

# CAZADORES DE MITOS

## GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

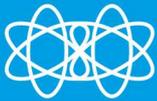


GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



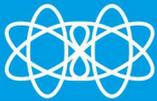
FUNDACIÓN ESPAÑOLA  
PARA LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA



## ÍNDICE

ÍNDICE .....	2
Introducción.....	3
Las variables y la hipótesis.....	4
Planificación de la experimentación .....	6
1. Determinar la manipulación de la/s variable/s independientes.....	6
2. Determinar las muestras o grupos para la experimentación:.....	6
3. Escoger los valores o categorías que se asignarán a las variables independientes.....	6
4. Diseñar el utillaje experimental. ....	8
5. Determinar el número de mediciones o determinaciones a efectuar durante el experimento.....	8
6. Determinar los posibles errores de medición que pueden intervenir en la experimentación. ....	9
7. Planificar la recogida de datos. ....	11
8. Redactar el protocolo experimental. ....	13





## Introducción

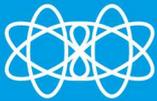
En las guías docentes de cada uno de los retos del proyecto Cazadores de Mitos se muestra un breve resumen de la secuencia didáctica para el desarrollo de cada uno de ellos.

En el presente documento hemos incluido una breve guía sobre la realización de procedimientos experimentales que te ayudará a guiar en el alumnado durante este proceso.

El diseño de un procedimiento experimental en el marco de un proyecto de investigación está determinado en primer lugar por el objetivo de la investigación (en este caso el reto) y en segundo lugar por las variables elegidas para la comprobación de las hipótesis.

Por esta razón el primer apartado del presente documento se dedica a desarrollar conceptos clave sobre la elección de las variables de investigación y la elaboración de hipótesis para posteriormente, centrarse en la planificación y diseño de procedimientos experimentales.





## Las variables y la hipótesis.

El proceso de selección de variables es determinante para la formulación de las hipótesis de la investigación, y ambas, a su vez, determinarán el diseño de la experimentación que se realice para la comprobación de las mismas.

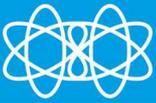
Generalmente durante el diseño de los experimentos o pruebas de la investigación se buscan relaciones causa- efecto entre determinados factores que provocan un efecto o consecuencia sobre el fenómeno que se desea estudiar. Los experimentos servirán por tanto para analizar una o más variables independientes que afectan a una o más variables dependientes y por qué las afectan. Por tanto, las variables que intervienen en la investigación y posterior experimentación son de tres tipos:

- **Variable independiente.** Constituye la causa. Son las variables que el investigador puede modificar o cuyo cambio se puede controlar. Será la que se emplee para aceptar o rechazar la hipótesis planteada. Cuando realmente existe una relación causal entre la variable independiente y dependiente, al hacer variar intencionadamente la primera la segunda tendrá que variar.
- **Variable dependiente.** Constituye el efecto, lo que se quiere averiguar. Es el resultado de los cambios o modificaciones realizados en las variables independiente. Esta variable no se manipula, se mide u observa para ver el efecto de la manipulación de la variable independiente sobre ella.
- **Variabes extrañas.** aquellas que afectan al experimento pero cuyo efecto no queremos medir y que podemos mantener constantes durante el experimento o aquellas cuyas variaciones no son controlables. En este último caso es importante dejar constancia de todas aquellas variables que no podemos controlar para determinar las limitaciones de ellos resultados obtenidos.

Durante el diseño de la experimentación es importante realizar un correcto control de las variables para que las relaciones buscadas entre ellas resulten fiables. Es decir, si el control de las variables no se realiza de forma correcta, no se podría asegurar que los resultados observados en la variable dependiente puedan atribuirse sólo a las modificaciones realizadas en las variables independientes.

Para un correcto control de las variables es necesario asegurarse de:

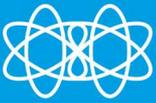
- Enumerar todas aquellas variables (factores) que intervienen o influyen en el fenómeno que queremos estudiar.
- Identificar y seleccionar la variable dependiente en el contexto de nuestra investigación. La elección de la variable dependiente dependerá del objetivo de la investigación y responderá a la pregunta *¿Qué queremos comprobar?*
- Identificar y seleccionar la/s variables independientes. Qué factores que podemos observar o medir intervienen en el fenómeno que queremos estudiar. Para la identificación de estas variables debemos tener en cuenta que deben ser seleccionables



o manipulables. Probablemente exista más de una variable independiente que puede provocar cambios en la variable dependiente, en función del objetivo de nuestra investigación y la hipótesis planteada se podrá seleccionar más de una variable independiente en la investigación.

- Identificación y control de variables extrañas. Deberemos identificar todas aquellas variables que consideramos que no pueden intervenir en el experimento, bien sea porque no han sido seleccionadas como variable independiente (por no poder ser medible o manipulable, o bien porque su efecto no es objeto de la investigación) y determinar cómo se realizará el control de esta variable. Es muy importante el control de las variables extrañas para que los resultados obtenidos en la experimentación puedan atribuirse a las modificaciones de las variables independientes y no debido a la influencia de las variables extrañas. Tanto en el caso de que se trate de variables que no vamos a emplear para la investigación pero que sí afectan al fenómeno estudiado o de variables que no podemos controlar deberemos conseguir mantenerlas constantes o que adopten unos valores determinados, para que afecten por igual a todas las mediciones realizadas en la experimentación.





## Planificación de la experimentación

Planteada la hipótesis y determinadas las variables que se emplearán en la investigación, es el momento de planificar la experimentación.

Durante el proceso de diseño del experimento deberán asegurarse que cumple tres requisitos:

- La/s variable /s elegidas **pueden manipularse** o seleccionarse intencionadamente.
- El efecto de la variable independiente sobre la dependiente es **medible u observable**.
- El control de la **validez de la experimentación**. Es decir, debemos asegurarnos de que los efectos que observamos en la variable dependiente han sido producidos por la/s variable/s independientes y no debido a otros factores o causas, o si se observa que la/s variables independientes no tienen efecto sobre la variable dependiente, se pueda estar seguro de ello. Para ello será necesario determinar cómo controlar o mantener constantes las variables extrañas.

Si estos criterios no se cumplen deberán proceder a reformular la hipótesis de la investigación y/o las variables que se emplearán para su comprobación.

Una vez confirmados estos requisitos, para realizar el diseño de la experimentación se deberá:

### 1. Determinar la manipulación de la/s variable/s independientes.

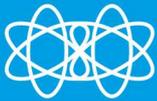
El diseño del experimento estará vinculado a cómo se realizará la manipulación de la/ s variable/s independientes para comprobar su efecto sobre la variable dependiente.

### 2. Determinar las muestras o grupos para la experimentación:

- **Muestras/grupos experimentales.** Expuestos a las modificaciones de la variable independiente.
- **Muestras/ Grupos de control.** Control de las condiciones de la experimentación. Se trata de una muestra en las condiciones normales de experimentación, con las que se compararán los resultados obtenidos en las muestras experimentales para asegurar que el efecto observado en la variable dependiente es provocado por la modificación de la/s variable/s independientes y no por la influencia de variables extrañas.

### 3. Escoger los valores o categorías que se asignarán a las variables independientes.

El valor mínimo de manipulación de las variables independientes es dos: presencia-ausencia, pero también puede manipularse la variable independiente un mayor número de veces.

**EJEMPLO**

Si el objetivo de nuestra investigación fuera determinar cómo afecta la adición de fertilizante al crecimiento de una planta y la hipótesis de investigación fuera “Adicionar fertilizante a las plantas provoca un mayor crecimiento”, la variable dependiente sería el crecimiento de la planta y la independiente sería la adición de fertilizante.

En este caso, y teniendo en cuenta la hipótesis de partida, se realizarían dos manipulaciones de la variable independiente (presencia-ausencia): a una planta se le añadiría fertilizante y a la otra no. Tras la experimentación se compararían los resultados de crecimiento para comprobar si la planta a la que se añadió fertilizante (variable independiente) creció más que a la que no se le añadió.

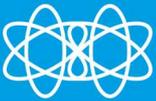
Partiendo del ejemplo anterior, si el objetivo de nuestra investigación continuara siendo determinar cómo afecta la adición de fertilizante al crecimiento de una planta, pero la hipótesis de la investigación fuera “Cuanto mayor cantidad de fertilizante recibe una planta más crece”, la variable dependiente continuaría siendo el crecimiento de la planta, y la independiente seguiría siendo la adición de fertilizante, sin embargo en este caso, sería necesario manipular la variable independiente un mayor número de veces y asignar varios valores a la misma. En este caso, a cada planta se le añadirían diferentes cantidades de fertilizante para comprobar cómo afecta la cantidad de fertilizante añadido al crecimiento de la planta.

Como ya se ha indicado, en ambos casos, se deberán identificar y controlar las variables extrañas para evitar que afecten a la experimentación y a las conclusiones obtenidas en la misma.

Las variables extrañas pueden ser variables independientes que no intervienen en nuestro experimento y que debemos mantener constantes o variables que no podemos controlar directamente, pero sí hacer que afecten de la misma manera en todas las mediciones realizadas.

En el ejemplo anterior podríamos considerar como valores extraños que podemos controlar: la cantidad de agua y luz que reciben las plantas o el tipo de sustrato en el que han sido plantadas. Otras variables que no podemos controlar pero que deberíamos procurar mantener constantes durante el experimento serían, por ejemplo, el grado de humedad ambiental que está afectando a las dos plantas o la aireación del espacio en el que se encuentran.

En este caso la manipulación de la variable independiente en varios niveles tiene la ventaja de que no sólo se puede determinar si esta variable tiene un efecto sobre la variable dependiente, sino que se puede determinar el grado de influencia de los distintos niveles o incluso si los distintos niveles tienen distintos efectos.



#### 4. Diseñar el utillaje experimental.

Se seleccionarán los materiales e instrumentos de medida u observación que se emplearán durante la realización del experimento y se procederá a diseñar el montaje del mismo.

#### 5. Determinar el número de mediciones o determinaciones a efectuar durante el experimento.

Cuántas mediciones se realizarán (tamaño muestral) en cada una de las categorías o intervalos establecidos para la/s en las variables independientes.

#### EJEMPLO

Continuando con el ejemplo expuesto anteriormente.

Si el objetivo de nuestra investigación fuera determinar cómo afecta la adición de fertilizante al crecimiento de una planta y la hipótesis de investigación fuera “Adicionar fertilizante a las plantas provoca un mayor crecimiento”.

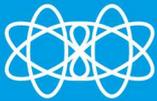
Como ya se ha comentado, se realizarían dos manipulaciones de la variable independiente (presencia-ausencia): a una planta se le añadiría fertilizante y a la otra no y tras la experimentación se compararían los resultados de crecimiento para comprobar si la planta a la que se añadió fertilizante (variable independiente) creció más que a la que no se le añadió.

Aunque sólo se vayan a realizar dos manipulaciones de la variables independiente, será necesario determinar cuántas mediciones se realizarán de la variable dependiente para que los resultados obtenidos en el experimento sean significativos y extrapolables.

En este caso y puesto que se trata del crecimiento de una planta, no podría realizarse una sola medición del crecimiento de la planta en un momento determinado, sino que sería conveniente establecer cuántas mediciones realizar y tras cuanto tiempo desde la adición del fertilizante.

En el caso de que la hipótesis fuera “Cuanto mayor cantidad de fertilizante recibe una planta más crece”, como ya se ha comentado sería necesario manipular la variable independiente un mayor número de veces. Igual que en el caso anterior, será necesario determinar cuántas mediciones del crecimiento de la planta y tras cuanto tiempo de la adición del fertilizante se realizarán, para las diferentes cantidades de fertilizante añadidas.

Cuanto más mediciones se hagan, los resultados serán más representativos. Es decir, cuanto más grande sea el tamaño muestral la observación de tendencias y relaciones causa-efecto será más fiable y se reducirá el efecto de las posibles variables extrañas sobre los resultados obtenidos y el efecto de los posibles errores de la experimentación.



## 6. Determinar los posibles errores de medición que pueden intervenir en la experimentación.

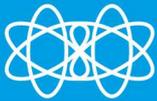
Al realizar mediciones, las medidas nunca son exactamente iguales, aunque las mediciones sean realizadas por la misma persona, con la misma instrumentación y en el mismo ambiente.

Los errores de medición son las diferencias que se encuentra entre el valor medio y el “valor verdadero”. Por tanto, los errores siempre van a existir, y el objetivo para que las mediciones sean lo más exactas posibles es reducir la magnitud de estos errores.

Estos errores pueden ser debidos a varias causas:

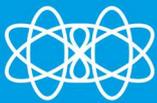
- **Errores de los instrumentos de medida o equipos de medición.**  
Son los errores que se atribuyen a los instrumentos. Estos errores instrumentales se establecen en los propios aparatos de medida.
- **Errores por el uso de instrumentos inadecuados.**  
Es importante elegir aquellos instrumentos que permitan realizar las mediciones con la precisión deseada.
- **Errores debidos al investigador o al propio método de medición.**  
La persona que realiza la medición puede influir en los resultados obtenidos tanto porque todos poseemos imperfección en nuestros sentidos (errores de apreciación de lectura en instrumentos de medida sin lectura digital, por ejemplo) como por la habilidad para realizar las medidas. Pueden darse errores por mal posicionamiento de la instrumentación o errores de lectura y paralaje. Por ello, para reducir al máximo posible estos errores, es importante conocer los instrumentos que se emplearán para la realización de las mediciones y su correcta utilización y manejo.
- **Errores debidos a factores ambientales.**  
Estos errores están relacionados con el control de las variables extrañas. Si las condiciones ambientales cambian durante la realización del experimento o durante la realización de las diferentes mediciones pueden producirse errores que afectan a los resultados del experimento.

Por tanto, a la hora de diseñar los experimentos es importante conocer los errores propios de los instrumentos de medida, conocer el funcionamiento de dichos instrumentos y su correcta utilización para la realización de mediciones y tener el mayor control posible de las variables extrañas para reducir su efecto durante las mediciones realizadas en la experimentación.

**EJEMPLO**

Continuando con el ejemplo anterior. En la medición del crecimiento de las plantas en relación a la cantidad de fertilizante adicionado, podríamos enfrentarnos a los siguientes errores:

- **Errores de los instrumentos de medida.** Deberíamos conocer la precisión de la balanza con la que se pesaran las cantidades de fertilizante que se adicionarían durante el experimento.
- **Errores por el uso de instrumentos inadecuados.** Si el lugar de emplear una balanza de precisión que permitiese medir la cantidad exacta de gramos que se adicionan a la planta eligiéramos, por ejemplo, una balanza de baño, no obtendríamos la suficiente precisión para saber exactamente la cantidad de gramos que se están adicionando a cada una de las plantas. De la misma manera, si nos planteásemos emplear para la medición del crecimiento de la planta un metro en cuya escala no se reflejasen los milímetros o su tamaño no fuese lo suficientemente grande para medir toda la planta, la medición que se realizaría no sería correcta y el error de medición resultaría elevado.
- **Errores debido al investigador.** Si no se conoce el funcionamiento de la balanza y no se ajusta correctamente la unidad de medida por ejemplo, podríamos pensar que estamos utilizando los gramos como unidad de medida y en realidad la balanza nos podría estar mostrando el peso en otras unidades. Igualmente si no se conoce cómo realizar la calibración de la balanza, el peso obtenido en la medición podría resultar erróneo. Lo mismo ocurriría en el caso de la medición del crecimiento de la planta. Si el observador no toma las medidas colocando correctamente el metro o instrumento de medida o durante la medición la mirada del observador no se coloca de forma perpendicular al plano de escala, se pueden realizar lecturas con errores de apreciación.
- **Errores debidos a factores ambientales.** Tal como se ha señalado anteriormente, el adecuado control de las variables extrañas evita estos posibles errores. En este ejemplo, si no se controlase que la cantidad de luz solar o riego que recibe cada planta fuese la misma, las mediciones durante el experimento podrían resultar erróneas.



### 7. Planificar la recogida de datos.

Los equipos deberán planificar cómo realizar la recogida y organización de los datos para que sea ordenada y sistemática. Os recomendamos que construyan sus propias tablas de recogida de datos en función de los intervalos marcados para las variables independientes, el número de mediciones realizadas y el resultado sobre la variable dependiente en los distintos intervalos.

En estas tablas de datos cada columna representará una característica o una propiedad específica, y cada fila, un registro o una medida. Durante el experimento, se modificarán de forma controlada las variables independientes y se medirán los valores de la variable dependiente.

Si se plantea la realización de una sola medición, se utilizaría la primera columna de la tabla para los valores asignados a la variable independiente y en la de la derecha los resultados obtenidos en la variable dependiente.

Variable independiente	Variable dependiente

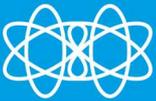
Valores o categorías asignados a la variable independiente

Resultados observados o medidos en la variable dependiente.

#### EJEMPLO

Relacionándolo con el ejemplo expuesto anteriormente, sobre la influencia de la adición de fertilizante en el crecimiento de las plantas. Si se plantease el experimento realizando una única medición de la variable dependiente. La construcción de la tabla sería la siguiente:

Cantidad de fertilizante	Crecimiento de la planta
0 g (control)	
0,5 g	
1 g	
1,5 g	
2 g	



Si se plantea la realización de más de una medición sería necesario construir una tabla de doble entrada, en la que la primera columna se mantendría la variable independiente y en la segunda la dependiente pero en ella se incluirían las diferentes mediciones realizadas.

Variable independiente	Variable dependiente			
	Medición 1	Medición 2 2	Medición 2	Medición 4

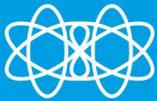
Valores o categorías asignados a la variable independiente

Resultados observados o medidos en la variable dependiente en distintas mediciones.

EJEMPLO

En el ejemplo anterior, sobre la influencia de la adición de fertilizante en el crecimiento de las plantas. Si se plantease el experimento realizando varias mediciones de la variable dependiente. La construcción de la tabla sería la siguiente:

Cantidad de fertilizante	Crecimiento de la planta			
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
0 g (control)				
0,5 g				
1 g				
1,5 g				
2 g				



## 8. Redactar el protocolo experimental.

En este protocolo los equipos deberán detallar de forma clara y precisa las instrucciones para la realización del experimento o prueba que han diseñado. El objetivo de este protocolo es asegurar la reproducibilidad de la experimentación si fuese necesario repetirla o si otra persona ajena a la investigación quisiera realizarla para comparar los datos obtenidos con los de la investigación de partida.

En este protocolo se deberá detallar la planificación y diseño del experimento:

- Objetivos y motivación del experimento.
- Materiales empleados.
- Procedimiento experimental. Descripción de la realización del experimento paso a paso:
- Cómo se realiza el montaje experimental.
- Muestras/grupos de experimentación y muestras o grupos control.
- Cómo se modifican las variables independientes y valores o categorías asignados.
- Cómo se realizan las mediciones y/u observaciones de la/s variables dependientes.
- Cómo se mantienen constantes las variables extrañas.
- Errores y sesgos en las medidas realizadas.
- Cómo se realiza la recogida de datos.

Finalizados estos pasos se procederá a la realización de la experimentación y se procederá a la recogida de datos de los resultados de la experimentación.



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



FUNDACIÓN ESPAÑOLA  
PARA LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA