

ACERCAMIENTO A LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

DrC. Javier Cruz Rodríguez.

Doctor en Medicina. Doctor en Ciencias de la Salud. Máster en Urgencias Médicas. Especialista de Primer Grado en Cirugía General. Especialista de Primer Grado en Medicina General Integral. Profesor Instructor. Investigador Agregado. Hospital Clínico-Quirúrgico «Arnaldo Milián Castro». Santa Clara. Villa Clara. Cuba.

Correo electrónico: javiercruzr@infomed.sld.cu

INTRODUCCIÓN

Motivación: Se cuenta en el argot popular una historia jocosa que, en una de sus versiones, presenta a un “científico” que diseña un experimento con el cual perseguía conocer si un cangrejo tenía la capacidad de escuchar por las patas. El investigador en cuestión inicialmente agarró a un cangrejo, lo colocó en la arena y le ordenó: ¡cangrejo márchese! El cangrejo, en natural instinto de huida, cumplió con la orden recibida. Este resultado llenó de esperanzas al investigador de la historia al constatar que el cangrejo luego de “escuchar” su orden lo había obedecido y lo había hecho usando las patas. En ese momento se propuso perfeccionar su experimento y le fue arrancando de una en una las patas al animal a lo que seguía la orden: ¡cangrejo márchese! Naturalmente el

cangrejo paulatinamente fue tratando de escapar cada vez con mayor dificultad y cuando le fue arrancada la última pata ya el pobre crustáceo no podía cumplir la orden. Ante este resultado el “científico” saltó de júbilo y exclamó su irrefutable conclusión: ¡el cangrejo sin patas no oye!

Lo que la historia no cuenta es que, como buen hombre de ciencia, este “científico” luego de reflexionar profundamente se percató que había realizado su experimento con un solo individuo y que podría ser cuestionado por no contar con una muestra representativa de la población de cangrejos de la costa. Como su hallazgo bien podría deberse a la casualidad, se dedicó a cazar un gran número de ejemplares y cuando creyó contar con los individuos suficientes repitió metódicamente el experimento. Para su satisfacción los resultados fueron coincidentes en cada ocasión. Con el éxito alcanzado hizo lo que correspondía: compartió los resultados con sus colegas y la comunidad en general. Entonces surgieron nuevas inquietudes, las que podían resumirse más o menos en una pregunta ¿cuántas funciones –además de la audición– tienen las patas de los cangrejos? Ante las nuevas demandas investigativas se creó un grupo de trabajo que, bajo la dirección del emblemático investigador del relato y siguiendo un diseño experimental exitoso, se dedicó a... lo que ya todos suponíamos: ¡arrancarles las patas a los cangrejos!

Por el bien de la fauna costera este conferencista espera que esta historia no tenga basamento en la realidad y que sólo haya sido fruto de la creatividad e imaginario popular. Este relato, al ser contado ante un nutrido auditorio produce todo tipo de reacciones: desde la sonrisa burlona ante tan absurdas hipótesis, objetivo, diseño experimental y conclusiones hasta la aversión que lógicamente produce el maltrato animal; también suscita gran diversidad de comentarios e interpretaciones que giran en torno a las siguientes ideas: la primera, obviamente es que se requiere poseer suficientes conocimientos teóricos y prácticos en el área de la ciencia en la que se investiga y sobre el objeto de estudio y la

segunda, que es necesario disponer de amplitud de recursos metodológicos para la planificación de la investigación porque parafraseando a Maslow* “cuando la única herramienta que tienes es un martillo, todo problema parecerá un clavo” que llevado al ejemplo anterior sería la aplicación sistemática de la tortura a los cangrejos mediante el arrancamiento de sus patas para demostrar cualquier cosa.

Una vez que el investigador ha planteado el problema de investigación, ha definido su alcance inicial, ha formulado la o las hipótesis (si corresponde hacerlo) y ha planteado los objetivos, debe visualizar la mejor manera de contestar las preguntas de investigación que lo conduzcan al cumplimiento de estos últimos. Esto implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular de su estudio. El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con la finalidad de responder al planteamiento del problema.

Un diseño cuidadosamente concebido debe contribuir a la obtención de resultados positivos aunque se debe tener en cuenta que ocasionalmente estos deben ser modificados por cambios eventuales en los procesos investigativos. La precisión, amplitud y profundidad de la información obtenida varía en función del diseño. Cada diseño tiene sus propias características distintivas por lo que no es lo mismo seleccionar un tipo de diseño que otro. Como se conoce, existe gran variedad de diseños para los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa y mixta, sin embargo con la presente intervención se procura un acercamiento a los diseños cuantitativos experimentales.

Objetivo: Caracterizar a los diseños experimentales de investigación.

DESARROLLO

* **Abraham H. Maslow** (1908-1970). Reconocido psicólogo estadounidense, uno de los fundadores y principales exponentes de la psicología humanista.

1. Experimentos. Conceptos fundamentales. 1.1 Experimento 1.2 Variables independiente, dependiente y ajena. 1.2.1 Formas de manipulación de la variable independiente. 1.3 Grupos experimental y de control. 1.4 Contextos, alcance y enfoque de los experimentos.

1.1 Experimento

El experimento, en el ámbito investigativo, se puede definir como la experiencia científica en la cual se provoca intencionalmente algún cambio y se observa e interpreta su resultado con una finalidad cognoscitiva.

También el término experimento se ha conceptualizado como un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos) dentro de una situación de control para el investigador. Los aspectos relacionados con las variables que se mencionan se tratan a continuación.

1.2 Variables independiente, dependiente y ajena.

El método experimental se caracteriza por el control de variables. Estas son propiedades, atributos o características de los objetos o sujetos de estudio. Las variables se clasifican teniendo en cuenta diversos criterios que son ampliamente tratados en cursos de metodología de la investigación y estadística. Atendiendo a los propósitos de la presente conferencia se muestran las variables que el investigador ha de tener en cuenta en su experimento, las que según Nocedo (2001) se clasifican en:

- Variable independiente (VI): factor manipulado por el investigador; se entiende como la causa. En los experimentos se manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones.
- Variable dependiente (VD): factor sobre el cual ejerce su efecto la VI. Esta variable se mide.

- Variable ajena o extraña (VA): factor que puede contaminar la relación causa – efecto que el investigador debe evidenciar entre las VI y VD. Si no se conoce su efecto o no se controla, el experimento puede invalidarse.

Un elemento al que debe prestar especial atención el investigador al plantear su diseño experimental es el planteamiento de la definición operacional de la VI. En algunas ocasiones tratar de llevar un concepto teórico o abstracto a un estímulo experimental puede resultar complejo por lo que es necesario que especifique de forma clara qué se va a entender por esa variable en el experimento.

Artiles (2008) y Hernández-Sampieri (2014) hacen mención (además de la VI y la VD) a otro tipo de variable que nombran variable interviniente y que definen como moderadora de la relación causal o puente entre la VI y la VD cuyo desconocimiento o falta de control puede conducir a la invalidación del experimento. También Hernández-Sampieri (2014) se refiere a la variable de control, la que influye en la VD, pero es neutralizada por el diseño o por los procedimientos estadísticos.

En la figura 1 se muestran ejemplos sobre la relación entre la VI y la VD en posibles situaciones experimentales en las ciencias médicas y de la salud.

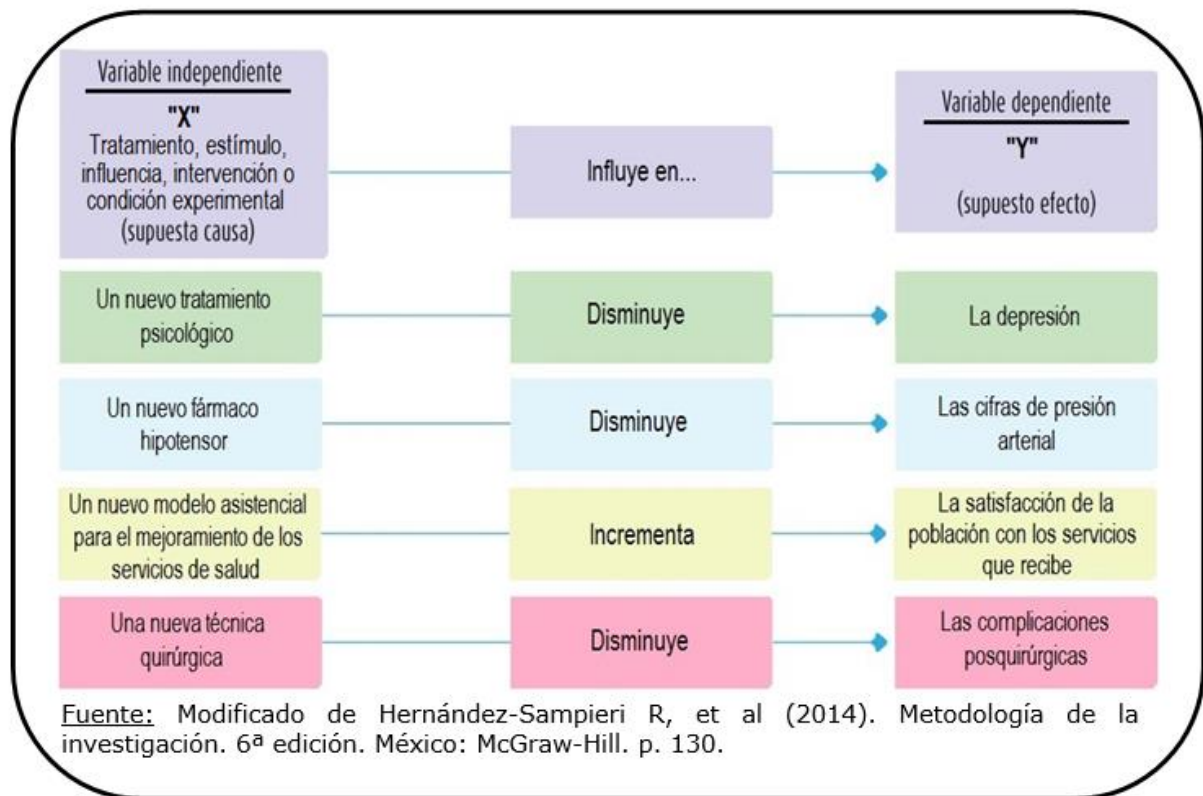


Figura 1. Ejemplos sobre la relación entre variables independientes y dependientes.

1.2.1 Formas de manipulación de la variable independiente.

Es importante definir la forma en la que se manipulará la VI. La manipulación de la VI puede realizarse en dos o más grados y por modalidades. El nivel mínimo de manipulación es de presencia o ausencia. Esto implica que un grupo se expone a la presencia de la VI y el otro no. En otras ocasiones es posible, deseable y necesario manipular la VI en cantidades o más de dos grados. Esto implica que varios grupos son expuestos a la presencia de la VI (con diferentes intensidades o cantidades) y generalmente otro grupo no. Esta forma de manipulación de la VI tiene la ventaja de que además de determinar si el tratamiento experimental tiene un efecto, también permite conocer si la magnitud del efecto depende de la intensidad del estímulo. Otra forma de manipular una VI consiste en exponer varios grupos a diferentes modalidades de la variable (sin que implique cantidad). En ocasiones, la manipulación de la VI conlleva una combinación de cantidades y modalidades de esta.

Para esclarecer más lo anteriormente planteado se propone como ejemplo el caso de la aplicación de un nuevo medicamento. Para probar su efecto, dos niveles de manipulación de la VI (presencia o ausencia) pueden ser suficientes. Se administraría a todos los individuos de un grupo la misma dosis del medicamento por la misma vía, mientras que el otro grupo no se sometería al tratamiento. Si lo que se quisiera evaluar fueran los efectos de distintas dosis de un medicamento se requeriría de más de dos grados de manipulación y tendríamos tantos grupos como dosis distintas (a administrar por la misma vía) y, además, el grupo en el que no se aplicaría dosis del producto. Pero, también podrían exponerse varios grupos a diferentes modalidades de la VI y administrar la misma dosis del medicamento por diferentes vías; de ese modo, por ejemplo, se crearía un grupo para la administración oral, otro para la sublingual y otro para la rectal.

Conviene aclarar que sobre los niveles de manipulación de la VI que deben utilizarse en un experimento no existe una regla general; estos estarán determinados por el planteamiento del problema y los recursos disponibles. Los estudios previos y la experiencia del investigador juegan un importante papel ya que cada nivel o grado implica un grupo más en el experimento.

1.3 Grupos experimental y de control.

Otro aspecto a tener en cuenta es el de los grupos que participan en el experimento y se clasifican como:

- Grupo experimental (GE) es el que está expuesto a la VI o sea, es el que recibe el tratamiento, estímulo o intervención experimental.
- Grupo de control (GC), también conocido como grupo testigo, es en el que la VI está ausente.

Es importante tener presente que ambos grupos participan en el experimento y pese a que el GC no se expone al tratamiento experimental no significa que su participación pueda descuidarse; todo lo contrario, en

ese grupo se realizan las mismas actividades que en el GE, excepto someterlo a la influencia de la VI. Posteriormente se observa si hubo o no alguna diferencia entre los grupos. Si la única diferencia que distingue al GE y al GC es la VI, las diferencias que se detecten entre los grupos pueden atribuirse a esta última. Pero si hay otras diferencias, no se podría hacer tal afirmación.

1.4 Contextos, alcance y enfoque de los experimentos.

En la literatura sobre la investigación se distinguen dos contextos generales en los que llega a tomar lugar un diseño experimental y como tal se clasifican en experimentos de laboratorio y experimentos de campo. Los experimentos de laboratorio se efectúan en condiciones controladas, en las cuales el efecto de las fuentes de invalidación interna (aspecto que será tratado más adelante) es eliminado, así como el de otras posibles variables independientes que no son manipuladas o no interesan. Los experimentos de campo se efectúan en situaciones reales en las que se manipulan una o varias variables independientes en condiciones tan cuidadosamente controladas como lo permite la situación. La diferencia esencial entre ambos contextos generales es la medida en que el ambiente es natural para los sujetos. Los experimentos de laboratorio generalmente logran un control más riguroso que los experimentos de campo pero estos últimos suelen tener mayor validez externa (aspecto a tratar más adelante). Las preferencias de los investigadores pueden favorecer el uso de uno de estos tipos de experimentos pero ambos han mostrado sobrada utilidad.

Aunque la clasificación de los experimentos se desarrollará más adelante conviene señalar que los experimentos propiamente dichos o puros (atendiendo a su alcance en la investigación) se tratan de estudios explicativos, los cuasi-experimentos pueden ser explicativos o correlacionales y los pre-experimentos pueden ser descriptivos o exploratorios.

Estos diseños se fundamentan en el enfoque cuantitativo y en el paradigma deductivo en los que el investigador debe procurar la validez, el rigor y el control de la situación de investigación. En estos estudios el análisis estadístico resulta fundamental para alcanzar los objetivos.

2. Diseños experimentales. 2.1 Simbología a emplear en los diseños experimentales. 2.2 Requisitos de los experimentos. 2.3 Validez externa. 2.4 Clasificación. 2.4.1 Pre-experimentos. 2.4.2 Experimentos puros. 2.4.3 Cuasi-experimentos. 2.5 Pasos de un experimento.

2.1 Simbología a emplear en los diseños experimentales.

A continuación se presenta en el cuadro 1 la simbología básica para diseños experimentales que generalmente se emplea en los textos especializados:

R	Asignación de los sujetos al grupo de manera aleatoria o al azar. Proviene del inglés randomization (aleatorización) por lo que no sería incorrecto representarlos con “A”
E	Asignación de los sujetos a los grupos por emparejamiento.
G	Grupo de sujetos o casos (G_1 , grupo 1; G_2 , grupo 2; etcétera).
X	Tratamiento, estímulo, influencia o condición experimental (presencia de algún nivel o modalidad de la variable independiente).
O	Una medición de los sujetos de un grupo (prueba, cuestionario, observación, etcétera). Si aparece antes del estímulo o tratamiento, se trata de una preprueba (previa al tratamiento). Si aparece después del estímulo se trata de una posprueba (posterior al tratamiento).
-	Ausencia de estímulo (nivel “cero” en la variable independiente). Indica que se trata de un grupo de control o testigo.

Cuadro 1. Simbología básica para diseños experimentales.

Asimismo, es necesario mencionar que la secuencia horizontal indica tiempos distintos (de izquierda a derecha) y cuando en dos grupos aparecen dos símbolos alineados verticalmente, esto indica que tienen lugar en el mismo momento del experimento.

En el cuadro 2 se representan diseños experimentales hipotéticos teniendo en cuenta las formas de manipulación de la VI ejemplificadas en el epígrafe 1.1.2.1 y la simbología aquí presentada. En todos los casos los grupos están compuestos por 30 individuos; en los casos I (a), II y III los individuos fueron asignados a los grupos al azar, mientras que en el I (b) fue por emparejamiento. Se puede observar que todas las pruebas se

I(a).	R G ₁ (n=30)	X (Dosis 1 del nuevo medicamento, vía oral)	O ₁		
	R G ₂ (n=30)	-	O ₂		
I(b).	E G ₁ (n=30)	X (Dosis 1 del nuevo medicamento, vía oral)	O ₁		
	E G ₂ (n=30)	-	O ₂		
II.	R G ₁ (n=30)	X ₁ (Dosis 1 del nuevo medicamento, vía oral)	O ₁		
	R G ₂ (n=30)	X ₂ (Dosis 2 del nuevo medicamento, vía oral)	O ₂		
	R G ₃ (n=30)	-	O ₃		
III.	R G ₁ (n=30)	X ₁ (Dosis 1 del nuevo medicamento, vía oral)	O ₁	O ₅	O ₉
	R G ₂ (n=30)	X ₂ (Dosis 1 del nuevo medicamento, vía sublingual)	O ₂	O ₆	O ₁₀
	R G ₃ (n=30)	X ₃ (Dosis 1 del nuevo medicamento, vía rectal)	O ₃	O ₇	O ₁₁
	R G ₄ (n=30)	-	O ₄	O ₈	O ₁₂

Cuadro 2. Diseños experimentales hipotéticos.

efectuaron con posterioridad a la administración del tratamiento experimental. En el caso III se puede observar que las mediciones O₁-O₄, O₅-O₈ y O₉-O₁₂ se efectuaron en tiempos distintos, hipotéticamente buscando el efecto de la administración del producto a las 4, 8 y 12 horas respectivamente.

2.2 Requisitos de los experimentos.

Los experimentos han de cumplir con tres requisitos. Estos son:

- Primer requisito: la manipulación intencional de una o más VI. Cuando en realidad existe una relación causal entre una VI y una VD, al variar intencionalmente la primera, la segunda también variará.
- Segundo requisito: la medición del efecto que la VI tiene en la VD. Esto es igualmente importante y como en la VD se observa el efecto, la medición debe ser adecuada, válida y confiable.
- Tercer requisito: el control o la validez interna de la situación experimental. Lograr control en un experimento implica contener la influencia de otras variables extrañas en las variables dependientes, para conocer en realidad si las variables independientes que nos interesan tienen o no efecto en las dependientes. Cuando hay control es posible determinar la relación causal; cuando no se logra el control, no se puede conocer dicha relación. Las principales fuentes de amenazas a la validez interna se muestran en la tabla 1.

El control en un experimento logra la validez interna y se alcanza mediante:

1. Varios grupos de comparación (dos como mínimo).
2. Equivalencia de los grupos en todo, excepto en la manipulación de la o las variables independientes.

Debe disponerse siempre de un grupo de comparación porque si solamente se tiene un grupo no es posible saber con certeza si influyeron las fuentes de invalidación interna u otras causas ajenas a la VI manipulada.

Es conveniente insistir en que los grupos deben ser similares en todo excepto en la manipulación de la o las VI, lo que asegurará que las diferencias entre los grupos se atribuyan a su influencia y no a otros factores. El investigador ha de asegurar que los grupos sean equivalentes al inicio del experimento y durante su desarrollo y que les sean aplicados los mismos instrumentos de medición de la misma manera.

La equivalencia inicial puede lograrse mediante dos métodos: la asignación al azar o aleatoria y el emparejamiento o apareo.

La asignación al azar asegura probabilísticamente que los grupos sean equivalentes con lo que impide que las VA (conocidas o desconocidas) afecten de manera sistemática los resultados del estudio al distribuirse aproximadamente de la misma manera en todos los grupos del experimento, por lo que no pueden ejercer ninguna influencia diferencial en las variables dependientes. Se puede realizar la asignación de individuos a los grupos del experimento de diferentes formas: el lanzamiento de una moneda para cada participante (previa designación de un grupo a un lado específico de la moneda), el lanzamiento de dados, la extracción de fichas o papeles con los nombres de los grupos o de los participantes escritos, o mediante programas para computadoras que generan números aleatorios. La asignación aleatoria funciona mejor cuanto mayor sea el tamaño de los grupos. Se recomienda que para cada grupo se tengan por lo menos 15 personas. En la Figura 2 se muestra una forma de asignar aleatoriamente los individuos a los grupos del experimento.

Cuando no es posible efectuar la asignación al azar puede recurrirse al emparejamiento. El proceso consiste en igualar a los grupos en relación con alguna variable específica que puede influir de modo decisivo en la o las variables dependientes. El primer paso es elegir la variable concreta de acuerdo con algún criterio teórico. El segundo paso consiste en obtener una medición de la variable elegida (que puede existir o efectuarse antes del experimento) para emparejar a los grupos. El tercer paso es ordenar a los participantes en relación a la variable sobre la cual se va a efectuar el emparejamiento (en atención a los valores obtenidos en la medición). El cuarto paso consiste en buscar un equilibrio entre los grupos mediante la formación de parejas, ternas, cuartetos, etcétera de participantes según la variable de apareamiento

y asignar a cada integrante de estos conjuntos a los grupos del experimento. También es posible el emparejamiento de los grupos en atención a dos o más variables, pero deben estar sumamente relacionadas porque de lo contrario resultaría muy difícil el emparejamiento. Conforme más variables se utilizan para aparear grupos, el procedimiento es más complejo. En el cuadro 3 se presenta un ejemplo de emparejamiento para el caso hipotético de un experimento en el que se tiene como VI la implementación de una nueva estrategia educativa. Se selecciona la variable coeficiente de inteligencia que se mide mediante la aplicación de una prueba de inteligencia y teniendo en cuenta la puntuación obtenida por cada participante se realiza el emparejamiento. No siempre es posible hacer un emparejamiento exacto pero siempre se debe procurar la mayor rigurosidad posible.

Tabla 1. Principales fuentes de invalidación interna.

Fuente o amenaza a la validez interna	Descripción de la amenaza	En respuesta, el investigador debe:
Historia	Eventos o acontecimientos externos que ocurran durante el experimento e influyan solamente a algunos de los participantes.	Asegurarse de que los participantes de los grupos experimentales y de control experimenten los mismos eventos.
Maduración	Los participantes pueden cambiar o madurar durante el experimento y esto afectar los resultados.	Seleccionar participantes para los grupos que maduren o cambien de manera similar durante el experimento.
Inestabilidad del instrumento de medición	Poca o nula confiabilidad del instrumento.	Elaborar un instrumento estable y confiable.
Inestabilidad del ambiente experimental	Las condiciones del ambiente o entorno del experimento no sean iguales para todos los grupos participantes.	Lograr que las condiciones ambientales sean las mismas para todos los grupos.
Administración de pruebas	Que la aplicación de una prueba o instrumento de medición antes del experimento influya las respuestas de los individuos cuando se vuelve a administrar la prueba después del experimento (por ejemplo, recuerden sus respuestas).	Tener pruebas equivalentes y confiables, pero que no sean las mismas y que los grupos que se comparen sean equiparables.
Instrumentación	Que las pruebas o instrumentos aplicados a los distintos grupos que participan en el experimento no sean equivalentes.	Administrar la misma prueba o instrumento a todos los individuos o grupos participantes.
Regresión	Seleccionar participantes que tengan puntuaciones extremas en la variable medida (casos extremos) y que no se mida su valoración real.	Elegir participantes que no tengan puntuaciones extremas o pasen por un momento anormal.
Selección	Que los grupos del experimento no sean equivalentes.	Lograr que los grupos sean equivalentes.
Mortalidad	Que los participantes abandonen el experimento.	Reclutar suficientes participantes para todos los grupos.
Difusión de tratamientos	Que los participantes de distintos grupos se comuniquen entre sí y esto afecte los resultados.	Durante el experimento mantener a los grupos tan separados entre sí como sea posible.
Compensación	Que los participantes del grupo de control perciban que no reciben nada y eso los desmoralice y afecte los resultados.	Proveer de beneficios a todos los grupos participantes.
Conducta del experimentador	Que el comportamiento del experimentador afecte los resultados.	Actuar igual con todos los grupos y ser "objetivo".

Fuente: Hernández-Sampieri R, et al (2014). Metodología de la investigación. 6ª edición. México: McGraw-Hill; 2014. p. 137.

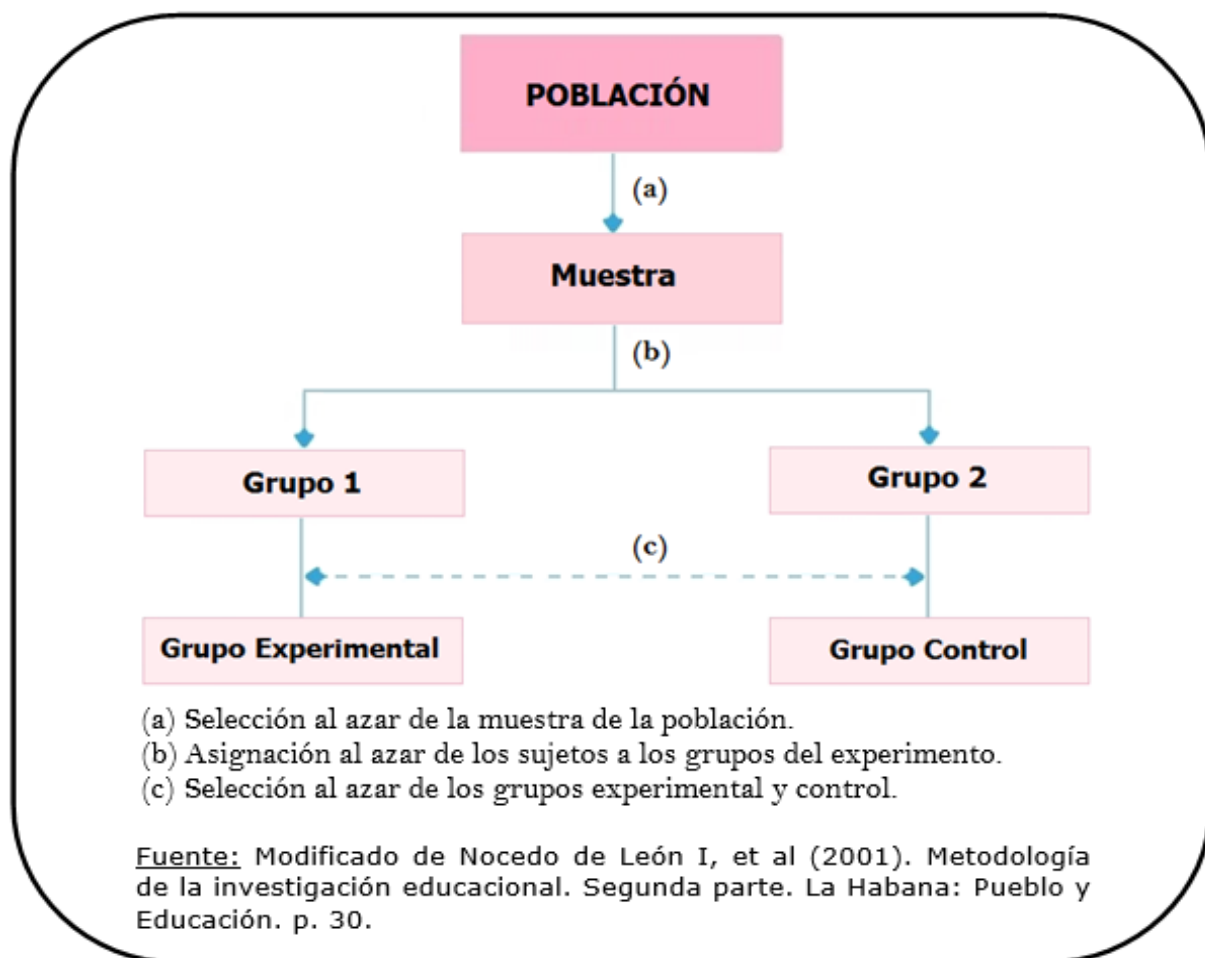


Figura 2. Asignación de los individuos a los grupos del experimento.

Puntuaciones en la prueba de inteligencia (PPI)		Asignación de los sujetos por emparejamiento a cada grupo de acuerdo con las puntuaciones de la prueba de inteligencia				
		Pares	Grupo experimental		Grupo Control	
Nombre	PPI		Nombre	PPI	Nombre	PPI
María	143	1	María	143	Sofía	143
José	130	2	José	130	Gustavo	130
Elena	116	3	Elena	116	Olga	116
Carlos	90	4	Alberto	100	Enrique	100
Enrique	100	5	Vilma	93	Irene	93
Gustavo	130	6	Carlos	90	Roberto	90
Vilma	93		Promedio PPI	112	Promedio PPI	112
Olga	116					
Sofía	143					
Roberto	90					
Alberto	100					
Irene	93					

Fuente: Modificado de Nocedo de León I, et al (2001). Metodología de la investigación educacional. Segunda parte. La Habana: Pueblo y Educación. p. 31.

Cuadro 3. Ejemplo de asignación de los sujetos por emparejamiento a cada grupo del experimento.

1.3 Validez externa.

En un experimento el investigador debe preocuparse por lograr la validez interna del mismo, es decir, la confianza en los resultados. Pero la validez interna es sólo una parte de la validez del experimento porque además, es deseable que tenga validez externa. La validez externa se refiere a la posibilidad de generalizar los resultados de un experimento a situaciones no experimentales, así como a otras personas, casos y poblaciones. Hay diversos factores que llegan a amenazar la validez externa; los más comunes se mencionan en la tabla 2.

Para lograr una mayor validez externa conviene: tener grupos lo más parecidos posible a la poblaciones a las que se desea generalizar, repetir

Tabla 2. Principales fuentes de invalidación externa.

Fuente o amenaza a la validez externa	Descripción de la amenaza
Efecto reactivo o de interacción de las pruebas	Cuando la preprueba aumenta o disminuye la sensibilidad o reacción de los participantes a la variable experimental y los resultados obtenidos para una población con preprueba no pueden generalizarse a quienes forman parte de esa población pero sin preprueba.
Efecto de interacción entre los errores de selección y el tratamiento experimental	Elegir personas con una o varias características que hagan que el tratamiento experimental produzca un efecto, que no se daría si las personas no tuvieran esas características. A veces este factor se presenta cuando se reclutan voluntarios para la realización de los experimentos.
Efectos reactivos de los tratamientos (Hawthorne)	“Artificialidad” de las condiciones que puede hacer que el contexto experimental resulte atípico respecto a la manera en que se aplica regularmente el tratamiento.
Interferencia de tratamientos múltiples	Que algunos tratamientos nulifiquen el efecto de otros.
Imposibilidad de replicar los tratamientos	Cuando los tratamientos son tan complejos que no pueden replicarse en situaciones no experimentales.
Efectos de novedad e interrupción	Un nuevo tratamiento puede tener resultados positivos simplemente por ser percibido como novedoso, o bien, lo contrario: tener un efecto negativo porque interrumpe las actividades normales de los participantes.
El experimentador	Que genere alteraciones o cambios que no se presentan en situaciones no experimentales. Es decir que el tratamiento solamente tenga efecto con la intervención del experimentador.
Interacción entre la historia o el lugar y los efectos del tratamiento experimental	Imposibilidad de duplicar un experimento conducido en un contexto en particular (tiempo y lugar) o que los resultados del experimento no pueden generalizarse a otros lugares o ambientes.

Fuente: Hernández-Sampieri R, et al (2014). Metodología de la investigación. 6ª edición. México: McGraw-Hill; 2014. p. 149.

el experimento varias veces con diferentes grupos o en distintos ambientes, tratar que el contexto experimental semeje lo más posible al contexto específico al que se pretende generalizar y que quienes participan sientan lo menos posible que se está experimentando con ellos.

2.4 Clasificación.

Existen varias clasificaciones para los diseños experimentales en la literatura especializada, sin embargo en la presente conferencia se prefiere presentar la tipología de Campbell y Stanley (1966), también asumida por Hernández-Sampieri (2014), quienes los dividen en tres clases: a) pre-experimentos, b) experimentos puros o verdaderos[§] y c) cuasi-experimentos.

2.4.1 Pre-experimentos.

En estos estudios el investigador sólo trabaja con grupos experimentales y no hay manipulación de la VI por lo que no son adecuados para el establecimiento de relaciones causales al mostrar vulnerabilidad en cuanto a su control y validez interna, por lo que sus resultados deben observarse con precaución. Algunos autores consideran que deben usarse sólo como estudios exploratorios previos a otros experimentos con mayor control. Estos diseños se presentan y diagraman a continuación:

- Pre-experimento con una sola medición (posprueba):

G X O

En este diseño se administra un estímulo o tratamiento a un grupo y después se aplica una medición de la o las VD en ese grupo. Además de lo planteado al inicio del epígrafe no hay una referencia previa de cuál era el nivel que tenían la o las VD en el grupo antes del estímulo experimental. No es posible establecer causalidad con certeza ni se controlan las fuentes de invalidación interna.

[§] Se prefiere utilizar el término “experimentos puros” a “experimentos verdaderos” (que es el término original) porque puede generar confusión entre los principiantes y conducir a criterios erróneos de que los otros diseños experimentales son falsos o de poco valor.

- Pre-experimento con dos mediciones (preprueba y posprueba):

$$G \quad 0_1 \quad X \quad 0_2$$

A un grupo se le aplica una prueba previa al tratamiento experimental y otra con posterioridad a este. La ventaja de este diseño sobre el anterior radica en la existencia de un punto de referencia inicial que permite conocer el nivel que tenía el grupo en la o las VD antes del estímulo. No obstante tampoco es conveniente para establecer causalidad ya que no hay manipulación de la VI, ni grupo de comparación; es posible que actúen fuentes de invalidación interna como la historia (entre 0_1 y 0_2 podrían ocurrir otros acontecimientos causantes de cambios además del tratamiento experimental). Además existe el riesgo de elegir a un grupo atípico o que en el momento del experimento no se encuentre en su estado normal.

2.4.2 Experimentos puros.

Los experimentos propiamente dichos o “puros” son aquellos que reúnen los dos requisitos para lograr el control y la validez interna: la presencia de grupos de comparación para la manipulación de la VI y la equivalencia entre ellos. Estos diseños pueden incluir una o más VI y una o más VD. A continuación se presentan y diagraman estos diseños:

- Diseño con posprueba únicamente y grupo de control:

$$RG_1 \quad X \quad 0_1$$

$$RG_2 \quad - \quad 0_2$$

Esta es una representación para dos grupos pero de forma más general (atendiendo a varios niveles o modalidades de manipulación de la VI) se representa:

$$RG_1 \quad X_1 \quad 0_1$$

$$RG_2 \quad X_2 \quad 0_2$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$RG_k \quad X_k \quad 0_k$$

$$RG_{k+1} \quad - \quad 0_{k+1}$$

Este diseño incluye dos o más GE y un GC. Los sujetos se asignan a los grupos de manera aleatoria (siempre que sea posible) o por emparejamiento, se aplica el estímulo experimental y cuando concluye la manipulación en todos los grupos se aplica una medición (con el mismo instrumento, al mismo tiempo y en las mismas condiciones) sobre la o las VD en estudio. Con el diseño generalmente se logra eliminar el impacto de todas las fuentes de invalidación interna.

La comparación entre las pospruebas de ambos grupos (0_1 y 0_2) nos indica si hubo o no efecto de la manipulación. Si ambas difieren ($0_1 \neq 0_2$), esto indica que el tratamiento experimental tuvo un efecto a considerar. Si no hay diferencias ($0_1 = 0_2$), ello indica que no hubo un efecto del tratamiento experimental.

- Diseño con preprueba-posprueba y grupo de control:

$$RG_1 \quad 0_1 \quad X \quad 0_2$$

$$RG_2 \quad 0_3 \quad - \quad 0_4$$

Esta es la representación para el diseño con dos grupos pero de forma más general (atendiendo a varios niveles o modalidades de manipulación de la VI) se representa:

$$RG_1 \quad 0_1 \quad X_1 \quad 0_2$$

$$RG_2 \quad 0_3 \quad X_2 \quad 0_4$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$RG_k \quad 0_{2k-1} \quad X_k \quad 0_{2k}$$

$$RG_{k+1} \quad 0_{2k+1} \quad - \quad 0_{2(k+1)}$$

Este diseño incluye dos o más GE y un GC. Los sujetos se asignan a los grupos de manera aleatoria (siempre que sea posible) o por emparejamiento y se les aplica una medición (preprueba) simultáneamente, luego se administra el estímulo experimental y cuando concluye la manipulación en todos los grupos se aplica una

posprueba (con el mismo instrumento, al mismo tiempo y en las mismas condiciones) sobre la o las VD en estudio. Con el diseño generalmente se logra eliminar el impacto de todas las fuentes de invalidación interna. Si el GC es excluido, el diseño se nombraría “diseño de preprueba-posprueba con grupos distribuidos aleatoriamente”.

La adición de la preprueba ofrece dos ventajas: primera, sus puntuaciones sirven para fines de control en el experimento (al comparar las prepruebas se evalúa qué tan adecuada fue la asignación aleatoria, lo cual es particularmente conveniente al trabajar con grupos pequeños) y, la segunda, reside en que es posible analizar el puntaje-ganancia de cada grupo (la diferencia entre las puntuaciones de la preprueba y la posprueba).

- Diseño de cuatro grupos:

RG ₁	O ₁	X	O ₂
RG ₂	O ₃	-	O ₄
RG ₃		X	O ₅
RG ₄		-	O ₆

Este diseño consiste en la mezcla de los dos diseños anteriores y fue propuesto en 1949 por Solomon. La ventaja de este diseño es que el experimentador tiene la posibilidad de verificar los posibles efectos de la preprueba sobre la posprueba, puesto que a unos grupos se les administra un test previo y a otros no. Con el diseño generalmente se logra eliminar el impacto de todas las fuentes de invalidación interna.

- Diseños experimentales de series cronológicas.

Los tres diseños experimentales anteriormente presentados se emplean para analizar efectos inmediatos o a corto plazo. Cuando es interés del experimentador analizar los efectos en el mediano o largo plazos, porque supone que la influencia de la VI sobre la VD tarda en

manifestarse, es conveniente que adopte diseños con varias pospruebas. Estos diseños pueden aplicarse en casos de evaluar programas de difusión de innovaciones, tratamientos médicos, métodos educativos, procesos industriales, introducción de tecnologías o estrategias psicoterapéuticas.

Estos diseños funcionan con dos o más grupos y los participantes son asignados al azar. Como transcurre mucho más tiempo entre el inicio y la terminación del experimento, el investigador debe tener cuidado con sucesos o situaciones que afecten de forma diferente a los grupos. Igualmente puede suceder cuando el estímulo tiene larga duración porque con el paso del tiempo es más difícil mantener la equivalencia inicial de los grupos.

Las pospruebas pueden ser tantas como se requiera y sea posible aplicar. Estos son los diseños experimentales de series cronológicas múltiples y un diagrama, ejemplificando con el diseño con cuatro grupos, podría resultar así:

RG ₁	O ₁	X	O ₃	O ₇
RG ₂	O ₂	-	O ₄	O ₈
RG ₃		X	O ₅	O ₉
RG ₄		-	O ₆	O ₁₀

En el caso de que se requiriese analizar la evolución de los grupos antes y después del tratamiento experimental se pudiesen aplicar varias prepruebas y pospruebas como se ejemplifica a continuación:

RG ₁	O ₁	O ₄	O ₇	X ₁	O ₁₀	O ₁₃	O ₁₆
RG ₂	O ₂	O ₅	O ₈	X ₂	O ₁₁	O ₁₄	O ₁₇
RG ₃	O ₃	O ₆	O ₉	-	O ₁₂	O ₁₅	O ₁₈

También, en otras situaciones el investigador quiere conocer el efecto sobre las VD que tiene la administración en varias oportunidades del

estímulo experimental. Estos son los diseños de series cronológicas con repetición del estímulo que se diagraman a continuación:

RG ₁	0 ₁	X ₁	0 ₄	X ₁	0 ₇	X ₁	0 ₁₀	X ₁	0 ₁₃
RG ₂	0 ₂	X ₂	0 ₅	X ₂	0 ₈	X ₂	0 ₁₁	X ₂	0 ₁₄
RG ₃	0 ₃	-	0 ₆	-	0 ₉	-	0 ₁₂	-	0 ₁₅

En algunos casos se podría prescindir de las prepruebas y el experimentador, por alguna justificación teórica o empírica, podría aplicar pospruebas a intervalos regulares como se presenta a continuación:

RG ₁	X ₁	0 ₁	X ₁ X ₁ X ₁	0 ₄	X ₁ X ₁ X ₁	0 ₇
RG ₂	X ₂	0 ₂	X ₂ X ₂ X ₂	0 ₅	X ₂ X ₂ X ₂	0 ₈
RG ₃	-	0 ₃	- - -	0 ₆	- - -	0 ₉

O bien, aplicar las pospruebas a intervalos irregulares:

RG ₁	X ₁ X ₁	0 ₁	X ₁	0 ₄	X ₁ X ₁ X ₁	0 ₇	X ₁	0 ₁₀
RG ₂	X ₂ X ₂	0 ₂	X ₂	0 ₅	X ₂ X ₂ X ₂	0 ₈	X ₂	0 ₁₁
RG ₃	- -	0 ₃	-	0 ₆	- - -	0 ₉	-	0 ₁₂

Cuando se desea analizar el efecto de la aplicación de distintos tratamientos experimentales a todos los grupos o participantes es posible utilizar los diseños con tratamientos múltiples.

La aplicación de tratamientos puede ser a varios grupos. La secuencia de los tratamientos experimentales puede o no ser la misma para todos los grupos y es posible administrar una o más pospruebas con posterioridad a cada tratamiento experimental.

A continuación se diagraman dos ejemplos de este tipo de diseño de tratamientos múltiples con la misma secuencia:

RG ₁	X ₁	0 ₁	X ₂	0 ₄	X ₃	0 ₇
RG ₂	X ₁	0 ₂	X ₂	0 ₅	X ₃	0 ₈
RG ₃	X ₁	0 ₃	X ₂	0 ₆	X ₃	0 ₉

Y con secuencia diferente:

RG₁ X₁ 0₁ X₂ 0₄ X₃ 0₇

RG₂ X₂ 0₂ X₃ 0₅ X₁ 0₈

RG₃ X₃ 0₃ X₂ 0₆ X₁ 0₉

Otra modalidad de aplicación de tratamientos múltiples es la que se efectúa en un solo grupo. En dependencia del momento de la investigación el grupo hace las veces de GE o de GC. Este diseño se diagrama así:

G_(único) X₁ 0₁ X₂ 0₂ — 0₃ X₃ 0₄ — . . . — 0_j X_k 0_m

- Diseños factoriales.

Hasta ahora se ha considerado que en la investigación se pretendiese analizar experimentalmente el efecto que sobre las VD tendría la manipulación de una VI, pero con mucha frecuencia se requiere medir el efecto que produce la manipulación de más de una VI. En los diseños factoriales se manipulan dos o más VI e incluyen dos o más niveles o modalidades de presencia en cada una de ellas. La preparación básica de un diseño factorial consiste en que todos los niveles o modalidades de cada variable independiente son tomados en combinación con todos los niveles o modalidades de las otras variables independientes.

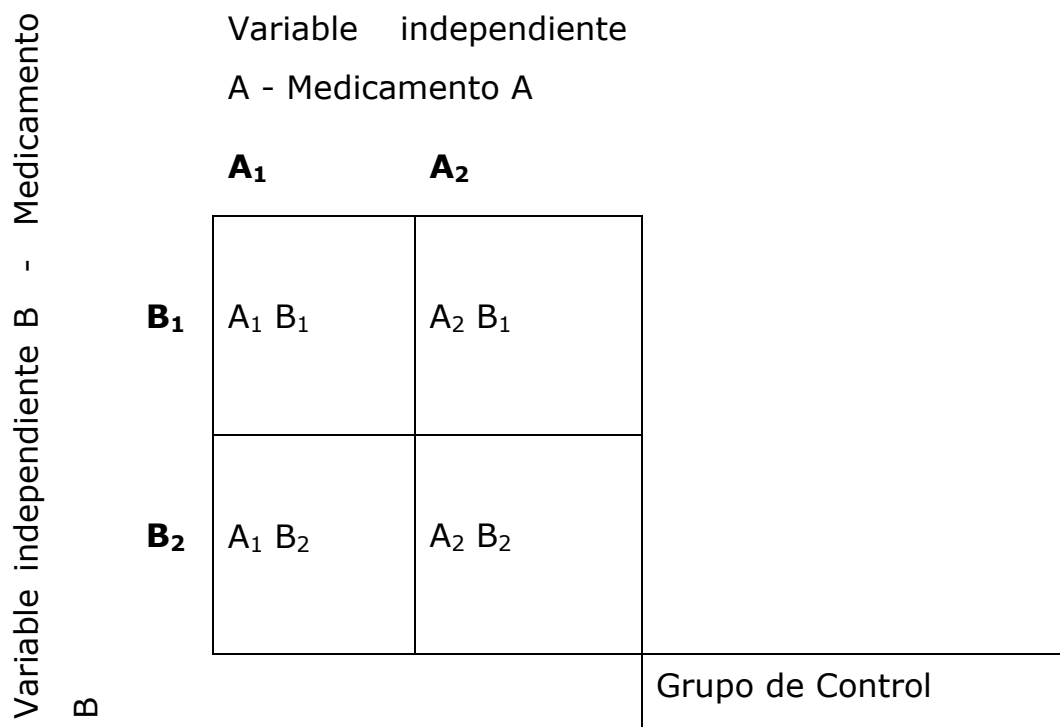
En el diseño factorial más simple se manipulan dos variables (cada una con dos niveles). A este diseño se le conoce como "diseño factorial 2 × 2". Si se presentara un "diseño factorial 4 × 3 × 2", se estaría haciendo mención a un diseño con tres VI con cuatro, tres y dos niveles de manipulación respectivamente.

El número de grupos o condiciones que se forman en un diseño factorial es igual a todas las posibles combinaciones que surgen cuando se cruzan los niveles de una VI con los niveles de las otras variables del mismo tipo. Así, en un diseño 2 × 2 tendremos cuatro grupos, en un diseño 3 × 2 resultarán seis grupos y en un diseño 3 × 3 × 3 se

requerirán 27 grupos. Debe observarse que el resultado de la multiplicación es el número de grupos resultante. También se debe tener en cuenta que es posible añadir además GC en estos diseños.

Los diseños factoriales son sumamente útiles porque permiten al investigador evaluar los efectos de cada VI sobre la VD por separado, así como los efectos de las VI de manera conjunta. Por medio de estos diseños se observan los efectos de interacción entre las variables independientes.

Un ejemplo de diseño factorial 2 x 2 sería determinar el efecto de dos medicamentos distintos (medicamentos A y B) que constituyen las dos VI, sobre la consecución de un determinado efecto que podría ser la eliminación de un síntoma específico, lo que constituye la VD. Los niveles de manipulación de ambas VI serían sus dosis (dosis 1 y dosis 2). En este caso si se añadiera un GC fuese necesario contar con cinco grupos. Este ejemplo podría ser diagramado de la siguiente forma:



Como se puede apreciar los números colocados en los subíndices representan los niveles de manipulación (dosis 1 y dosis 2) de las VI y cada combinación de A y B implica la correspondencia de un GE.

2.4.3 Cuasi-experimentos.

Los cuasi-experimentos son muy parecidos a los experimentos propiamente dichos o puros. En estos diseños también se manipula, al menos, una VI para observar su efecto sobre una o más VD. Sólo difieren de los experimentos puros en el grado de seguridad que puede tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos, ya que a ellos no hay asignación al azar de los sujetos ni emparejamiento porque los grupos ya están conformados antes del experimento (son grupos intactos); las razones por la que surgen y el modo en que se integran esos grupos es independiente del experimento.

Se puede afirmar que existen tantos diseños cuasi-experimentales como experimentales puros. Estos pueden ser deducidos de los correspondientes diseños experimentales puros anteriormente tratados con solo quitarles la "R" o las "E" de asignación al azar o emparejamiento. Las comparaciones, interpretaciones y los análisis son prácticamente equiparables.

Estos diseños se nombran de ese modo porque su validez es menor que la de los experimentos puros y se utilizan cuando no es posible la asignación aleatoria o por emparejamiento de los participantes a los grupos. El investigador que emplea estos diseños debe luchar con problemas de la selección (y su interacción con otros factores) como posible fuente de interpretación equivocada, así como con posibles efectos de la regresión. El investigador debe intentar establecer la semejanza entre los grupos, para lo que debe considerar las características o variables que estén relacionadas con las variables estudiadas. También debe prestar mucha atención a la interpretación de los resultados para no caer en conclusiones erróneas. Las limitaciones deben ser identificadas con claridad, la

equivalencia de los grupos debe discutirse y la posibilidad de generalizar los resultados, así como la representatividad, deben argumentarse con basamento lógico. Cuando el investigador no cuente con grupos equiparables no debe plantear una investigación con fines explicativos, sino limitarla a propósitos descriptivos y/o correlacionales.

2.5 Pasos de un experimento.

Hernández-Sampieri (2014) recomienda los pasos que han de tenerse en cuenta para la ejecución satisfactoria de un diseño experimental y que se relacionan a continuación:

- Paso 1: Decidir cuántas VI y VD deberán incluirse. No necesariamente el mejor experimento es el que incluye el mayor número de variables por lo que deben incluirse solo las variables que sean necesarias para probar las hipótesis, alcanzar los objetivos y responder las preguntas de investigación.
- Paso 2: Elegir los niveles o modalidades de manipulación de las VI y traducirlos en estímulos experimentales.
- Paso 3: Desarrollar el instrumento o instrumentos para medir las VD.
- Paso 4: Seleccionar una muestra de casos o personas del tipo o perfil que nos interesa.
- Paso 5: En el caso de que sean individuos se procede a reclutarlos. Esto implica obtener su consentimiento y darles las explicaciones necesarias (procurando no introducir fuentes de invalidación del experimento). Es conveniente proporcionarles facilidades para que participen (si se les puede brindar transporte, entregarles un mapa con los señalamientos precisos, etcétera). También puede ser importante informar a la institución a la que pertenezcan para facilitar el apoyo y recordarles su participación el día anterior a la realización del experimento. Los individuos pueden ser motivados mediante estímulos morales o materiales.

- Paso 6: Seleccionar el diseño experimental o cuasi-experimental apropiado para nuestras hipótesis, objetivos y preguntas de investigación.
- Paso 7: Planear cómo vamos a manejar los casos o a los participantes. Con personas, elaborar una ruta crítica sobre qué van a hacer desde que llegan al lugar del experimento hasta que se retiran.
- Paso 8: En el caso de experimentos “puros”, dividirlos al azar o emparejarlos; y en el caso de cuasi-experimentos, analizar cuidadosamente las características de los grupos intactos.
- Paso 9: Aplicar las prepruebas (cuando las haya), los estímulos experimentales y las pospruebas.

También se recomienda a los investigadores llevar un libro donde sistemáticamente registren las incidencias o detalles de interés durante el desarrollo del experimento. Asimismo, por razones éticas, se recomienda que si por medio del tratamiento experimental se beneficia a un grupo, una vez concluido el experimento (siempre que sea posible) se administre a los demás grupos, para que también gocen de sus beneficios.

Se recomienda a los investigadores, al optar por un diseño y al decidir la cantidad de variables y grupos a utilizar, tener en cuenta los recursos materiales, económicos y el tiempo disponible. Estos factores, si son pasados por alto, pueden influir negativamente en el desarrollo del experimento. No obstante, han de tener presente que tal decisión, en última instancia, está determinada por la lógica particular del proceso investigativo.

El equipo de investigación debe tener previstas alternativas viables en caso que se requiera efectuar modificaciones en los diseños por la ocurrencia de eventualidades.

CONCLUSIONES

El conocimiento profundo acerca de las características de los diseños experimentales es una importante premisa al acometer su selección en el estudio a realizar. Asimismo, la comprensión plena del investigador sobre la realidad que estudia y la claridad y exactitud al definir los objetivos y formular la hipótesis son esenciales para evitar errores en el empleo de un determinado diseño experimental los que, generalmente, son causantes de problemas de contenido transcendentales e irreversibles en el proceso investigativo.

La selección del tipo de diseño, la cantidad de variables a considerar, los grados o modalidades de manipulación de la o las variables independientes, la cantidad de grupos y contexto en el que se efectuará, aunque pueden estar influenciados por los recursos materiales, económicos y el tiempo disponible, han de obedecer a la lógica particular de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Artiles Visbal L, Otero Iglesias J, Barrios Osuna I. Metodología de la Investigación para las Ciencias de la Salud. La Habana: Ciencias Médicas; 2008.
- Campbell DT, Stanley JC. Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social. Chicago: Rand McNally Company; 1966.
- Cereza Mezquita J, Fiallo Rodríguez J. Cómo investigar en Pedagogía. La Habana: Pueblo y Educación; 2004.
- Creswell JW. Métodos cuantitativos. En: Creswell JW. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3ª edição. Porto Alegre: Artmet; 2010. P. 177-205.
- Hernández-Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Concepción o elección del diseño de investigación. En: Hernández-Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 6ª edición. México: McGRAW-HILL; 2014. P. 126-69.
- López Roldán P, Fachelli S. Perspectivas metodológicas y diseños mixtos. En: López Roldán, Fachelli S. Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. Bellaterra. (Cerdanyola del Vallès): Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. 2015. Disponible en: <http://ddd.uab.cat/record/163565>
- Nocado de León I, Castellanos Simons B, García Batista G, Addine Fernández F, González Dosil C, Gort Sánchez M, et al. El método experimental. En: Nocado de León I, Castellanos Simons B, García Batista G, Addine Fernández F, González Dosil C, Gort Sánchez M, et al. Metodología de la investigación educativa. Segunda parte. La Habana: Pueblo y Educación. 2001. P. 27-37.