



Investigación Científica

Objetivos

Al finalizar este laboratorio podrá:

1. Identificar y formular preguntas que puedan contestarse con el método científico.
2. Formular una hipótesis y describir sus características.
3. Identificar y describir los componentes de un experimento científico.
4. Identificar las variables dependientes e independientes de un experimento.
5. Diseñar un experimento científico.
6. Resumir y presentar los resultados en tablas y gráficas.
7. Discutir resultados y poder criticar experimentos.
8. Distinguir entre modelaje, descripción y comparación; y cómo se pueden usar en una investigación.

INTRODUCCIÓN

La biología es el estudio de la vida. Nosotros constantemente observamos a los seres vivos y sus interacciones con el mundo que les rodea. A partir de estas observaciones podemos hacernos preguntas, proponer explicaciones y tratar de probar las explicaciones. El procedimiento que los investigadores científicos utilizan basado en este concepto es la **investigación científica** y aunque esta metodología puede variar de una a otra investigación, existen elementos y pasos comunes. Estos pasos son: hacer preguntas, realizar observaciones, desarrollar explicaciones o hipótesis, y probar esas hipótesis.

En este laboratorio se estudiará el proceso que se lleva a cabo para contestar preguntas usando el **método científico**, además de reconocer otros métodos usados en la investigación.

Los pasos del método científico son:

1. Observación
2. Identificar el problema y hacer preguntas sobre el mismo
3. Desarrollar una hipótesis
4. Diseñar experimentos para probar la hipótesis
5. Realizar el experimento
6. Presentar y analizar los resultados
7. Interpretar y comunicar los resultados

EJERCICIO 2.1

PREGUNTAS E HIPÓTESIS

A. Preguntas

Antes de llevar a cabo una investigación o experimento, el primer paso es haber tenido una inquietud o interrogante sobre algún aspecto de los seres vivos y su medio ambiente, que nos lleve a entenderlos mejor. ¿Cómo podemos saber si una pregunta puede contestarse científicamente y si es una pregunta válida? Es importante tomar en cuenta:

- ✧ Lo que se desea saber, debe estar bien definido y que se pueda experimentar.
- ✧ Se debe excluir la especulación.
- ✧ Los elementos de la pregunta deben poder medirse y controlarse.

Por ejemplo, las siguientes preguntas, ¿pueden contestarse usando el método científico? Explique.

1. ¿Es el horóscopo una forma confiable de conocer lo que nos sucederá al día siguiente?
2. ¿Podría la concentración de sal en las Salinas de Cabo Rojo inhibir el crecimiento de las algas?

Práctica

Junto a sus compañeros de mesa, formulen una pregunta que pueda contestar usando el método científico. Debe escoger una observación que pueda llevarle a formular una pregunta válida.

B. Formulando la hipótesis

Una vez se establece una pregunta, el científico se formula una o más explicaciones tentativas. Las hipótesis no siempre resultan ser ciertas; los resultados de la experimentación podrían probarlas falsas. Aun cuando los resultados iniciales apoyen la hipótesis, experimentos y/o tecnologías adicionales podrían producir evidencia en el sentido contrario. La experimentación usualmente no excluye otras explicaciones posibles.

- Las hipótesis no siempre requieren experimentos controlados. Por ejemplo, las investigaciones sobre evolución pueden basarse en el estudio de los fósiles y no en el análisis de experimentos. Una buena hipótesis identifica el organismo o proceso a investigarse, las variables que se probarán e implica como se compararan las mismas.

Práctica

Formule una hipótesis válida para la pregunta que formuló en el Ejercicio 2.1.A; si no es posible formular una hipótesis, explique por qué y reformule su pregunta e hipótesis.

EJERCICIO 2.2

DISEÑAR Y REALIZAR EXPERIMENTOS PARA PROBAR HIPÓTESIS

Luego de formular la hipótesis de un experimento, hay que identificar y examinar las variables involucradas. En la mayoría de los experimentos hay *causa y efecto*. Todo lo que afecta un experimento se conocen como **variables**. Hay tres clases de variables: independientes, dependientes y controladas.

La variable que se estudia y se manipula (cambia) es la **variable independiente**; esta variable afecta directamente los resultados. Cuando el científico cambia la variable independiente, se observa su efecto sobre el experimento. Ejemplos de variables independientes son temperatura, cantidad de agua y luz; es decir, variables que pueden controlarse. Si la variable independiente es un valor, debería establecerse el rango de valores que se quiere estudiar. Por ejemplo, si se quiere investigar el efecto del nitrógeno (variable independiente) en el crecimiento de una planta, se puede establecer un experimento utilizando varias concentraciones de esta sustancia. Este rango de valores de la variable independiente se conoce como el **nivel de tratamiento**. El experimento, además, debe tener un **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.

La **variable dependiente** refleja los cambios que se lleven a cabo en la variable independiente. Por ejemplo, el peso corporal de un perro (variable dependiente) puede depender de la cantidad de comida que consume diariamente y/o su nivel de actividad (variables independientes).

Si quiere medirse el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, tienen que mantenerse constantes otras variables que puedan afectar al experimento. Estas variables adicionales, son factores que se mantienen constantes durante el experimento y se conocen como las **variables controladas**. Por ejemplo, si quiere medirse el efecto del etileno sobre el crecimiento de las plantas, hay que asegurarse que todas las plantas en el experimento estén bajo las mismas condiciones ambientales para que ningún otro factor afecte el resultado. La temperatura y la humedad deben ser iguales para todas las plantas, y las plantas deben colocarse en tiestos de igual tamaño y con el mismo tipo de suelo.

Las investigaciones científicas no tienen mucho valor si se basan en un solo experimento con pocos individuos. Por lo tanto, para obtener unas conclusiones válidas debe repetirse el experimento varias veces; estas repeticiones se conocen como **réplicas**. Las réplicas aseguran que los resultados sean consistentes y minimizan el efecto de los errores experimentales.

Práctica

Identifique las variables y el control que se derivan de la hipótesis que formuló en la práctica anterior. ¿Tiene réplicas y niveles de tratamiento? Si su hipótesis está bien formulada debe poder contestar estas preguntas.

EJERCICIO 2.3

EXPERIMENTACIÓN CIENTÍFICA

- Favor ver en la página de internet de biología o con su instructor para los ejercicios correspondientes a este semestre.

Considerando la pregunta que se usará en el semestre en curso, hará un experimento usando los pasos del método científico, identificando las variables dependientes, independientes y controladas. El experimento servirá de base para la redacción de un informe científico. El Laboratorio 3 explica cómo escribir un informe científico.

Antes de realizar el experimento, conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Es ésta una pregunta que puede probarse mediante el método científico?
2. ¿Cuál sería una hipótesis para este experimento y qué predicciones pueden hacerse?

En el ejercicio provisto en la página de internet se proveen unas hojas de trabajo para este experimento. Anote en las mismas la fecha de comienzo, el número del grupo, los nombres de los miembros del grupo, la sección de laboratorio y los datos obtenidos durante el experimento. Al finalizar el experimento, le entregará una copia de la hoja de datos a su instructor para recopilar la información de todas las secciones de laboratorio para analizar los datos. Conteste estas preguntas:

1. ¿Cuál es el control del experimento?
2. ¿Cuáles son las réplicas y los niveles de tratamiento?
3. Identifique las variables: independiente, dependiente y controladas.
4. Mencione posibles fuentes de error en su experimento ¿Cómo se podría minimizar los errores del experimento? ¿Estos errores se pueden eliminar por completo?

Debe escribir un artículo científico basado en los resultados de este experimento en las fechas indicadas por su instructor de laboratorio. En el ejercicio # 3 aprenderán como escribir un artículo científico.

EJERCICIO 2.4

OTROS MÉTODOS PARA LLEVAR A CABO INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Además de la experimentación, se pueden llevar a cabo otros métodos para llevar a cabo una investigación científica como por ejemplo por: **modelaje**, **descripción** y **comparación**. Estos métodos pueden llevarse a cabo por separado o pueden estar combinados en una investigación.

- El **modelaje**, manual o por programas de computadora, nos sirve para realizar simulaciones de sistemas naturales y poder hacer predicciones. Con estas predicciones se pueden llevar a cabo investigaciones. El modelaje se utiliza mucho para hacer predicciones relacionadas a las condiciones atmosféricas, como por ejemplo para trazar la posible trayectoria de un huracán.
- La **descripción** recoge datos sobre fenómenos, organismos o relaciones naturales. Un ejemplo sería la descripción de una nueva especie de planta donde se detallan los caracteres vegetativos y reproductivos presentes en la especie.
- La **comparación** se usa para determinar y cuantificar las relaciones entre dos o más variables al observar diferentes grupos que, ya sea por elección o circunstancias, están expuestos a tratamientos diferentes. Se usa cuando se hacen estudios que tienen datos previos o para hacer proyecciones al futuro. Se usa además, cuando las condiciones éticas no permiten tener un grupo control. Ejemplos serían los estudios realizados para correlacionar el cáncer del pulmón con el fumar.

Práctica

Mencione un ejemplo de investigaciones que se pueden llevar a cabo con cada uno de los metodos mencionados arriba.

- Modelaje:
- Descripción:
- Comparación:

¿Puede mencionar algún ejemplo de una investigación que combine más de un método para llevar a cabo una investigación científica?

EJERCICIO 2.5

RECOLECCIÓN DE DATOS Y COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

A. Usando tablas (cuadros) para presentar los resultados

Los datos que se obtienen durante un experimento pueden presentarse de diversas formas; una de las alternativas más comunes y eficientes lo es el uso de tablas.

Las **tablas** tienen ciertas **características** mínimas:

1. Deben tener un título y éste debe explicar claramente el contenido de la tabla.
2. Las unidades de medida (ej. cm, ml). deben aparecer en la tabla
3. Los símbolos deben explicarse en el título o en una leyenda en el pie (base) de la tabla.
4. La tabla debe contener solamente información esencial.
5. Las columnas deben identificarse mediante subtítulos.
6. Las tablas se enumeran en secuencia. Por ejemplo, en un informe de laboratorio o en un artículo científico, el título de la cuarta tabla comienza con “Tabla 4”.

Tabla 4. Número de árboles sobre 10 metros de altura en un área de 50 x 30 m, antes y después del huracán Isidro.

	Número de árboles
Antes del huracán	157
Después del huracán	93

Figura 2.2

Ejemplo de un formato típico de una tabla. Nota: Presentamos esta tabla para ilustrar los puntos enumerados arriba. Esta tabla no sería aceptable en un artículo científico porque contiene muy poca información; los pocos datos podrían presentarse en una oración en la sección de resultados.

PROCEDIMIENTO

1. ¿Cómo podría preparar una tabla para los resultados de su experimento del ejercicio 2.2? ¿Cuál debería ser el título de su tabla?

2. ¿Qué datos debe incluir su tabla? Asegúrese que su tabla cumpla con las características mínimas mencionadas al principio de este ejercicio.

B. Gráficas discretas vs. Gráficas continuas

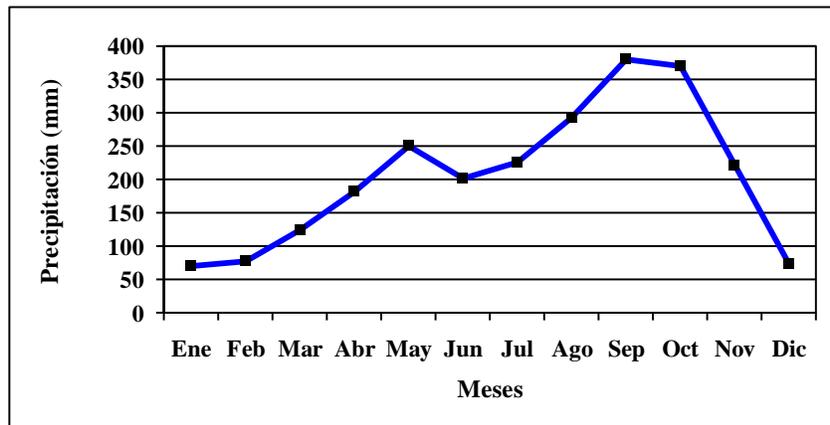
Las gráficas son otro instrumento valioso para organizar y presentar datos. Hay varios tipos de gráficas que se clasifican principalmente como **gráficas continuas** o **gráficas discretas**.

Los datos **continuos** son aquellos que involucran medidas (ej. 1.234, 2.234, 5.432, 10.227). Estos datos se presentan, a menudo mediante una **gráfica de línea** (Figura 2.3) que demuestra la relación entre la variable dependiente y la independiente. Por lo general, la variable independiente se coloca en el eje X de la gráfica y la variable dependiente en el eje Y.

Figura 2.3

Promedio mensual de la precipitación durante los años 1970 a 2000 para Maricao, Puerto Rico.

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center (1970-2000).



Los datos **discretos** presentan números enteros (ej. número de animales en un cuadrante, número de personas en una encuesta, etc). Estos datos se presentan a menudo mediante **gráficas de barra** (Figura 2.4).

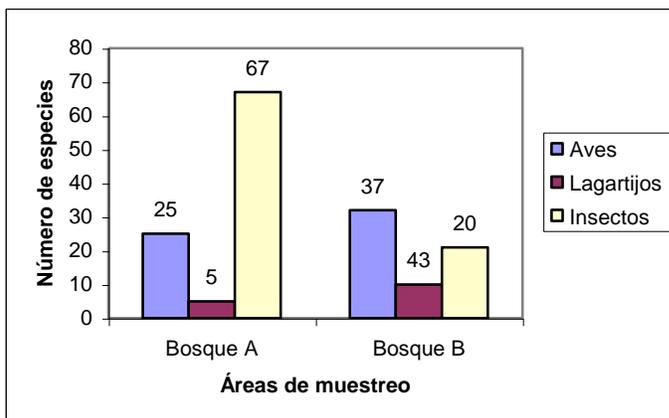


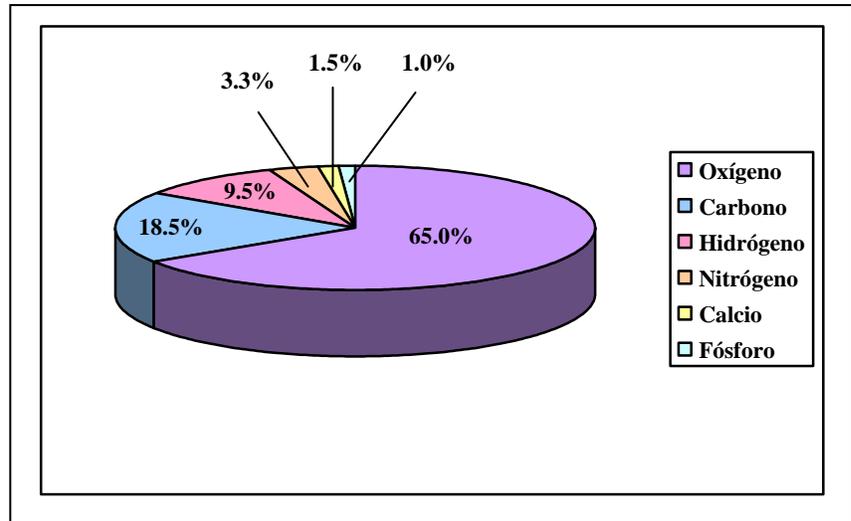
Figura 2.4

El número de especies de aves, lagartijos e insectos en dos bosques.

Para datos que señalan proporciones o porcentajes puede utilizarse una gráfica de pastel (*pie chart*) (Figura 2.5).

Figura 2.5

Proporciones de los elementos que se encuentran naturalmente en el cuerpo humano.



PROCEDIMIENTO

1. Búsque en revistas, periódicos o artículos científicos ejemplos de gráficas discretas y continuas.
2. ¿Qué tipo de gráfica podría realizarse con los resultados del ejercicio 2.2? ¿Se podría usar más de un tipo de gráfica? Explique.

LABORATORIO 2: INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

PLAN DE ENSEÑANZA PARA LOS INSTRUCTORES

Destrezas que el estudiante adquirirá a partir de este laboratorio:

1. Comunicación escrita
2. Comunicación oral
3. Trabajo en equipo
4. Pensamiento crítico

Manejo del Laboratorio:

- El instructor debe presentar los objetivos al comienzo de la clase y al final para verificar que se cumplieron.
- El instructor le preguntará directamente al estudiante acerca de los tópicos a cubrir, de manera que se genere una discusión. El instructor no debe extenderse discutiendo los temas y mucho menos dictará una conferencia. Esta técnica hará fluir mejor el laboratorio.
- A través de la discusión y los experimentos, se espera que el estudiante mismo, guiado por el instructor, pueda definir términos y entender el material. Se puede presentar una lista de términos a cubrir como base. **NO** hay tiempo para la discusión de teoría por el instructor; éste sólo guiará las discusiones y los ejercicios.
- Al final del laboratorio debe examinarse nuevamente la lista de objetivos para discutirlos y aclarar dudas.
- Debe decidirse cómo se evaluará el experimento; por ejemplo, mediante una prueba corta la próxima semana o asignándole al estudiante que diseñe un experimento ficticio donde se identifique todo lo discutido en el laboratorio. Este trabajo debe ser breve.
- ¡Los estudiantes **DEBEN** dejar el laboratorio limpio y ordenado!
- Debe recordársele a los estudiantes que deben venir al próximo laboratorio preparados con el material leído. **También deben traer copia del artículo científico para el Laboratorio 2.**

Manejo de los ejercicios:

Ejercicio 2.1: Preguntas e Hipótesis

A. Preguntas:

- ¿Qué preguntas pueden contestarse mediante el método científico? ¿Cuáles son las características de estas preguntas?
- Se deben formular ejemplos de hipótesis y preguntarle a los estudiantes cuáles pueden contestarse usando el método científico (generar una discusión de grupo).

- A base de lo anterior, debe crearse una lista de características de las preguntas válidas a ser bien definidas, medibles, y controlables. Las preguntas deben ser razonables y consistentes con el conocimiento existente. Excluya la especulación.

B. Hipótesis:

- Luego de escoger las preguntas válidas, se pasará a discutir cómo podemos contestarlas.
- Guíe la discusión hacia posibles explicaciones o hipótesis.
- ¿Cuáles son las características de una hipótesis válida? Se debe poder poner a prueba y probarse que es falsa. Muestre ejemplos para ilustrar esto, con buenas hipótesis y malas hipótesis.
- ¿Cómo podemos probar las hipótesis? Usualmente, es mediante experimentos.

Ejercicio 2.2: Diseñar experimentos para probar hipótesis

- Con la hipótesis de la mesa de trabajo pídale a los estudiantes que desarrollen un experimento.
- Luego, cada grupo escogerá un miembro para presentar y discutir el experimento.
- Mientras se discuten los experimentos, el instructor generará una lista de características que debe mostrar un experimento: variables *dependientes*, *independientes* y *controladas*. El instructor debe guiar al estudiante hacia el reconocimiento de los tipos de variables.

Preguntas guías para los estudiantes:

- ¿Qué involucra el procedimiento?
- ¿Qué son los niveles de tratamiento?
- ¿Cuál es la importancia de las réplicas en un experimento?
- ¿Cuál es la importancia de un testigo o control?
- Luego de identificar las variables, debe preguntarse cuál se espera que sea el resultado o predicción. ¿Qué pasa si los resultados coinciden con lo predicho? ¿Qué pasa si no coinciden?

Ejercicio 2.3: Experimento

- Los estudiantes llevaran a cabo el experimento escogido para el semestre. Cada laboratorio representará una “réplica” del experimento. Discuta las ventajas y las desventajas de realizar el experimento de esta manera. Discuta las posibles fuentes de errores en el experimento.

Ejercicio 2.4: Otros métodos

- Lleve varios ejemplos para discutir si los estudiantes no presentan ejemplos para todos los métodos o para ayudarlos a entender los métodos. Puede asignar a los estudiantes a traer ejemplos para el próximo laboratorio.

Ejercicio 2.4: Recolección de datos y comunicación de resultados

- Aquí los estudiantes aprenderán la importancia de utilizar tablas y gráficas para organizar sus datos y/o para señalar patrones de datos.
- Los estudiantes aplicarán estos conceptos al experimento anterior (Ejercicio 2.2) y prepararán tablas. No se espera que puedan preparar gráficas y tablas finales en

este laboratorio ya que no tendrán los datos, mas es importante que vayan pensando cómo van a recopilar los datos y qué deben hacer con ellos.

- Los estudiantes presentarán un informe basado en los resultados de este experimento. En el ejercicio # 3 aprenderán como escribir un artículo científico. Favor mencionar las fechas de entrega de los informes, según se encuentran en el calendario académico del semestre.

Manejo del tiempo:

1. Presentación de objetivos e introducción 10 minutos
2. Ejercicio 2.1:
 Preguntas (10 min) e hipótesis (10 min) 20 minutos
3. Ejercicio 2.2: Probando la hipótesis20 minutos
4. Ejercicio 2.3: Experimento 40 minutos
5. Ejercicio 2.4: Otros métodos20 minutos
6. Ejercicio 2.5: Recolección de datos y
 comunicación de resultados 30 minutos
7. Conclusiones del laboratorio 10 minutos
8. Limpieza5 minutos