diseño a los grupos no aleatorizados se les administra un pretest que puede servir para verificar la equivalencia inicial de los grupos (si son equiparables no debe haber diferencias significativas ente los pretest de los grupos).

Diagrama:

G_1	**O_1**	**X**	**O_2**
G_2	**O_3**	**---**	**O_4**

El diseño puede extenderse a más de dos grupos (niveles de manipulación de la VI).

Diagrama:

G_1	O_1	X_1	O_2
G_2	O_3	X_2	O_4
G_3	O_5	X_3	O_6
…	…	…	…
G_k	O_{2k-1}	X_k	O_{2k}
G_{k+1}	O_{2K+1}	…	O_{2k+2}

Este diseño no es conveniente utilizado cuando el grupo experimental es autoseleccionado, es decir, está conformado por voluntarios y se compara a éstos con otros no voluntarios (aquí no se estaría controlando la selección).

Ejemplo: un investigador observa en un hospital ciertos problemas de insatisfacción laboral. Elabora un programa motivacional y decide estudiar sus efectos sobre la moral del personal. Es poco factible llevar a cabo un experimento porque el personal no puede asignarse a distintos grupos de tratamiento en vista de que este afectará la marcha de los servicios.

En consecuencia, decide usar otro hospital con características similares (tamaño, localización geográfica, etc.) en el cual no se introduce el programa. Recolecta datos con un cuestionario para evaluar la moral del personal en ambos hospitales antes de introducir el programa (pretest). Después recolecta datos tras implantar el programa en el hospital (postest).

Este es uno de los mejores diseños cuasi-experimentales que puede ser utilizado con grupos intactos o preformados, por ejemplo, aulas de clase, sujetos pertenecientes a una clase social, etc. la estrategia de este diseño es dar a cada grupo todos los tratamientos experimentales.

a) Igualar las diferencias entre los grupos, supliendo a la asignación

aleatoria que no es posible utilizar con grupos intactos o naturales.

b) Controlar la influencia del orden en el que se administran los tratamientos.

c) Controlar los efectos de la práctica y la transformación de aprendizaje que generan los tratamientos.

Tabla 3

Diagrama de tratamientos de los periodos

Periodos	Tratamientos			
	X_1	X_2	X_3	X_4
Grupo 1	A	B	C	D
Grupo 2	C	A	D	B
Grupo 3	B	D	A	C
Grupo 4	D	C	B	A

Nota. Esta tabla muestra el diagrama de tratamientos de los períodos.

En la Tabla 3 se puede apreciar que el diagrama es válido para un "diseño contrabalanceado" de una variable X con cuatro valores. Para los cuatro tratamientos X_1, X_2, X_3, X_4, se requieren cuatro grupos A, B, C, D. Cada grupo se expone a los diferentes períodos o replicaciones 1, 2, ,3, 4. cómo se observa, cada tratamiento aparece una sola vez en cada columna y en cada fila. La matriz adquiere la disposición estándar de un "cuadro latino 4x4". Este diseño ha demostrado su eficiencia en estudios don reducido número de sujetos y cuando se investigan varias

condiciones experimentales. Tiene varias ventajas:

a) Cada sujeto actúa como su propio control en tareas diferentes. Lo cual hace que se controle la dispersión de los rendimientos, así como se torne innecesario la utilización del pretest y también la igualación de los grupos, puesto que las comparaciones se efectúan entre las ejecuciones de los mismos sujetos.

b) Si hubiera diferencias entre los grupos (por no ser aleatorizados) las diferencias entre las ejecuciones se compensan al pasar todos los grupos por todas las condiciones experimentales.

La limitación más seria de este diseño es la de los "efectos residuales"; esto es, el efecto que produce un tratamiento en el período inmediato siguiente y en los tratamientos posteriores. Es recomendable separar dos períodos de tratamiento por un intervalo de tiempo suficientemente largo para que dichos efectos desaparezcan. El tratamiento estadístico de estos diseños se realiza por medio del análisis de varianza que se dirige a estimar los efectos de los diversos tratamientos para determinar si hay diferencias significativas entre ellos.

Ejemplo: un investigador realiza un estudio para tratar de establecer qué tipo de material: sílabas, figuras y números, memorizan más fácilmente lo escolares. Para la investigación cuenta únicamente con aulas enteras de escolares. Es posible que factores como la inteligencia,

motivación, etc. al no ser controlados influyan en los resultados. Sin embargo, si se administran todos los tratamientos a todos los sujetos del grupo, se compensarán las influencias de aquellos factores. En consecuencia, el investigador selecciona a tres de las aulas y cada uno de los tres grupos (A, B, C) es sometido a cada uno de los valores de la VI, en secuencias diferentes. El esquema del estudio es el que se observa en la Tabla 4.

Tabla 4

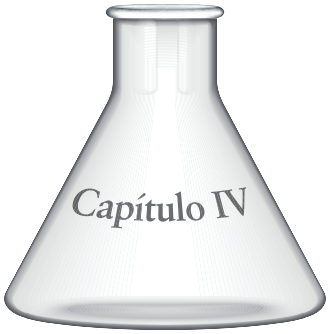
Diagrama de tratamientos.

	Tratamientos		
Periodos	X_1	X_2	X_3
Grupo 1	A	B	C
Grupo 2	B	C	A
Grupo 3	C	A	B

Sumas	Y_1	Y_2	Y_3

Nota: Esta tabla muestra el diagrama de tratamientos. Adaptado de Alarcón (1991).

El contrabalanceo es una técnica que se utiliza en diseños experimentales rigurosos, completamente aleatorizados; sin embargo, como hemos visto, también se le utiliza en diseños cuasiexperimentales en situaciones en que no se puede emplear alguna técnica de formación.



Los diseños experimentales univariables bivalentes

Los experimentos "verdaderos" son aquellos que reúnen los dos requisitos para lograr el control y la validez interna: grupos de control (manipulación de la variable independiente o de varias independientes); y equivalencia de los grupos.

Estos diseños pueden abarcar una o más variables independientes y una o más dependientes; pueden utilizar pretest y postest para analizar la evolución de los grupos antes y después del tratamiento experimental, aunque no todos los diseños experimentales utilizan prestest, pero la postprueba es necesaria para determinar los efectos de las condiciones experimentales (Agudelo, Aigneren y Ruiz (2008)). Asimismo, con este o cualquier otro tipo de diseño, el investigador también debe tomar una decisión relativa a:

a) Si utilizará sujetos diferentes para cada uno de los grupos de tratamiento, si mantener entre si ningún tipo de relación (diseños no relacionados).

b) Si utilizará sujetos diferentes para cada uno de los dos grupos de tratamiento, pero apareados de acuerdo con algún tipo de criterio. Esta decisión es de capital importancia, ya que ella depende, en gran parte, el tipo de análisis estadístico para analizar los datos (Gómez y Reidl, 2010).

Una modificación a este plan experimental original permite utilizar dos grupos experimentales, cada uno asignado a un tratamiento diferente. Una condición básica para la utilización de este tipo de diseño específico es la homogeneidad y equivalencia de los grupos antes de la aplicación de X.

Diseño de dos grupos totalmente aleatorizados

Grupo control y grupo experimental: (Diseño con postest únicamente y grupo de control).

Diagrama:

GE	**X**	**O_1**
GC		**O_2**

La equivalencia de los grupos es la idea esencial y está se apoya en la técnica de selección de la muestra de entre la población; en otras palabras, se pretende establecer un "modelo reducido" que equivalga en su composición a toda la población de donde se ha extraído.

Por ejemplo, si decidirnos trabajar con 100 universitarios, las 100 unidades deben condensar las características generales de esa población universitaria de tal modo que los resultados puedan generalizarse al universo. La muestra representativa de sujetos tomada al azar de la población es asignada aleatoriamente a dos condiciones experimentales (GE y GC) en vista que la manipulación de la VI alcanza sólo dos niveles: presencia y ausencia. Al ser asignadas las unidades experimentales por aleatorización se supone que los grupos serán de hecho equivalentes en todas las variables que puedan afectar a la VD. Si sometemos a tratamientos experimentales diferentes a cada grupo, las diferentes estadísticas que pudieran observarse al medir la VD, deben atribuirse a la acción de los diferentes X. El investigador debe cuidar que ambos

grupos permanezcan equivalentes a lo largo de todo el experimento salvo por la presencia-ausencia de la VI, observando cuidadosamente que no ocurra algo que afecte sólo a un grupo.

Por ejemplo: la hora en el que se realiza las observaciones debe ser la misma para ambos grupos, igual debe suceder con las condiciones ambientales. El postest debe ser administrado inmediatamente después de que concluya el experimento, especialmente si la VD tiende a cambiar con el paso del tiempo, y debe ser aplicado simultáneamente a ambos grupos (o ir mezclando a un sujeto de un grupo con un sujeto del otro grupo cuando la participación es individual. El desarrollo del diseño tiene las siguientes etapas:

a) Definir la población a quien se pretende generalizar los resultados de la investigación.
b) Determinar el número de unidades para el experimento y seleccionarlas aleatoriamente.
c) Asignar aleatoriamente las unidades experimentales a cada condición.
d) Exponer a distinto tratamiento experimental a los grupos.
e) Medir la VD, en ambos grupos.
f) Comparar los resultados de los grupos.

Este diseño puede extenderse para incluir más de dos grupos (es decir, tener varios niveles de manipulación de la VI). En este caso se usan más de dos tratamientos experimentales, además del GC.

También pueden compararse dos valores de la VI, por ejemplo, dos nuevos métodos de enseñanza de la matemática; un grupo de trabajo bajo liderazgo autocrático con otro de liderazgo democrático; o dos situaciones de privación de alimento de 12 y 24 horas. En estos casos la comparación se realiza con dos grupos experimentales, cada uno asume un valor de la VI, desaparece el clásico GC, aunque subsiste la comparación exigida por el método experimental.

La prueba estadística adecuada para hacer la comparación –cuando se cumplen los supuestos de su modelo estadístico– es la prueba "t". La prueba U de Mann-Whitney cumple el mismo propósito con muestras que proceden de poblaciones con distribución no normal o cuando se trata de medidas ordinales.

La comparación entre las pospruebas de ambos grupos (O_1, O_2) nos indica si la manipulación ha producido un efecto. Si la hipótesis es bilateral y la comparación no encuentra diferencias (O1=O2) entonces no hubo un efecto significativo de X. En ocasiones se espera que 01 sea mayor que O2, y en otras que O1 sea menor que O2 (hipótesis unilateral). Este diseño satisface los requisitos de validez interna:

a) Sobre todo, evita el efecto reactivo de medidas previas, puesto que no hay pretest.
b) No hay instrumentación porque es el mismo postest para todos,
c) No hay efecto de la maduración porque la asignación es al azar,
d) No hay regresión estadística porque si un grupo está regresando a su estado normal, el otro u otros también,
e) Tampoco actúa la selección, porque si hay sujetos atípicos en un grupo, en el otro u otros también los habrá.
f) La mortalidad no afecta, por ser los grupos equivalentes.

Otras interacciones tampoco pueden afectar los resultados pues, por ejemplo, si la selección se controla, sus integrantes operarán de modo similar en todos los grupos; y la historia se controla si se vigila cuidadosamente que ningún acontecimiento afecte solamente a un grupo. Por ejemplo: un investigador estudia el efecto de dos drogas sobre la retención de palabras y hace la predicción de que la droga 1 determinará una mejor ejecución, en este tipo de tares, que la droga 2.

a) Selecciona una muestra aleatoria de 12 sujetos que fueron

asignados al azar, respectivamente, a las dos condiciones de tratamiento y luego aplica a los sujetos una prueba de retención de 10 sílabas sin sentido de igual valor asociativo.

b) En este experimento se trata, pues, de comparar la ejecución o variable de medida de dos grupos independientes formados por sujetos elegidos al azar de una población.

El tratamiento estadístico lo realiza mediante la prueba "T" para muestras independientes, verificando previamente los supuestos del modelo estadístico, es decir:

a) Muestreo aleatorio, distribución normal (verificada por la prueba de Kolmogoroc-Smirnov) e igualdad de varianzas (verificada por medio de la prueba F.

b) Igualmente, en vista que en el experimento la unidad de medida es el item o sílaba sin sentido y que los ítemes tienen el mismo valor asociativo, debe entenderse que dicha unidad es constantey que, por lo tanto, se tendría una escala de intervalo, satisfaciéndose así la condición o el requisito de medida. (Alvarado y Santisteban, 2012)

Diseño de grupo aleatorio

Este diseño incorpora el prestest a los grupos del experimento. Los sujetos son seleccionados y asignados aleatoriamente al GE y GC, luego se toma una medida de la VD (pretest). Después se somete al GE a X y, posteriormente, se hace el post en ambos grupos.

Diagrama:

GE	**O_1**	**X**	**O_2**
GC	**O_3**	**--**	**O_4**

Las mediciones pre y post se hacen con el mismo instrumento o con una forma paralela a este. La adición del prestest ofrece dos

ventajas:

1) Las puntuaciones del prestest pueden usarse para fines del control en el experimento, al compararse los prestest de los grupos se pueden evaluar que tan adecuada fue la aleatorización, lo cual es conveniente con grupos pequeños. En grupos grandes la aleatorización funciona, pero cuando tenemos grupos de 15 personas o memos, no está de más evaluar que tanto funcionó la asignación al azar.

2) La segunda ventaja reside en que se puede analizar el puntaje ganancia de cada grupo (la diferencia entre las puntuaciones del pre y post test).

Las etapas de ejecución de este diseño son:

a) Definir el universo a quien se generalizara los resultados.

b) Determinar la amplitud de la muestra para el experimento y seleccionarla aleatoriamente.

c) Asignar aleatoriamente los sujetos, a las condiciones experimentales.

d) Administrar un prestest a ambos grupos, para conocer la situación inicial de la VD.

e) Administrar el X al GE.

f) Tomar las medidas postest al GE y GC.

g) Comparar la ejecución de ambos grupos.

El análisis estadístico se realiza de acuerdo con el interés del investigador; si se desea observar los cambios entre situaciones antes y después se determina la asignación de las diferencias entre el pre y post, tanto para el GE como el GC, por separado, utilizándose la prueba t correlacionada. De producirse una diferencia significativa en el GE se concluye que el cambio se debió a la acción de X.

Ahora bien, este análisis prescinde del GC, que forma parte esencial del diseño. Por esto será necesario comparar las medidas ---después obtenidas por cada grupo por medio de la "t" para muestras

independientes. Este análisis es más completo, en todo caso, los datos que deben analizarse son las puntuaciones "después" o bien las puntuaciones diferenciales entes y después en forma simultánea.

Además del test "t" suele utilizarse la prueba "chi cuadrado" para dos muestras independientes cuando los datos están en escala nominal u ordinal, es este caso se utilizará la prueba de Mc. Nemar, para la significación de los cambios cuando los sujetos sirven con su propio control. Este diseño controla todas las fuentes de invalidación interna. Por ejemplo:

a) La administración de la prueba queda controlada, ya que si el pretest afecta al post lo hará similarmente en ambos grupos.
b) Sin embargo, el diseño es algo débil en cuanto a su validez externa. Parece que el pretest tiene en efecto sensibilizador sobre los sujetos, hecho que se ha podido advertir sobre todo en estudios sobre cambios de actitudes. En efecto, las escalas de actitudes poseen, a menudo, ítems que pueden persuadir a la gente hacia determinadas respuestas o contienen información en la que la gente, quizá, no había reparado. Es esta manera, cuando el GE es sometido a X sus respuestas pueden hallarse interferidas por el pretest que absolvió. Habría duda si el cambio obedece a X o la interacción del pretest y el tratamiento. Por ejemplo: un investigador estudió los efectos de una película de guerra. Los sujetos de los grupos GE y GC absolvieron un cuestionario relacionado con asuntos sobre la guerra. Luego el filme fue proyectado al GE. Una semana después ambos grupos absolvieron un cuestionario similar al de la medida "antes". Las diferencias entre las respuestas "después" de los GE y GC fueron consideradas como medidas de los efectos de la película.

Diseño de dos grupos apareados

Tiene como objetivo esencial conformar grupos equivalentes, antes de administrar X, utilizando como técnica el "apareamiento". Se busca formar pares de sujetos, de características similares con respecto a la VD, aunque puedan diferir en otros atributos. Se conforma pares de sujetos, empleando como variables de "apareamiento" las medidas de características psicológicas que correlacionan el alto grado con la VD.

Las variables de apareamiento pueden ser psicológicas, sociales y biológicas, de acuerdo a los objetivos del experimento. Los miembros de cada par son asignados aleatoriamente a cada uno de los grupos.

El diseño combina el "apareamiento" y la asignación aleatoria, el primero reduce la variabilidad intergrupal, en tanto que la asignación al azar de los sujetos, a los grupos, controla las fuentes de varianza secundaria desconocidas o imposibles de medir. También se puede determinar aleatoriamente que grupo será el GE y cual el GC.

El análisis estadístico se efectúa teniendo en cuenta el nivel o escala de medición de la VD. Para medidas de intervalo la prueba de elección es la "t" correlacionada y el ANOVA (análisis de varianza) para "bloques aleatorios" en vista que cada par de sujetos es considerado un "bloque". Si los datos no están en escala de intervalo, la prueba a usar es la T de Wilcoxon-para niveles de medida ordinal y para datos de no se expresan en cantidades el estadístico es la Prueba de Signos.

Ejemplo: se averiguó si el estado ansiedad inducida influye en el rendimiento de pruebas académicas. Se utilizó como variable de apareamiento las calificaciones de aprovechamiento de exámenes anteriores. Se seleccionó una muestra de 20 sujetos, conformándose 10 pares, uno de cada par fue asignado aleatoriamente a los grupos A y B. A ambos grupos se le administro una prueba de aprovechamiento. A_1 GE se le dijo que el puntaje que obtendrían se tomaría como nota de fin del curso. al GC se le indicó sin mayor énfasis, que el examen era una

evaluación de rutina. Se asumió que la instrucción que recibió el GE, debe generar ansiedad.

En relación con los estudios realizados con un solo grupo, los diseños con dos grupos tienen varias ventajas y desventajas. En cuanto a las ventajas: al añadir en segundo grupo, se aumenta sensiblemente la validez interna pues es una técnica idónea para el control de variables extrañas. Además, el análisis de covarianza, permite controlar una variable extraña por métodos estadísticos. En cuanto a las desventajas: sus limitaciones son las de todos los diseños unifactoriales, o de una sola variable: de toda información que se obtiene se halla referida a una sola variable, a esto se añade el hecho que utiliza una condición, o a lo sumo dos condiciones experimentales.

Debido a estas características, algunos tratadistas consideran que configuran un procedimiento idóneo para realizar investigaciones exploratorias en áreas sobre las que no hay estudios previos y en las que se quiere detectar la posible relación existente entre dos variables (Rojas, 2021).

Diseños experimentales multivalentes

Este sistema permite interpolar valores que no han sido probados experimentalmente con lo que podremos predecir, para un determinado valor de la variable independiente, cuál será la tasa de respuestas dadas por los individuos.

Los diseños de grupos aleatorios son los siguientes: postest con más de dos condiciones experimentales; y diseño denominado a menudo como "diseño multigrupo" porque requiere de varios grupos, o más, precisamente, de igual número de grupos que condiciones experimentales.

Diagrama:

G_1	X_1	O_1
G_2	X_2	O_2

G_3	X_3	O_3
G_4	X_4	O_4
G_k	X_k	O_k

Tiene las siguientes características: es la ampliación del diseño de dos grupos totalmente aleatorizados (diseño con postest únicamente); puede o no puede tener GC. Si lo tiene, este no se expone a la VI. Si no lo tiene, el diseño puede llamarse también "diseño con grupos aleatorizados y postprueba únicamente" (Wiersma, 1986, citado en Hernández et al, 2014). Además, ofrece una mayor cantidad de información por el amplio número de tratamientos experimentales que introduce. Y al estudiar un mayor rango de valores de la VI se puede practicar mayor número de observaciones, y por tanto descifrar mejor la relación funcional entre X e Y.

La ejecución del diseño sigue el siguiente procedimiento:

1) Selección aleatoria de una muestra de sujetos.
2) Conformación aleatoria de tantos grupos a cada tratamiento se hayan considerado.
3) Asignación aleatoria de los grupos a cada tratamiento.
4) Cada grupo recibe el tratamiento experimental.
5) Se toman medidas de la VD.
6) Se realiza el análisis estadístico.

Este diseño prácticamente logra controlar todas las fuentes de invalidación interna. Es efecto:

1) La administración de pruebas no se presenta porque no hay pretest.
2) La inestabilidad no afecta porque los componentes del experimento son los mismos para todos los grupos (excepto la manipulación o tratamiento experimental).
3) No afecta la instrumentación porque es el mismo postest para todos.
4) No afecta la maduracion porque la asignación es el azar.

5) No afecta la regresión porque si un grupo está regresando a su estado normal, el otro u otros también.

En resumen, lo que influye en un grupo también influirá de manera equivalente en los demás. Este razonamiento como seguramente ya lo habrá deducido se aplica a todos los diseños experimentales verdaderos.

Diagrama de Solomon:

G_1	**O1**	**X**	**O2**
G_2	**O3**	**--**	**O4**
G_3	**--**	**X**	**O5**
G_4	**--**	**--**	**O6**

Este diseño tiene las siguientes características:

1) Es la mezcla de otros dos diseños: el diseño con "postprueba únicamente y grupo de control" más el diseño de "pretest-postest con grupo de control".

2) La suma de estos dos diseños origina cuatro grupos: dos experimentales y dos de control.

3) Los primeros reciben el tratamiento experimental y los segundos no reciben el mismo tratamiento.

4) Solo a uno de los GE. y a uno de los dos GC. se les administra el pretest.

5) A los cuatro grupos se les administra el postest.

6) Los sujetos son asignados aleatoriamente. Este diseño tiene mayores ventajas que cada uno de los diseños que lo componen, en forma independiente, en lo referente a la validez externa (generalización de resultados), en razón que se observa que los resultados de la comparación de los dos primeros grupos se repiten en los dos siguientes. En cuanto a las fuentes de invalidez interna,

controla los efectos de la selección y mortandad por medio de la aleatorización; también controla los efectos de la maduración y la historia por el uso del grupo de control. Además, tiene una ventaja adicional: se puede verificar los posibles efectos del pretest sobre el postest, puesto que a algunos se les administra la preprueba y a otros no.

En síntesis, este diseño controla todas las fuentes de invalidación interna. Su principal desventaja radica en la dificultad de realizar dos experimentos al mismo tiempo y el problema de ubicar un numero grande de sujetos. Otra dificultad es la de no poder contar con una medida estadística que analice simultáneamente las seis observaciones.

Las técnicas estadísticas más usuales para comprar las mediciones en este diseño son la prueba Ji cuadrada para múltiples grupos (niveles de medición nominal).

No olvidemos del análisis de la varianza en una sola dirección (si se tiene el nivel de medición por intervalos y se comparan únicamente los pretest), y el análisis factorial de varianza (cuando se tienes nivel de medición por intervalos y se comparan todas las mediciones- pre y post test).

Este diseño es muy bueno para separar los factores que causan las diferencias en la variable dependiente, sin embargo, su ejecución consume mucho tiempo. Como hemos visto, hay que organizar cuatro grupos seleccionados y asignados aleatoriamente, y realizar muchas pruebas.

Diseño de grupos aleatorios con bloques

Al estudiar la influencia de un factor sobre una variable cuantitativa es frecuente que aparezcan otras variables o factores que también influyen y que deben ser controladas. A estas variables se las denomina variables bloque, y se caracterizan por no ser el motivo del estudio, sino que

aparecen de forma natural y obligada en el mismo; y se asume que no tienen interacción con el factor en estudio.

Ejemplo: se quieren determinar las necesidades energéticas de una persona cuando anda, come o hace deporte. Supongamos que se tienen 10 personas para realizar el experimento y se considera como variable respuesta o cuantitativa, el número de calorías consumidas por segundo. Los resultados varían según el individuo considerado.

Aquí, el factor es la actividad realizada, con 3 posibles niveles: andar, comer o hacer gimnasia. Si a cada una de las personas se le asigna una actividad distinta puede ser que la variabilidad observada entre las distintas actividades sea debida a las diferencias entre los propios individuos.

Una posible solución es que cada uno de los individuos realice las tres actividades. De este modo, la variable bloque es el tipo de persona y cada uno de los bloques es cada persona. A cada bloque (persona) se le aplican los 3 niveles del factor por orden aleatorio:
Diagrama de dos bloques:

Persona 1	**Persona 2**	**---**	**Persona 10**
C	**G**	**---**	**A**
A	**A**	**---**	**G**
G	**C**	**---**	**C**

Observaciones: una variable bloque no presenta interacción con los factores en estudio. El modelo se dice que es de bloques aleatorizados completos cuando en cada bloque se presentan todos los posibles tratamientos (o un múltiplo de ese número) y dentro de cada bloque se asignan los tratamientos de forma aleatoria.

En ocasiones no se pueden asignar todos los tratamientos sobre cada bloque, de modo que se tienen los diseños por bloques aleatorizados incompletos. Los bloques son agrupaciones de sujetos con similares

valores en una variable extraña, cuya influencia deseamos controlar (Portell y Vives, 2019). En cuanto al modelo, suponemos que el número de unidades experimentales para cada bloque coincide con el número de tratamientos, esto es, hay una observación para cada cruce de los niveles del factor y del bloque. La variable respuesta Y puede depender de un primer factor de interés (A) y de la variable bloque (B). El modelo es: Yij = μ + i + ßj + εij, para i = 1, ..., a y j = 1, . . . , b, siendo:

- μ el efecto medio global
- i el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor A
- ßj el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del bloque B
- Ɛij el término de error.

Vamos a suponer que Xa i=1 i = X b j=1 ßj = 0 El problema consiste en comparar las medias de los tratamientos, esto es H0 ≡ μ1 = μ2 = ··· = μa H1≡ μi 6= μj i 6= j lo cual es equivalente a H0 ≡ αi = 0 H1 αj 6= 0 ∃j Se consideran las siguientes hipótesis sobre el modelo:

- Normalidad: εij sigue una distribución normal. Esto es equivalente a que Yij sigue una distribución normal.
- Linealidad: E (εij) =0. Esto es equivalente a que E (Yij) = μ + αi + ßj.
- Homocedasticidad: V ar (εij) = 2. Esto es equivalente a que V ar (Yij) = σ2.
- Independencia: εij son independientes entre sí. Esto es equivalente a que Yij son independientes entre sí.

La estrategia de diseño es la siguiente:

a) Formar conjuntos homogéneos de sujetos(bloques) con base en algún criterio denominado “variable de bloqueo” (variable extraña) que está relacionada con la VD. Esta relación es condición “sine que non” para el éxito del diseño. La variable de bloqueo puede ser

alguna característica psicológica, biológica o social; permite conseguir la relativa homogeneidad de los sujetos-unidades experimentales-dentro de un bloque, controlándose de esta manera las diferencias interindividuales y con ello una fuente de error. Además, con la homogeneidad intra bloque, en otras palabras, los individuos de cada bloque son "iguales", se producirán diferencias entre los bloques, facilitando el tratamiento de cada uno de ellos.

b) Introducción de los tratamientos experimentales, que serán asignados al azar a cada una de las unidades experimentales dentro de cada bloque.

c) Si los individuos de cada bloque son iguales, las diferencias que se pueden advertir después de los tratamientos deben atribuirse a la acción de estos.

d) El diseño con bloques puede complicarse. Así puede haber diseños de un sujeto por nivel y bloque y pueden bloquearse, en cualquiera de los dos casos, más de una variable, aunque los requisitos que se exigen son varios.

En cualquiera de los diseños de bloques que se prefiera el tratamiento estadístico se realiza con el análisis de varianza (ANOVA) teniendo cuidado, de acuerdo con los propósitos del investigador, en dividir la varianza total de la VD en tres partes: la correspondiente a la variabilidad entre los niveles de la VI, la que se atribuye a la variabilidad entre los bloques y la que corresponde a la variabilidad debida al error experimental.

Por ejemplo: supongamos que un experimentador va a ensayar un programa de facilitación del aprendizaje de la matemática. Después de un análisis minucioso de la situación establece que hay dos variables extrañas importantes: la inteligencia y el rendimiento anterior en matemática. Para estar seguro de la "importancia" de estas variables calcula el coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de

ambas variables y las notas de un examen reciente en matemática. (la inteligencia es medida por un test de CI y el rendimiento anterior por el promedio de notas ponderado). Doce sujetos participan del experimento. Se correlaciona su puntaje actual en matemática con el rendimiento anterior (r=0.90) y, también con el CI (r=0.66). al correlacionar más alto con el rendimiento actual la variable rendimiento anterior, la influencia de esta será más importante que la de la inteligencia.

Ahora supongamos que, al inicio del experimento, el investigador solamente quería designar aleatoriamente a los sujetos a los dos grupos: experimental y control (seis sujetos cada uno). Pero, podría ocurrir (por "azar") que, a pesar de la aleatorización en uno de los grupos, cuatro de los seis sujetos son estudiantes sobresalientes, mientras que en el otro grupo no hay ninguno sobresaliente.

1) Medir (ordenar o clasificar) a los sujetos. en la variable extraña que deseamos controlar (en el ejemplo, la nota anterior en matemática).

2) Formar agrupaciones de sujetos, "bloques", con similares valores en la variable extraña, (en el ejemplo, una vez que tiene las notas, hace tres bloques de sujetos: nivel alto, medio y alto).

3) Asigna al azar a los sujetos. de cada bloque a cada uno de los grupos del experimento.

4) Por ejemplo: asignar aleatoriamente a la mitad de cada bloque a cada una de las condiciones: experimental y control.

Tabla 5

Cuadro de creación de bloques y asignaciones a condiciones

Bloques	Sujetos (Ss)	Matemática anterior	Condición
Alto	A	18	EXP
	B	17	CTRL
	C	18	CTRL
	D	18	EXP
Medio	E	16	CTRL
	F	15	CTRL
	G	15	EXP
	H	15	EXP
Bajo	I	13	CTRL
	J	12	EXP
	K	13	CTRL
	L	12	EXP

Nota: Esta tabla muestra el cuadro de creación de bloques y asignaciones a condiciones.

Diseño de cuadrado latino

Este diseño es una ampliación del diseño de bloques aleatorios. En principio, un modelo completo con tres factores y todas las posibles interacciones sería:

$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$ para $i = 1, \ldots, a$, $j = 1, b$ y $k = 1, \ldots, K$; siendo $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$ independientes.

El problema reside en que sólo se dispone de $(a \cdot b \cdot K)$ observaciones para estimar $(a \cdot b \cdot K + 1)$ parámetros. Las posibles soluciones son:

1) Prescindir de alguna interacción, es decir, simplificar el modelo.
2) Replicar el experimento, aunque, a veces, no es posible obtener tantas observaciones.
3) Construir un diseño de cuadrados latinos. Podemos aplicar un

diseño de cuadrados latinos cuando, hay los siguientes factores: primero, el número de niveles es el mismo para cada factor, es decir a = b = k. Segundo, no se esperan interacciones entre los factores. El diseño por cuadrados latinos trata de sacar el máximo de información con el mínimo de observaciones. La idea es que cada nivel del factor aparezca una vez con cada uno de los niveles de las otras variables. Además, han de cumplirse las condiciones de normalidad, homocedasticidad, independencia y falta de interacción.

Entonces para el diseño y construcción de un cuadrado latino se parte de un factor y dos variables bloque, de modo que el número de niveles del factor y el de las variables bloque sea igual.

A cada combinación de los niveles de los bloques se le asigna un solo nivel del factor, de modo que cada uno de estos niveles aparece una y sólo una vez en cada fila y en cada columna. De este modo:

- Se toma un cuadrado latino al azar de una tabla, o se genera por medio de un programa.
- Se toman tres permutaciones al azar de los números 1, 2, 3, 4, 5, ..., i.
- Con la primera permutación se aleatorizan las columnas, con la segunda las filas y con la tercera los tratamientos.

En este diseño se bloquean dos variables extrañas, es decir, se controlan dos fuentes de variación y con ello el cuadrado latino ofrece más oportunidades para reducir los errores que el diseño de bloques aleatorios no puede controlar (Alarcón, 1991).

El diseño presenta la forma de una matriz cuadrada. Los tratamientos experimentales ocupan las celdas del cuadrado y son distribuidas al azar. Cada tratamiento, o niveles de la VI, aparecen una sola vez en cada fila y en cada columna, siendo igual el número de filas y columnas. Los tratamientos son designados con letras latinas, de ahí el

nombre de este diseño. Los bloques no son variables de estudio, lo que busca el diseño es controlar su influencia.

En un cuadrado latino prototipo la primera columna y fila tienen el mismo orden natural. A partir de esta disposición pueden obtenerse diversas formas derivadas. Los bloques no son variables de estudio porque en el fondo son variables de apareamiento.

Por ejemplo: un investigador para estudiar el aprendizaje verbal realiza un estudio con el siguiente procedimiento:

1) Presenta a 9 sujetos parejas de palabras, el primer miembro del par es el estímulo y el segundo la respuesta.
2) El material se presenta bajo tres modalidades: visual(A), auditiva (B) y mixta (C).
3) Terminada la exposición de la serie, a la presentación de cada estimulo los sujetos deben escribir el miembro del par asociado.
4) Ella estima que dos variables extrañas pueden influir en el aprendizaje, trata de controlar su efecto. La primera variable extraña "a" es la inteligencia, de la cual se toma tres valores: a1 alta, a2 media, a3 baja. La segunda variable extraña "b" es el status socioeconómico, del cual toma tres niveles: b1 alto, b2 medio y b3 bajo.
5) La eficacia de los tres procedimientos de exposición los mide por la cantidad de respuestas correctas. La hipótesis nula sostiene que no hay diferencia significativa entre los resultados por efecto de las modalidades de presentación.
6) Puesto que tiene tres tratamientos distintos (A, B, C), la variable "a" (inteligencia) con tres valores y la variable" b" (Estatus socioeconómico) con tres valores, necesita de un cuadrado latino 3x3 para resolver el problema.

Se conforman tres bloques para los tres niveles de inteligencia considerados, asignándose sujetos con similares puntajes con similares puntajes de inteligencia en cada bloque. La segunda variable de bloqueo

es el status socioeconómico, igualmente tiene tres bloques: b1, b2 y b3, cada columna representa un bloque. La VI actúa con tres tratamientos: A, B, C (visual, auditiva y mixta, respectivamente) que representan las modalidades de presentación de las parejas de palabras. En este ejemplo, se ha asignado un sujeto por casilla. El doble bloqueo busca eliminar la influencia de las desigualdades en inteligencia y status socioeconómicos de los sujetos.

Tabla 6

Tabla de los nuevos tratamientos.

B_1	b_2	b_3	
a_1	A	b	C
a_2	B	C	A
a_3	C	A	B

Nota: Esta tabla muestra la tabla de los nuevos tratamientos.

Diseños multivariables o factoriales

Los diseños experimentales univariados han sido sometidos a diversas críticas; estas críticas se refieren a dos aspectos. Por una parte, el control de las variables extrañas. Se estima que los diseños univariables bivalentes no controlan muy bien tales variables ya que no utilizan otro control que la aleatorización; en tanto que los diseños univariables multivalentes, especialmente los que utilizan la técnica del bloqueo, logran un mejor control d las variables extrañas. Por otra parte, su dificultad para afrontar adecuadamente el estudio del comportamiento humano. En efecto, todo fenómeno psicológico y social, en general, es complejo; en este sentido, estos diseños no pueden afrontar convenientemente el estudio de esta complejidad porque controlan o manipulan una sola VI.

Antes de plantearnos la descripción del modelo de Análisis Multivariable de la Varianza, dentro del contexto de la investigación

experimental, discutiremos, como punto previo, la posible categorización de diez diseños multivariables a fin de poder contar con un marco de referencia adecuado que nos permita ubicar cualquier esquema experimental.

Desde una perspectiva amplia son dos las situaciones que deben ser claramente diferenciadas y que constituyen el criterio básico para una primera categorización del diseño multivariable. En efecto, cuando nos referimos a los experimentos multivariables cabe distinguir entre:

a) Aquellas situaciones experimentales donde se toman registros o medidas de dos o más variables de respuesta (variables dependientes). Caracterizaremos a esta clase de situaciones como diseños experimentales de múltiples variables dependientes. Dentro de esta categoría se incluyen tanto los diseños simples como las factoriales, junto con su amplia variedad de extensiones.

b) De otra parte, las investigaciones experimentales donde una misma variable dependiente es registrada una serie repetida de veces, ya sea bajo ocasiones de observación diferentes, ya sea bajo la acción de tratamientos distintos. De acuerdo, pues, a esta segunda situación deben ser considerados todos aquellos esquemas experimentales que tradicionalmente han sido caracterizados como Diseños de medidas repetidas (o diseños intra-sujeto). Al mismo tiempo, debe quedar suficientemente claro que cuando las medidas repetidas son tomadas en función del parámetro tiempo, el experimento suele denominarse diseño longitudinal. Es decir, en el diseño longitudinal es precisamente la secuencialidad de los registros y no la sucesiva aplicación de los tratamientos uno de sus atributos característicos. De lo dicho hasta aquí podemos adelantar una primera aproximación en la categorización de los diseños multivariables.

Diseño factorial

"Es aquel en el cual se manipula en forma simultánea dos o más VIs,

denominadas factores, con la finalidad de analizar su efecto conjunto sobre una VD" (Sánchez y Reyes, 199, p. 89).

Antes de perseguir, es conveniente anotar que la denominación factor no debe ser confundida con el término factor entendido como constructor matemático obtenido por medio de la técnica multivariada del análisis factorial (AF), la misma que puede esquematizarse en la Figura 4.

Figura 4

Diseño Factorial

	Niveles	
	Bajo	Alto
Parámetro 1	X	X
Parámetro 2	X	

Las posibles combinaciones serian estas 4 ;

Parámetro 1	Nivel	Bajo	Parámetro 2	Nivel Bajo
Parámetro 1	Nivel	Bajo	Parámetro 2	Nivel Alto
Parámetro 1	Nivel	Alto	Parámetro 2	Nivel Bajo
Parámetro 1	Nivel	Alto	Parámetro 2	Nivel Alto

Nota: Tomado de Lerma (2019).

Para una mejor comprensión de la bondad de este diseño haremos la siguiente comparación:

1) El estudio de los posibles efectos de un nuevo método de enseñanza de la matemática puede hacerse con un diseño experimental univariado. Sometemos a un grupo seleccionado a dicho método y lo podemos comparar o no con otro grupo que no lo emplea. Luego de las mediciones de los resultados y con base en las diferencias que se hallen concluiremos si el nuevo método (variable experimental) es o no efectivo, es decir, si se producen o no cambios positivos. Sin

embargo, la objeción a este diseño es que podemos estar descuidando otras variables sumamente importantes y que pueden tener una influencia decisiva en los resultados alcanzados; variables tales como la formación profesional del profesor, el nivel intelectual de los alumnos, entre otras.

2) Con un diseño factorial, en un mismo estudio puede controlarse varias de estas variables, obteniéndose información acerca de la influencia en conjunto de dichas variables, así como también de cada una de las variables en forma independiente.

De acuerdo con el número de VI que participan simultáneamente estos diseños pueden clasificarse en:

1) Diseños factoriales con dos VI o diseños bifactoriales.

2) Diseños de múltiples variables independientes.

3) En vista que estos diseños se han desarrollado a distintos niveles de complejidad, no ocuparemos del diseño básico: el bifactorial.

4) Existe más de una VI. Se crean varias unidades de observación en función de ellas. La VD puede ser una o más. Se contrastan los efectos que producen cada una de las VVII sobre la VD y puede estudiarse el efecto de interacción.

En cuanto a sus ventajas, tenemos las siguientes:

a) Son mejores para el estudio del comportamiento, ya que éste es complejo (multivariable) e interactivo. El estudio con una sola VI puede resultar poco ecológico al no corresponderse con la realidad.

b) Se utiliza la muestra de sujetos para evaluar simultáneamente los efectos de dos o más factores. Son diseños más eficientes en cuanto al uso de recursos.

c) Permite evaluar los efectos de la interacción entre variables.

En cuanto a sus desventajas, podemos decirlo siguiente:

a) El número de sujetos necesarios es superior al del diseño unifactorial, a veces imposible de conseguir.

b) Si los efectos de la interacción son significativos la interpretación de ella no es simple (más compleja cuantas más VI y VD se consideren).

c) Es un experimento largo.

d) Son menos eficientes en cuanto a conseguir los niveles óptimos de las VI y de las combinaciones entre ellas.

Diseño bifactorial

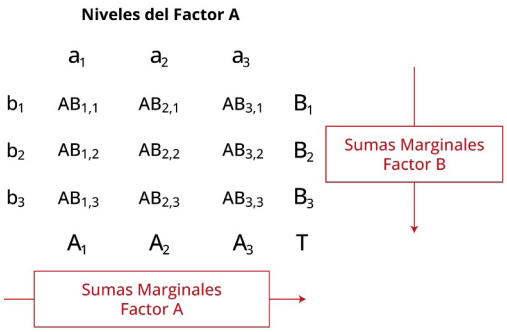
En estos diseños las VI pueden actuar con dos valores (niveles), como en el caso del diseño 2x2, o con más de dos niveles. Por ejemplo, en un diseño 3x3 o en uno 2x4, todos estos diseños son bifactoriales, pero se diferencian por el número de niveles que intervienen en el experimento. En la notación de estos diseños, el número de cifras, separadas por el signo de multiplicación, representa la cantidad de Vis, en tanto que el valor de cada número indica la cantidad de niveles de las variables. Si se multiplican los números contenidos en el diseño se obtiene el número de condiciones experimentales.

Por ejemplo, el diseño 2x2 tiene 4 condiciones experimentales, y un diseño 2x 4 tendrá 8 de estas condiciones. El diseño más simple es el 2x2. Tiene 4 condiciones experimentales, un por celdilla, requiriendo 4 grupos equivalentes de sujetos aleatoriamente asignados a cada tratamiento. Con acuerdo a la naturaleza del problema también pueden utilizarse grupos de características disímiles. Por ejemplo, cuando se

desea evaluar la acción temporal de una droga administrada por dos vías: oral (A_2) e intravenosa (A_2), en la recuperación de pacientes con dos tipos de desórdenes de conducta distintos (B_1 y B_2).

Figura 5

Matriz AB para un diseño bifactorial



Nota: Tomado de García García,2017).

En un diseño bifactorial 2x2 se evalúan tres tipos de efectos:

1) Dos efectos principales (de las variables A y B)
2) Cuatro efectos simples: los efectos de los dos niveles de A sobre los dos niveles de B, y los efectos de los dos niveles de B en cada nivel de A.
3) Un efecto de interacción de las dos VIs.

Diagrama:

$$\mathbf{A_1B_1} \quad \mathbf{A_1B_2}$$

$$\mathbf{A_2B_1} \quad \mathbf{A_2B_2}$$

La interacción es el efecto adicional a la suma de los efectos individuales de las variables independientes. Por lo que se puede afirmar que no existe interacción cuando este efecto es nulo. Una variable actúa de manera independiete de las condiciones que se den en la otra" (Ato y Vallejo,

2011).

Aunque el concepto de interacción entre factores en el análisis de varianza tiene un significado teórico inequívoco (y así está recogido de forma generalizada en la literatura estadística), en la investigación empírica se producen frecuentemente errores de interpretación que, en muchos casos, conducen a conclusiones incorrectas.

El concepto de interacción entre factores admite varias formulaciones, todas ellas equivalentes. Desde un punto de vista no formal, se puede decir que existe interacción entre dos factores cuando

el efecto de uno de ellos sobre la variable dependiente no es el mismo en todos los niveles del otro factor.

Referencias bibliográficas

Albán, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.

Agudelo Viana, G., Aigneren Aburto, J. M., y Ruiz Restrepo, J. (2008). Diseños de investigación experimental y no-experimental. *La Sociología en sus Escenarios*, (18), 1–46.

Alarcón, R. (1991). *Metodos y diseños de investigacion del comportamiento*. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia. doi:0120-0534

Alvarado, J. & Santisteban, C. S. (2012). La validez en la medición psicológica. Madrid: UNED.

Amón, J. (2001). *Estadística para Psicólogos II*. 9na. Ed. Madrid: Pirámide. doi:262014

Ato, M., López-García, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología, 29*(3), 1038–1059.

Ato, M., & Vallejo, G. (2011). Los efectos de terceras variables en la investigación psicológica. Anales de Psicología/Annals of Psychology, 27(2), 550-561.

Babbie, E. (1999). *Fundamentos de la Investigación Social*. Mexico: Publicaciones CIEP. Recuperado de https://www.academia.edu/11882925/Babbie_Fundamentos_de_la_investigaci%C3%B3n_social

Box, G. E., Hunter, J. S., & Hunter, W. G. (2018). Estadística para investigadores: Diseño, innovación y descubrimiento. Reverté.

Briones, G. (1990). *Metodología de la Investigación para las Ciencias Sociales*. México: ICFES. doi:958-9329-14-4

Cruz, J., & Ríos, M. (2021). *Diseños Experimentales: Aplicación en ensayos clínicos*. Obtenido de Congreso Virtual de Ciencias Básicas Biomédicas en Granma, Manzanillo: https://cibamanz2021.sld.cu/index.php/cibamanz/cibamanz2021/paper/viewFile/

Dos Santos, Manuel (2018). *Investigación de mercados: manual universitario*. Ediciones Díaz de Santos.

Espinoza Freire, E. E. (2018). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. *Conrado*, 14, 39-49.

Everitt, B.S. & Howell, D.C. (2005). *Encyclopedia of statistics in behavioral science*. Sussex: Wiley.

Fernández Bao, S. (2020). *Diseño de experimentos: Diseño factorial* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

García, J. (2021). *Metodología de la investigación para administradores*. Bogotá: Ediciones de la U.

García García, J. (2017). *Obtención de fracciones de diseños factoriales a dos niveles con 32 observaciones. Proyecto Fin de Carrera.*

E.T.S.I. Industriales (UPM).

Gómez-Peresmitré, G., & Reidl, L. (2010). *Metodología de investigación en ciencias sociales*. México: UNAM

Gras, J. A. (2001). *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*. Barcelona: Omega. doi:00000005948950X

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2016). *Metodología de la investigación*. 6ta. Ed. México. McGraw Hill.

Howell, D.C. (2002). *Statistical methods for psychology*. 5ta. Ed. Boston: PWS-Kent Publishing Company

Johnson, P.D. & Besselsen, D.G. (2002). *Practical aspects of experimental design in animal research*. *ILAR J,* 43(4), 202-206.

Kerlinger, F. (1998). *Investigación del comportamiento*. México. McGraw Hill.

Kirk, R.E. (1995). *Experimental design. Procedures for the behavioral sciences*. 3ra. Ed. Belmont, CA: Brooks/Cole

León, P., Roca, J. B., & Rius, N. I. (2019). Lectura Crítica para una Construcción Dialógica de las Identidades Culturales. In Actas del XIX *Congreso Internacional de Investigación Educativa* Volumen I. Investigación comprometida para la transformación social.

Lerma, J. (2019). *Experimentos Factoriales en procesos*. Obtenido de https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/245721-Experimentos-Factoriales-en-procesos-introduccion-(Parte-1-de-2).html

Manterola, C., Quiroz, G., Salazar, P., & García, N. (2019). Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Revista médica clínica las condes*, 30(1),

36-49.

Manzano Patiño, A. P. (2018). Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales. *Investigación en educación médica*, 7(25), 67-72.

Maxwell, S.E. & Delaney, H.D. (2004). *Designing experiments and analyzing data. A model comparison perspective*. 2da. Ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mousalli-Kayat, G. (2015). Métodos y diseños de investigación cuantitativa. *Revista researchgate*. Obtenido de https://www. researchgate. net/publication/303895876_Metodos_y_Disenos_ de_Investigacion_Cuantitativa.

Nicaragua, E. (2018). Metodología de la investigación e investigación aplicada para Ciencias Económicas y Administrativas. *Revista de La Universidad Autónoma*, 1-89.

Pérez, D. O. (2020). Revisión del concepto de causalidad en el marco del Análisis Factorial Confirmatorio. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación-e Avaliação Psicológica*, 1(54), 103-117

Portell, M., & Vives, J. (2019). Investigación en Psicología y Logopedia: Introducción a los diseños experimentales, cuasi-experimentales y ex post facto (Vol. 60). Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Pozo-Burgos, Eduardo Javier; Burbano-Pulles, Marco Rubén; Vidal-Chica, Jack Iván, and Revelo-Salgado, Gabriela Elizabeth. (2022). "Sociocultural and Demographic Factors That Influence Academic Performance: The Pre-University Case of the Universidad Politécnica Estatal Del Carchi." *Journal of Technology and Science Education* 12(1): 147–56.

Rojas, V. M. N. (2021). *Metodología de la Investigación: diseño, ejecución e informe*. Bogotá: Ediciones de la U.

Salkind, N. (1998). *Métodos de investigación*. México: Prentice Hall.

Sáez, J.M. (2017). Investigación educativa. fundamentos teóricos, procesos y elementos prácticos (enfoque práctico con ejemplos. esencial para TFG, TFM y tesis). Madrid: UNED.

Sánchez, H. & Reyes, C. (1990) *Metodología y diseños en la investigación científica: aplicadas a la psicología, educación y ciencias sociales*. Lima: INIDE.

Salazar Figueroa, L. M., & Lindo Lubo, J. A. (2019). *Efectos que produce la aplicación de tablas y gráficos estadísticos como estrategia para el fortalecimiento de las competencias comunicativas en los estudiantes de educación básica* (Doctoral dissertation, Universidad de la Costa).

Shuttleworth, M. (2009). *Diseño factorial*. Recuperado de https://explorable.com/es/diseno-factorial

Villasís-Keever, M. Á., Márquez-González, H., Zurita-Cruz, J. N., Miranda-Novales, G., & Escamilla-Núñez, A. (2018). *El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones*. Revista Alergia México, 65(4), 414-421.

Sobre los autores

Manuel Enrique Chenet Zuta

Docente de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, de la Escuela Profesional de Administración de Empresas de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Investigador RENACYT. Es doctor en Administración con mención en Dirección Estratégica por la Universidad San Ignacio de Loyola, en Administración de Negocios Globales por la Universidad Ricardo Palma, en Ciencias Contables y Financieras por la Universidad de San Martín de Porres, en Ciencias de la Educación por la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle "La Cantuta", en Administración de la Educación por la Universidad Privada César Vallejo, en Ciencias Contables y Empresariales por la Universidad Peruana Los Andes, en Administración por la Universidad Alas Peruanas, y en Educación por la Universidad Alas Peruanas.

Norma Narcisa Garcés Garcés

Es licenciada en Educación de Párvulos, magíster en Gerencia Educativa y especialista en Gestión de Procesos Educativos. Es doctoranda en Humanidades y Artes con mención en Ciencias de la Educación por la Universidad Nacional de Rosario. Es docente de la Escuela de Posgrado de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad de Guayaquil. Se desempeña como gestora general de Internacionalización y Movilidad Académica en esa misma universidad.

Gladys Lagos Reinoso

Ingeniera en Sistemas Computacionales por la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Magíster en Docencia y Currículo por la Universidad Técnica de Babahoyo, y en Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación por la Universidad de Barcelona. Es docente investigadora SENESCYT, en la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad de Guayaquil, y en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Agraria del Ecuador. Se desempeña como Coordinadora General de la Red Ecuatoriana de

Investigación Científica Inclusiva Multidisciplinar – REICIM.

Génesis Kristel Salazar Garcés

Es ingeniera Comercial y Empresarial por la Escuela Politécnica del Litoral, magíster en Contabilidad y Finanzas por la Universidad Espíritu Santo, doctoranda en Administración Gerencial por la Universidad Benito Juárez México. Actualmente se desempeña como docente de las carreras de Licenciatura en Finanzas y Comercio Exterior, ambas de Universidad de Guayaquil.

Marco Rubén Burbano Pulles

Es ingeniero Agroindustrial por la Escuela Politécnica Nacional. Es magíster en Procesamiento de Alimentos por la Universidad Agraria del Ecuador. Tiene un diplomado superior en Investigación Socioeducativa por la Universidad Tecnológica América. Es doctorando en Educación por la Universidad Nacional del Rosario. Es docente investigador SENESCYT. Actualmente se desempeña como director de Investigación en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, donde es docente de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

La experimentación es el eje principal de la investigación, porque los experimentos permiten validar el cumplimiento de las diferentes hipótesis. En ese punto, el presente libro se vuelve una herramienta fundamental para todo investigador, especialmente para los que se inician en este campo. El diseño del experimento es abordado con mucho detalle; el control del experimento, el análisis de variables y errores que se pueden presentar constituyen pasos iniciales que se deben dar con firmeza. Estamos en un momento histórico de una revolución de los datos. Big Data pone a nuestra disposición una gran cantidad de información. Pero estos datos deben ser controlados y validados, lo cual se presenta en este libro de una manera clara. La generación de instrumentos para recolección de datos deber ser precisa y validada para poder encontrar la información referente a los diferentes constructos que van a formar parte del proceso de validación de las hipótesis. La comunidad científica ecuatoriana recibirá con beneplácito este valioso aporte al desarrollo y crecimiento de la investigación.

MSc. Jack Vidal
Vicerrector de Instituto Superior Universitario "Sucre".

ISBN: 978-9942-914-94-1
9789942914941