

Objetivos

Presentar metodología para llevar a cabo una investigación científica.

Identificar y formular preguntas que puedan contestarse con el método científico.

Formular una hipótesis.

Identificar las variables de un experimento.

Identificar y describir los componentes de un experimento controlado.

Método científico en la investigación:

- La investigación científica usualmente se basa en observaciones, experimentación, análisis de datos y lógica.
- El **método científico** es una herramienta para contestar una interrogante y obtener una explicación a partir de la recopilación y análisis de datos.

Pasos de método científico

- Realizar observaciones.
- Formular una pregunta.
- Desarrollar una hipótesis.
- Hacer una predicción.
- Diseñar un experimento que provea datos cuantificables para probar esa predicción.
- Recopilar y analizar datos para contestar la pregunta y llegar a unas conclusiones.

Observaciones y pregunta válida:

Una observación es una inquietud o interrogante sobre algún aspecto de los seres vivos y su medio ambiente.

A partir de las observaciones se formula una pregunta válida.

¿Cómo sabemos si una pregunta puede contestarse científicamente y si es una pregunta válida?

- Esta bien definida.
- Podemos cuantificar la información recopilada a partir de nuestra pregunta.
- Excluye la especulación.
- Es específica.

Para escoger una pregunta válida:

- Recopilar información de trabajos previos, hablando con colegas y/o de su propia experiencia.
 - Dividirla en preguntas más simples y más fáciles de resolver.
 - Ejemplo: “yo quiero encontrar la cura para el cancer”.
- ¿Qué se necesita para que sea una pregunta válida?

Ejemplo de trabajo más específico:

Inhibition of Histone Lysine Methylation Enhances Cancer–Testis Antigen Expression in Lung Cancer Cells: Implications for Adoptive Immunotherapy of Cancer ; Mahadev Rao et al. *Cancer Research* June 15, 2011 71:4192-4204.

¿Cuáles de las siguientes preguntas puede ser una pregunta válida?

- ¿Se puede usar el horóscopo para conocer lo que nos sucederá al día siguiente?
- ¿El calentamiento global ocasionará la pérdida de especies en el Mar Caribe?
- ¿Es la planta de anamú útil para el tratamiento de cáncer de la próstata?

Ejercicio: Formule una pregunta válida que pueda contestar con el método científico. Comparta con el grupo.

Hipótesis:

- Una posible explicación para una observación.
 - Identifica el organismo o proceso a investigarse y las variables a investigar.
 - Siempre tiene que ser comprobable
 - Puede ser probada falsa. Otros trabajos y/u otras tecnologías podrían producir datos que falsifiquen mi hipótesis.
-
- ¿Necesito realizar un experimento controlado para probar mi hipótesis?

No. Por ejemplo, una investigación sobre evolución pueden basarse en el estudio de los fósiles y no en el análisis de experimentos.

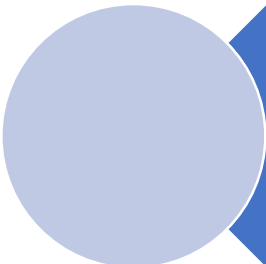
Ejemplos de cómo formular una hipótesis



La producción de CO₂ por *Escherichia coli* no es significativamente diferente al metabolizar glucosa o maltosa.



Escherichia coli producirá más CO₂ al metabolizar glucosa que con maltosa.



¿Cuál de las dos es la correcta?

Dificultades al elaborar la hipótesis:

- Un planteamiento poco claro del problema a investigar.
- Falta de conocimiento previo del tema.
- Metodología inadecuada y/o mala selección de técnicas para poder llevar a cabo una investigación apropiada.

Ejercicio: Formule una hipótesis para la pregunta que realizó.

Al formular su hipótesis, conteste:

- ¿Permite ser comprobada?
- ¿Está en correlación con la pregunta de la investigación?
- ¿Responde en términos claros y precisos al problema planteado; es decir, señala la relación que se espera de las variables?
- ¿Se pueden elaborar los objetivos de la investigación?
- ¿Se puede diseñar una investigación a partir del problema planteado?
- ¿Se puede seleccionar el método, los instrumentos, materiales y las técnicas de investigación acordes con el problema que se desea resolver?

EXPERIMENTOS CONTROLADOS

- La experimentación puede realizarse a través de experimentos controlados o experimentos comparativos.
- La experimentación controlada consiste en manipular un factor o proceso mientras se mantienen las demás variables controladas.
- Importante: el uso de controles, la aleatorización y la duplicación (réplicas).

VARIABLES

- **Los factores que afectan un experimento se conoce como variables.**
- Hay tres categorías principales de variables: **independientes, dependientes y controladas.**
- La variable que se estudia y se manipula (cambia) es la variable **independiente.**
- Cuando se manipula la variable independiente, se observa su efecto directo el experimento.
- Ejemplos de variables independientes pueden ser:
 - temperatura, cantidad de agua y luz; es decir, variables que pueden manipularse.

- Si la variable independiente es un valor se debe establecer el rango de valores. Ej. Para ver el efecto del nitrógeno sobre el crecimiento de una planta, se establece un experimento utilizando varias concentraciones de nitrógeno.
- Este rango de valores de la variable independiente se conoce como el **nivel de tratamiento**.
- El experimento, además, debe tener un **tratamiento control** o testigo en donde la variable independiente no cambie o se omita.
- El control nos ayuda a decidir si nuestros resultados se deben a la manipulación de la variable independiente.

Variable dependiente

- La **variable dependiente** “depende” de la variable independiente y refleja los cambios en la variable independiente.
- Por ejemplo, el peso corporal de un perro (variable dependiente) depende de la cantidad de comida que consume diariamente y de su nivel de actividad (variables independientes).
- ¿Puede mencionar otros ejemplos de variables dependientes?

Determine cuáles son las variables dependientes e independientes:

- Cuál será la tasa de producción de oxígeno para células de levadura expuestas a cianuro, un inhibidor de respiración.
- Cuál será el número de tumores colo-rectales en pacientes tomando aspirina dos veces al día.
- Cuántas ballenas grises se observaron en el 2010 en aguas con temperatura promedio de 20°C.

Variables controladas

- Para medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, se deben mantener constantes otras variables que puedan afectar al experimento.
- Estas variables adicionales, se conocen como **las variables controladas**.
- Por ejemplo, para medir el efecto del etileno sobre el crecimiento de las plantas, se deben controlar varios factores como temperatura, humedad, tiestos de igual tamaño y tipo de suelo.
- Si quiero medir el efecto del ejercicio aeróbico sobre la masa muscular de un perro: ¿Cuáles son las variables dependientes e independientes? ¿qué variables debo controlar?

Algunas limitaciones de los experimentos controlados:

- Los experimentos controlados no siempre representan las condiciones de la vida real.
- El diseño es clave para el éxito de un experimento. Variaciones en el tipo de experimento escogido podría afectar significativamente los resultados.
- Existen límites éticos en el diseño y la realización de los experimentos.
- Siempre tenemos que considerar los errores en nuestro experimento: error experimental y error humano.

Error Experimental:

- Es el error distribuido al azar cerca a la medida verdadera y representa la variabilidad real del experimento.
- Siempre tendremos variabilidad. Por ejemplo, el tamaño de las hojas de una especie nunca será una medida exacta, debido a diferencias genéticas y ambientales.
- Para reducir el error experimental debemos tener **réplicas**; o sea, repeticiones en el experimento.
- Las réplicas ayudan a minimizar el efecto de los errores experimentales.
- Ejemplo, queremos saber el % de germinación de plantas de habichuelas. ¿Qué debe tomar en consideración al diseñar su experimento?

Error humano

- Este error afecta los resultados ampliando por encima o por debajo del valor real la variabilidad de los datos obtenidos.
- O simplemente dando valores completamente erróneos y lejanos al valor real.
- Este tipo de error puede ser compensado, o algunas veces eliminado, si su fuente se identifica.
- ¿Puede mencionar posibles errores humanos que alteren los resultados de un experimento?

Para minimizar errores:

Calibrar los instrumentos.

Usar estándares conocidos.

Estandarizar los procedimientos.

Llevar un registro de los métodos y procedimientos realizados.

Realizar réplicas o repeticiones del experimento.

¿Podemos contestar todas las preguntas científicas con una experimentación controlada?

NO. En algunos casos debemos usar otros métodos comparativos.

- Por experimentación comparativa se pueden realizar varios métodos: **modelaje, descripción y comparación.**
- Además, una investigación se puede llevar a cabo por la acumulación de información de más de un método, lo que genera múltiples líneas de evidencia.

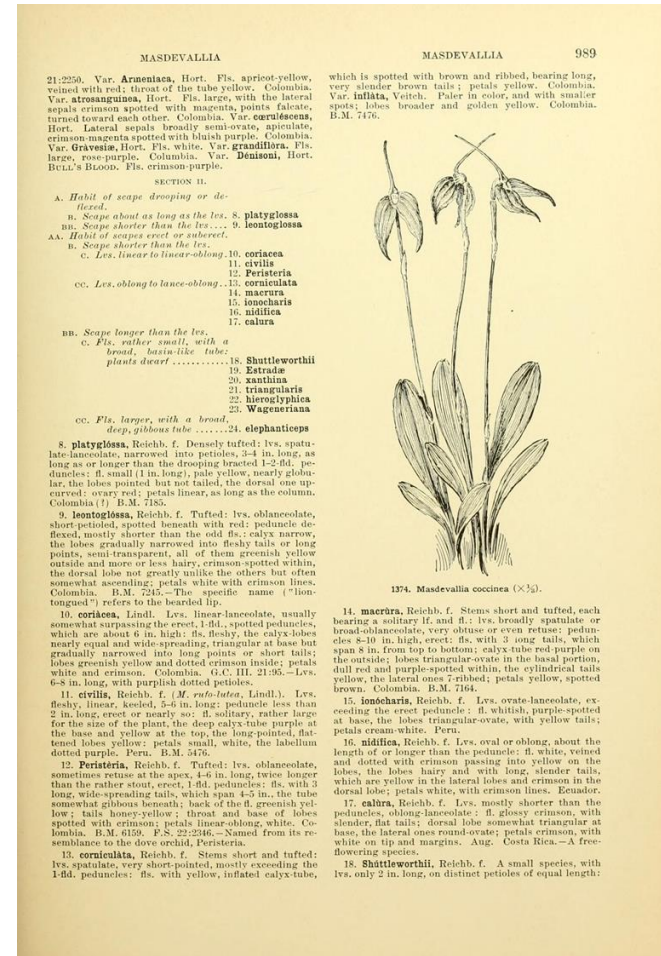
Modelaje

- Un modelo se hace para simular sistemas naturales y llevar a cabo unas predicciones. Luego se pueden hacer experimentos u observaciones. Usualmente es por programa de computadora.
- Ejemplo de modelo: el pronóstico del tiempo. Sin embargo, este pronóstico depende de suposiciones y conocimientos de los sistemas existentes.

Descripción

- La descripción recoge datos sobre fenómenos o relaciones naturales.

- Ejemplo:
 - Una descripción de una especie nueva.



Comparación

- Se usa para determinar y cuantificar las relaciones entre dos o más variables al observar diferentes grupos que están expuestos a tratamientos diferentes.
- Para estudios con data retrospectiva o para proyecciones al futuro.
- También cuando las condiciones éticas no permiten tener un grupo control.
- En comparaciones es difícil controlar las variables.

Ejemplos de comparaciones:

- El efecto de dos medicamentos para una misma enfermedad para determinar cuál funciona mejor en determinada población.
- Los estudios realizados para correlacionar el cáncer del pulmón con el fumar.
- Los estudios de ADN para determinar investigación de escenas de crimen.

Experimento:

Considere lo siguiente: El jabón líquido (ej. jabón de fregar, lavarse las manos o lavar carros), es una sustancia de uso común en gran parte del mundo. Es habitual en la isla de Puerto Rico que estos sean utilizados y después descartados directamente por el desagüe, para luego ser procesados y desechados según las regulaciones ambientales. No obstante, muchas veces estos jabones son utilizados en otras labores y no son desechados por el desagüe, sino que en ocasiones estos son directamente descartados sobre el suelo. A pesar de que existen algunos jabones líquidos que afirman ser biodegradables, es posible que la aplicación de los jabones diluidos sobre el banco de semillas del suelo pudiese tener un efecto negativo sobre la germinación de estas semillas. Dada la fragilidad de muchas plantas durante su germinación, es de sumo interés saber si los jabones líquidos de uso común pueden ocasionar problemas en la germinación o crecimiento temprano de estas semillas. Entonces, ¿será posible que soluciones de jabón líquido afecten de manera negativa la germinación o el desarrollo temprano de ciertas semillas?

Con la información disponible:

- ¿Tiene una pregunta válida?
- Mencione una hipótesis.
- Identifique:
 - las variables de su experimento.
 - El tratamiento control.
 - Las réplicas.
 - Los niveles de tratamiento.

Mencione cómo se puede minimizar el error del experimento.