

El experimento en la investigación científica

The experiment in scientific research

Miguel Ángel Ávila-Solís¹

Yuslenin Hernández-López²

¹ Profesor Titular. Máster en Investigación Educativa. Doctor en Ciencias de la Cultura Física. Universidad de Holguín. Facultad de Cultura Física. Telf. 24425284. maavila@uho.edu.cu

² Máster en Pedagogía del Deporte y la Cultura Física. yuya@uho.edu.cu

Resumen

Dentro de los métodos de investigación, el más preciso y por la posibilidad de explicar las verdaderas relaciones causales en la ocurrencia de los hechos, se encuentra el experimento científico, por ello con este trabajo se persigue dotar de un material reflexivo a estudiantes de pre y posgrado, a investigadores con el fin de ampliar sus conocimientos en la consecución de los objetivos investigativos. La utilización del método analítico-sintético, el análisis bibliográfico, el histórico-lógico y el hermenéutico permitieron elaborar las principales tendencias y regularidades entre los diferentes autores que abordan este tema.

Palabras clave: métodos de investigación, experimento científico, material didáctico, estudios de pregrado, estudios de posgrado

Abstract

Among the research methods, the most accurate due to the possibility of explaining the true causal relationships in the occurrence of the

facts, is the scientific experiment; so this work seeks to provide a reflective material to students of pre and postgraduate, to researchers in order to expand their knowledge in achieving their research objectives. The use of the analytical-synthetic, the bibliographic, the historical-logical and the hermeneutic analysis methods allowed elaborating the main trends and regularities between the different authors that address this topic.

Keywords: research methods, scientific experiment, didactic material, pregraduate studies, postgraduate studies

Introducción

El comienzo histórico exacto de abordar la realidad es indeterminable en el tiempo. Desde que el hombre comienza a operar –consciente o inconsciente- la idea elaborada de la causalidad, en lo concreto de la práctica, es donde se da la ciencia y su primer método.

El conocimiento comienza con la observación, mediante la cual se llega a que, dados ciertos

fenómenos o circunstancias, se producen otros en su sucesión temporal que aparecen como condicionados por los que les anteceden. A partir de estos se establece la relación de que unos fenómenos son “causa” y otros, “efectos”, alcanzados de manera empírica, espontánea e inconsciente. Por tanto, aún no es permisible hablar o identificar el conocimiento científico.

Es necesario un salto cualitativamente superior que se alcanza cuando el hombre, de forma consciente provoca fenómenos para establecer o definir la causalidad (relación causa-efecto) y eliminar, o al menos controlar la casualidad.

No es posible precisar en el tiempo cuándo el hombre comenzó a explicar los efectos más diversos y a relacionar objetos y fenómenos, sin misticidad o religión; no obstante, sí es posible determinar que este se produce en la medida que el hombre depura los fenómenos, antecedentes concomitantes y consecuentes. Escoge uno o algunos de ellos sin los cuales no se produce el efecto o los efectos observados u obtenidos.

La filosofía en la época del Renacimiento dio un impulso extraordinario al desarrollo de las ciencias naturales experimentales. La ciencia experimental requiere de medios y métodos de conocimiento, por los cuales pueden regirse los científicos al estudiar la naturaleza, la sociedad o el pensamiento.

Como se aprecia, un salto superior en la obtención del conocimiento, solo es posible cuando se alcanza un desarrollo adecuado de los medios,

instrumentos y un acervo teórico suficiente; además, cuando es posible depurar los factores extraños o concomitantes que inciden en el fenómeno que se estudia.

. El experimento

Desde Galileo (1564-1642) se sitúa el experimento como base del conocimiento científico; la generalidad de los autores lo consideran como el fundamental, el más completo e importante dentro del proceso de la investigación científica. Este método ha sido definido de diferentes formas por varios autores.

Así, por ejemplo, Bunge (1966) señala que el experimento científico es la más rica de todas las formas de experiencia humana. De acuerdo con García de la Figal (2016), es aquella experiencia científica en la cual se provoca algún cambio en el objeto, fenómeno o proceso estudiado —se actúa sobre el mismo o se cambian las condiciones en que tiene lugar este— se observa y se mide con la ayuda de las técnicas y los instrumentos correspondientes, y se interpretan sus resultados con alguna finalidad cognoscitiva. A la observación se le añade el control de ciertos factores o variables sobre la base de supuestos teóricos y supone medición.

Hernández, Fernández y Baptista (2003, p.121), lo definieron como

un estudio de investigación en el que se manipulan deliberadamente 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.

Cerezal y Fiallo (2004) consideran que un experimento consiste en promover un cambio en la variable independiente para observar de modo controlado, el efecto que se produce en la variable dependiente. En tanto, Estévez, Arroyo y González (2003) explican que es una actividad cuyos fines cognoscitivos están dirigidos a descubrir leyes objetivas que inciden en el objeto de experimentación.

El análisis de las definiciones expuestas permitió establecer las regularidades esenciales:

Es un método empírico

Provoca deliberadamente algún cambio

Desarrollo en condiciones controladas de manera cuidadosa

Estudio del objeto o proceso por medio de mecanismos e instrumentos especiales

Separación y aislamiento del mismo con respecto a la influencia de factores no esenciales. Estudiarlo en forma pura

Reproducción del proceso en condiciones fijadas y sometidas a control

Modificación, variación y combinación en diferentes condiciones

Intervención práctica provocada en la marcha natural de los fenómenos

Creación de condiciones o adecuación de las existentes

Se han subrayado características, según la relación anterior, porque estas permiten comprender la utilización del experimento en la pedagogía y en otras áreas del saber. En relación con la última, es necesario señalar que el hombre no puede intervenir en muchos fenómenos de la sociedad, la naturaleza y el pensamiento.

. Fases en la realización del experimento

Sin embargo, pese a estos fundamentos opuestos a la utilización del experimento en las investigaciones pedagógicas, hay formas en que este se puede aplicar.

El referido experimento requiere tener de antemano un sistema de categorías referentes a los hechos o fenómenos que se estudian; antes de iniciarlo se requiere una investigación teórica que permita establecer un modelo con la estructura del hecho o fenómeno, sus peculiaridades y una idea acerca de las variables que en este intervienen.

1. Plantear el hecho o fenómeno a estudiar sobre la base del problema y del objetivo
2. Determinar magnitudes, características y elementos que de una manera u otra se suponen intervienen en el hecho
3. Delimitar condiciones en que se desarrollará el experimento (diseño experimental)
4. Recolectar y clasificar datos obtenidos
5. Elaborar datos obtenidos en su asimilación teórica y su inclusión en la teoría científica

Estos elementos y disquisiciones teóricas que se han tenido en cuenta, deben permitir comprender la necesidad de organizar, preparar y planificar el experimento, de forma tal que se establezca un control preciso sobre las variables que en este intervienen. Este control se establece mediante el diseño experimental.

Pero antes, es preciso presentar las diferentes formas en que se puede realizar este método, según los criterios adoptados por disímiles autores.

. Tipos de experimento

Son muchas las formas que existen para clasificar a los experimentos; a continuación, se refieren algunas de ellas.

El colectivo de trabajo del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas (s/f) señala:

1. Artificiales
 - . Proyecto simultáneo
 - . Sucesional proyectado
2. Naturales
 - . *Ex post facto* de causa a efecto
 - . *Ex post facto* de efecto a causa

En el *Libro de trabajo del sociólogo* (1988) se plantea:

1. Por el carácter específico de la tarea planteada
 - . Experimento científico-investigativo
 - . Práctico
2. Según el carácter de la estructura lógica de la demostración de la hipótesis:
 - . Experimento paralelo

- . Experimento sucesivo
3. En relación con el carácter de la situación experimental

- . De campo
- . De laboratorio

Best (1972) expresa:

- A. Un individuo o un grupo aislado (caso único)
- B. Grupos paralelos equivalentes (dos o más) (caso múltiple)
 - 1 Equivalentes por elección al azar
 - 2 Equivalentes por puntuaciones medias
 - 3 Equivalentes por elección de pares
 - 4 Método de gemelos

- C. Método rotatorio
 - 1 Grupo aislado
 - 2 Grupos paralelos, equivalentes

Rusavin (1990), por otro lado, opina:

1. Según sus objetivos básicos
 - . Verificar empíricamente alguna hipótesis y teoría
 - . Experimento prospectivo
2. Por el carácter de los objetivos investigados
 - . Físicos, químicos, biológicos, psicológicos y sociales
- . Experimentos directos
- . Experimento de modelos
3. De acuerdo con los métodos y los resultados
 - . Cualitativos
 - . Cuantitativos
4. Según el método que se utiliza
 - . Estadístico

- No estadístico

En tanto, Nocedo y Abreu (1984) declaran:

1. Por el tiempo que se desarrolla
 - A. Breves
 - B. Prolongados
2. Por las funciones de los métodos empíricos de investigación
 - A. Prospectivos, descriptivos y de constatación
 - B. Verificadores
 - C. Formativos
3. En función de los medios técnicos y las condiciones para su realización
 - A. Naturales
 - B. De laboratorios
4. En dependencia del objetivo de estudio
 - A. Físicos
 - B. Químicos
 - C. Biológicos
 - D. Psicológicos
 - E. Pedagógicos
 - F. Sociales
 - G. Y demás

Por lo que atañe a Friederich (1988), este manifiesta:

1. El experimento en análisis de grupo.
 - Prueba de selección de asociados (PSA)
 - Prueba de características sociales (PCS)
 - Prueba de rango de actividades (PRA)
 - Método de evaluación de grupo
 - Experimento de comprobación
 - Experimento con modelos

Estas son clasificaciones que aparecen en la literatura especializada y de uso frecuente, según los criterios adoptados por los autores. La elección de uno u otro tipo de experimento, parte de la hipótesis porque este tiene por objetivo básico demostrar que los cambios producidos en la variable dependiente fueron ocasionados por el tratamiento manipulado (variable independiente).

Desde el punto de vista estadístico, se corrobora o se rechaza la hipótesis científica a partir de la estadística la cual consiste en plantear dos posibilidades:

$H_0: A = B$ Se refuta, en relación con la probabilidad

$H_1: A > B$ o $A < B$ o $A = B$ No se refuta, de acuerdo con el nivel de significatividad

- Diseño de experimento

Independientemente del tipo de experimento que sea necesario utilizar en la investigación, se debe organizar, preparar y planificar de forma tal que se establezca un control preciso de las variables que en este intervienen. Dicho control se establece mediante el diseño experimental; el diseño estructura la organización de la investigación y es un esquema global que indica lo que realizará el investigador, cómo alcanzará los objetivos de la investigación y abordará el problema planteado, el cual debe garantizar su fiabilidad y validez.

La fiabilidad, confiabilidad o precisión del diseño se refiere a la constancia para captar la relación entre variables. En consecuencia, la fiabilidad del

diseño se favorece, si se eligen valores adecuados en las variables, se aplican convenientemente y se miden con precisión.

La fiabilidad de un diseño suele estimarse al aplicar sucesivas veces el mismo diseño en circunstancias lo más similares posibles. Desde estas repeticiones puede verse si se obtienen iguales resultados.

Un diseño tiene validez cuando permite detectar la realización real que se pretende efectuar, así se distinguen la validez interna, externa y la conceptual.

Interna: el diseño debe garantizar un control exacto de las variables concomitantes.

Externa: para lograr la validez externa, la muestra seleccionada debe ser representativa de la población para posibilitar generalizar los resultados.

Contextual o ecológica: se refiere a la posibilidad de que los resultados obtenidos son aplicables a situaciones concretas.

De los tratamientos: las categorías de las variables independientes son representativas de los niveles que adopta dicha variable en la realidad.

Conceptual: las definiciones operativas de las variables implicadas deben ser coherentes con las definiciones conceptuales de las mismas, tal como son delimitadas por la teoría de la que proceden.

La metodología de diseño de experimentos estudia cómo realizar comparaciones lo más homogéneas posibles, para aumentar la probabilidad de detectar

cambios o identificar variables influyentes. Es estudiar el efecto que, sobre una variable respuesta, tienen un conjunto de otras variables que se pueden llamar variables experimentales, factores o tratamientos.

. Clasificación de los diseños

Los diseños de experimento han sido clasificados de diversas maneras en función del criterio elegido por esta, pero todas tienen rasgos generales en común:

- La posibilidad de lograr la validez interna, en dependencia del control que se puede establecer en las variables concomitantes
- Por el control del estado de las variables implicadas (independiente y dependiente)
- Por la cantidad de grupos que se forman
- De este modo los casos más generalizados son:
- Un grupo, un tratamiento y un posttest
- Un grupo, un tratamiento y un pretest-posttest
- Dos grupos, un tratamiento y un pretest-posttest
- Dos grupos, dos tratamientos y un posttest
- Varios grupos, tratamientos y un pretest-posttest

La clasificación que, de acuerdo con el criterio de los autores de este trabajo abarca la mayor cantidad de posibilidades de organización del experimento y se adecuan a sus fines, es tomada de la Metodología de investigación de perspectiva empírico analítica:

Por la validez interna

- Diseños preexperimentales y también no experimentales
- Diseños cuasiexperimentales
- Diseños experimentales

Por el tipo de situación experimental

- Diseños intersujetos, intergrupos
- Diseños intrasujetos, intragrupos
- Diseños mixtos

Según el número de variable independiente y de variable dependiente

- Univariado-Univariado
- Multivariado-Univariado
- Univariado-Multivariado
- Multivariado-Multivariado

Con respecto a la técnica de formación de los grupos aleatorios

- Aleatorios
- De bloques
- Apareados

Por la validez interna:

- Los diseños no experimentales son los más débiles; ocupan un lugar intermedio los cuasiexperimentales y los que mayor validez interna tienen y los más potentes son los diseños experimentales

Por el tipo de situación experimental:

- Diseños intersujetos, intergrupos: a cada sujeto o grupo se le aplica solo un tratamiento experimental
- Diseños intragrupos: a cada sujeto se le aplican todos los todos los tratamientos experimentales

- Diseños mixtos: parte de los factores se estudian en una situación intragrupos
- De acuerdo con el número de variables independientes y variables dependientes

- Univar-Univar: 1 VI y 1 VD
- Multivar-Univar: más de 1 VI y 1 VD
- Univar-Multivar: 1 VI y más de 1 VD
- Multivar-Multivar: más de 1 VI y más de 1 VD

Según la técnica de formación de los grupos:

- Aleatorio: Los sujetos son asignados a los grupos al azar
- De bloques: antes de aplicar la VI se pretende homogeneizar a los grupos experimentales, aunque previamente hayan sido seleccionados al azar. Esto permite controlar algunas variables extrañas que podrían contaminar el resultado
- Apareados: con la técnica de apareo se consiguen grupos experimentales equivalentes. Se analiza una medición previa de la VD o de otra fundamentalmente correlacionada. Con ella y, además, estas mediciones, se forman grupos equivalentes

Diseños metodológicos experimentales más utilizados

Metodología experimental

Diseños completamente al azar

- Bivalentes
- Multivalentes
- Factoriales

Diseño de bloques homogéneos al azar

Diseños intragrupos o de medidas repetidas

- Tratamiento por sujetos
- Análisis de tendencias

Metodología cuasiexperimental

- De grupos no equivalentes
- Grupo único
- Dos grupos

De series temporales interrumpidas

- Simples
- De dos grupos no equivalentes
- Con retirada de tratamiento
- Con replicaciones múltiples
- De sujeto único

Metodología no experimental

- Comparativo causal
- Descriptivos
- Longitudinales transversales
- Análisis de cohortes
- Estudios de encuesta
- Estudios observacionales
- Correlacionales
- Estudios de desarrollo

La elección del tipo de diseño a emplear depende de:

- La extensión de la población
- Posibilidades de control de las variables concomitantes
- Tiempo del que se dispone
- La naturaleza del tratamiento a manipular

Conviene precisar los fundamentos sobre los cuales se diseñan y ejecutan los experimentos:

En primer lugar, la lógica de la comprobación de hipótesis causales remite al concepto de causalidad, inferencia de la relación causal entre variables y la eliminación de otros posibles factores causales.

En segundo lugar, deben establecerse las clases de evidencias pertinentes a la inferencia causal de los experimentos: de variación concomitante, de que (Y) no ocurrió antes que (X), de descarte de factores como posibles condicionantes de (Y). Por último, diferentes experimentos como fuentes de evidencia y error.

• La estadística en el experimento

La estadística deshumaniza la investigación y se ha forzado su utilización de forma indiscriminada; muchas veces por los investigadores noveles y otras, por falta de una preparación teórica suficiente. No se trata de ser un detractor de la estadística; todo lo contrario, es velar por su adecuada y justa utilización. Cuidar porque se respete, y se haga un uso racional y efectivo de sus principios, postulados y teoremas.

Por muy pensado que esté un procesamiento estadístico, por muy buena voluntad que se tenga para su utilización, si este no se corresponde con el problema, objetivo e hipótesis, además de otras características que se hayan planteado, los resultados de la investigación son falsos.

Cuando en una investigación se adopta el método experimental, porque parte de una hipótesis causal, no es posible eludir el uso de la estadística, puesto que para una explicación causal hay que mostrar

que el acontecimiento considerado se deriva de la confrontación entre leyes conocidas y las circunstancias que le dieron nacimiento.

La inferencia como operación lógica pone en relación conceptos con otras formas más amplias. Mediante la inferencia se relacionan causalmente, al menos dos variables de una hipótesis. Para ello la estadística es potencialmente justa dentro de un margen de probabilidad.

Al igual que sucede con el experimento que hay que diseñarlo, ocurre también con el procesamiento estadístico. La valoración estadística se planifica en etapas o pasos, lógicamente estructurados y direccionalmente verticales.

Existen diferentes criterios, en relación con la cantidad de pasos o etapas y con la denominación de ellas, pero en el contenido básicamente todas coinciden. La que se presenta es el resultado del más significativo:

1. Planteamiento del problema
2. Formulación de la hipótesis
3. Formulación de la hipótesis de nulidad
4. Elección de la prueba estadística (con su modelo específico asociado para probar H_0)
5. Especificación del nivel de significatividad (α) y del tamaño de la muestra (N)
6. Encuentro o suposición de la distribución muestral de la prueba estadística conforme H_0
7. Sobre la base de los incisos 4, 5 y 6, definición de la región de rechazo
8. Ejecución del experimento

9. Aplicación de las pruebas estadísticas a los resultados experimentales

10. Obtención de conclusiones a través de medidas de confiabilidad de estimación de cantidades valuadas cualesquiera. Deberá considerarse la validez de las conclusiones para la población de objetos o eventos a la cual se van a aplicar

11. Valuación de la investigación completa, particularmente con otras investigaciones del mismo problema o similar

Por lo general, la población con la cual se va a experimentar es pequeña, los datos se obtienen en una escala ordinal o nominal por lo que la estadística que más utilidad tiene es

la no paramétrica, cuyo modelo no especifica las condiciones de los parámetros de la población de la que salió la muestra.

Hay algunas suposiciones que se asocian con la mayoría de las pruebas estadísticas no paramétricas: observaciones independientes y variable de continuidad básica.

Cuando hay varias pruebas estadísticas disponibles para un diseño de investigación dado, es necesario emplear un criterio de elección.

El campo de la estadística se ha desarrollado hasta el grado en que, actualmente se cuenta con pruebas estadísticas susceptibles de usarse de manera alternativa para tomar decisiones acerca de hipótesis. Al comparar las pruebas, se necesita una base racional para escoger entre ellas.

Criterios de elección, de acuerdo con Siegel (1970)

- **Potencia:** La potencia de una prueba se define como la probabilidad de rechazar H_0 , cuando es realmente falsa. Esto es:

Potencia = $1 - \text{probabilidad del error Tipo II} = 1 - \alpha$

- La manera en que la muestra de porcentajes fue obtenida
- La naturaleza de la población de la que se sacó la muestra
- La clase de medición o escala que se empleó en las definiciones operacionales de las variables usadas, es decir, en los puntajes

Todos estos factores intervienen en la determinación de la prueba estadística más adecuada para analizar un conjunto particular de datos investigados. Las pruebas más poderosas son las apoyadas por suposiciones más fuertes y amplias.

Las pruebas paramétricas se basan en una variedad de fuertes suposiciones a las que su uso está sujeto. Al ser las suposiciones válidas, estas pruebas son las idóneas para rechazar una H_0 falsa. En otras palabras, cuando los datos de la investigación pueden ser analizados adecuadamente por una prueba paramétrica, será el medio más poderoso para rechazar una H_0 falsa.

Las condiciones en las que la prueba de t es la más poderosa y sin las cuales no se puede tener confianza en cualquier aseveración de probabilidad obtenida con la prueba t' *students*, son estas por lo menos:

1. Las observaciones deben ser independientes entre sí
2. Las observaciones deben hacerse en poblaciones distribuidas normalmente
3. Estas poblaciones deben tener la misma varianza (o en casos especiales deben tener una proporción de varianza conocida)
4. Las variables correspondientes deberán haberse medido por lo menos en una escala de intervalos

- Diseño de experimento estadístico

Pasos para el diseño de experimento:

1. Definir el problema científico, la hipótesis y los objetivos
2. Enunciar la(s) hipótesis estadística(s) que responda(n) a los objetivos propuestos
3. Selección de los tratamientos, número de muestra y nivel de significación
4. Definición del material experimental y de los métodos e instrumentos de medición
5. Selección del diseño de experimento y número de repeticiones
6. Medidas para la conducción del experimento y la disminución del error experimental
7. Tabulación, examen crítico y cálculos primarios de los datos experimentales
8. Análisis de los datos e interpretación de los resultados
9. Confección del reporte de investigación
10. Principios básicos del diseño de experimento

En la experimentación, los principios básicos surgen de la necesidad del empleo de la estadística; así se pueden mencionar tres principios básicos:

1. Replicación: la réplica se entiende como la repetición del experimento básico, lo cual es deseable porque proporciona una estimada del error experimental que actúa como una “unidad básica de medida” para indicar el significado de las diferencias observadas o para determinar la amplitud del intervalo de confianza; además, el error experimental puede ser estimado por las réplicas y capacita a los investigadores para obtener una estimación más precisa del efecto medio de cualquier factor, debido a que el número de réplica siempre está en el error estándar
2. Aleatorización: es la consecuencia de asumir que los errores sean independientes; es decir, la aleatorización hace válida la prueba estadística y no es más que la asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales
3. Bloqueo
4. Interacción
5. Control local: se refiere a las medidas que se toman para hacer más sensitiva la prueba del diseño estadístico adoptado; en general se refiere a todo cuanto tenga que ver para disminuir la estimada del error

Conclusiones

Aunque se considera el experimento como el método fundamental, este no es puro, pues para su

concreción empírica requiere de la observación y la medición.

Para su concreción requiere de un diseño experimental, el cual estructura la organización de la investigación y cómo abordará el problema planteado. Después de esto, mediante la observación, la medición, las encuestas, los test sociométricos, u otros, se concreta el registro de los cambios ocurridos como consecuencia de la acción del tratamiento introducido o manipulado de alguna manera.

Referencias bibliográficas

- Best, J. W. (1972). *Cómo investigar en educación* (2.^a ed.). Madrid: Ediciones Morata S. A.
- Bunge, M. (1966) *La investigación científica*. La Habana: Ciencias Sociales.
- Cerezal, J. y Fiallo, J. (2004). *Cómo investigar en Pedagogía*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Colectivo de autores. (1988). *Libro de trabajo del sociólogo*. La Habana: Ciencias Sociales. Moscú: Progreso.
- Cuba. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. (s/f) *Metodología de la investigación*. Recuperado de <https://docs.google.com/>
- Estévez, M., Arroyo, M. y González, C. (2006). *La investigación científica en la actividad física: su metodología*. La Habana: Deportes.
- Friederich, W. (1988). *Métodos de la investigación social marxista-leninista*. La Habana: Ciencias Sociales.
- García de la Figal, A. E. (2016). *Teoría y metodología de la investigación científica*. La Habana: Félix Varela.

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003)
Metodología de la investigación (2.^a ed.). La Habana: Félix Varela.
- Nocedo, I. y Abreu, E. (1984). *Metodología de la investigación pedagógica y psicológica* (2.^a pt.). La Habana: Pueblo y Educación.
- Russavin, G. (1990) *Métodos de la investigación científica*. La Habana: Ciencias Sociales.
- Sieguel, S. (1970). *Diseño experimental no paramétrico*. La Habana: Ediciones Revolucionarias.