



Fisiología como ciencia experimental (método científico y clínico) y homeostasis

Objetivos de aprendizaje

Explicar las etapas del método científico a través de la aplicación de un evento de control homeostático.

Resultado de aprendizaje

Estructura las etapas del método científico a través del diseño de un ejemplo de control homeostático de la temperatura.

Glosario de términos

Fisiopatología: Disciplina científica que se ocupa de las modificaciones ocurridas en el funcionamiento del organismo cuando sobre él actúan una o más causas de enfermedad.

Variable dependiente: Es un factor que se está midiendo en una investigación, la cual será afectada por otro factor conocido como variable independiente. En una relación entre variables es el efecto o el resultado.

Variable independiente: En un contexto experimental es la variable manipulada para conocer los efectos que producirá sobre la variable dependiente. En una relación entre variables es la causa o antecedente.

Datos cuantitativos: Variables cuyas categorías implican jerarquía, cantidad o magnitud. Son valuadas utilizando valores alineados de menor a mayor (ordinales) o una unidad de medida (intervalos o razón)

Datos cualitativos: Variable cuyas categorías reflejan atributos o características distintas, pero no cantidad o magnitud. Ninguna categoría se asume que es mayor o menor que cualquiera de las otras categorías. Son variables nominales.

Hipótesis: Explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se enuncian como proposiciones o afirmaciones.

Hipótesis de investigación: Proposiciones tentativas sobre las posibles relaciones entre dos o más variables.

Hipótesis nulas: Contradicen a las hipótesis de investigación. Normalmente son proposiciones que niegan o refutan la relación entre variables.

1. Introducción

El estudio científico de la naturaleza nace de la necesidad del hombre de conocer el por qué de los fenómenos que lo rodean. Las ciencias naturales abren las puertas a poder conocer el funcionamiento de los seres vivos, y especialmente una de sus ramas, la fisiología humana, se centra en el estudio del cuerpo humano. Si bien se pueden aprender datos sobre el funcionamiento del cuerpo humano a través de la lectura de textos, la mejor forma de comprender la fisiología es a través del método experimental. El laboratorio es el lugar ideal para lograr este acercamiento, siendo el lugar donde los científicos pueden probar sus hipótesis a través del método científico. En la práctica clínica, también nos enfrentamos diariamente a interrogantes sobre la naturaleza de diferentes fenómenos fisiológicos y fisiopatológicos, y la resolución de estas interrogantes se denomina “método clínico” y constituye una rica fuente de nuevos conocimientos en medicina.

En Informática Biomédica se abordaron los temas de método científico y método clínico, ahora utilizaremos estos conceptos y los pasos de cada uno aplicados al modelo general de homeostasis.

Pero primero, nos gustaría exponer ¿cuál es la importancia del Laboratorio de Fisiología?

2. Fisiología como ciencia experimental

¿Puedes recordar los pasos del método científico que viste en IB?

2.1. El método científico

Este método asume como principal propósito la obtención de nuevos conocimientos a partir de la aplicación de las leyes de la realidad objetiva. Para su aplicación se requiere de un abordaje lógico, práctico y confiable con el propósito de abordar diversos problemas, cuestionamientos y generar nuevo conocimiento.

El método científico se estructura en etapas sucesivas con la finalidad de obtener un conocimiento válido mediante la utilización de procedimientos, instrumentos y técnicas que resulten fiables y permitan minimizar la influencia de la subjetividad del investigador.

Se compone de los siguientes pasos:

- i. **Observación y pregunta de investigación:** Identificación de un fenómeno de interés.
- ii. **Planteamiento de la hipótesis:** Es una conclusión no probada que intenta explicar un fenómeno. Debe ser: a) verificable, b) específica, c) medible y susceptibles de ser descritas y, d) simples y claras.
 - Hipótesis nula:* Proposición en la cual se establece la ausencia de relación entre las variables.
 - Hipótesis alterna:* Proposiciones tentativas sobre la amplia gama de posibilidades o respuestas a la pregunta de investigación.
- iii. **Recolección de datos:** Estos datos son obtenidos mediante del uso de nuestros sentidos o por medio de distintos instrumentos como cámaras, microscopios, amplificadores, entre otros.
- iv. **Análisis de los datos:** Dependerá del tipo de datos colectados (cuantitativos o cualitativos).

- v. **Conclusiones:** En esta sección se ponen en contexto los resultados obtenidos, discutiendo con la literatura relacionada y se resaltan los hallazgos del experimento. También se pueden discutir nuevas ideas para investigaciones futuras (perspectivas).

2.2. El método clínico

Hoy en día se concibe al método clínico como “el método científico aplicado al trabajo con los pacientes, con peculiaridades que permiten el estudio de los enfermos”. En este sentido, cabe resaltar que **un método no es derivado del otro**, y por el contrario a lo largo de la historia el método clínico se ha visto muy enriquecido por el método científico, principalmente a partir del s. XIX con los aportes de Claude Bernard, quien aplicó la experimentación y la investigación científica en la medicina clínica.

Podemos delimitar al método clínico como el proceso sistemático que implica un análisis lógico y ontológico, con el objetivo de la atención del individuo, por lo que requiere del conocimiento del proceso salud-enfermedad, y que por lo tanto, no solo involucra el conocimiento clínico, sino también el epidemiológico y el social. De forma teórica se han descrito cuatro estrategias en el método clínico:

- Estrategia de reconocimiento patrón: Descripción aprendida previamente (o patrón) de la enfermedad.
- Estrategia de arborización: Vías potenciales preestablecidas mediante un método en que la respuesta a cada interrogante diagnóstica determina de manera automática la siguiente pregunta y finalmente lleva al diagnóstico correcto.
- Estrategia exhaustiva: Investigación concienzuda e invariable de todos los hechos médicos respecto del paciente, seguida de la selección de los datos útiles para el diagnóstico.
- Estrategia hipotético-deductiva: Es la formulación, a partir de los primeros datos acerca del paciente, de una lista breve de diagnósticos o acciones potenciales, seguido de la realización de aquellas conductas clínicas (historia y examen físico) y paraclínicas (estudios de gabinete o laboratorio) que reducirán mejor la longitud de la lista.

La delimitación de un problema médico, la posterior formulación de una pregunta clara y precisa que pueda ser respondida por varias hipótesis y después, una vez formulado el camino para contrastar estas hipótesis con la realidad, ayudarse de todas las herramientas que tiene el clínico a la mano para aceptar o rechazar sus hipótesis, será el método que caracterizará a un médico con mente científica y es por eso que para cualquier estudiante de medicina, y profesional de la salud, es de suma importancia conocer y dominar el método científico.

Tabla 1. ¿Puedes resumir las diferencias entre el método científico y el clínico? Llena el siguiente recuadro:

Método científico	Método clínico

Ahora que se ha descrito al método científico y clínico y hemos abordado la razón por la cual la fisiología debe ser abordada desde la experimentación, abordaremos el concepto de *homeostasis*, fundamental para entender holísticamente a la fisiología y cómo a través del

método científico podemos integrar la información para formular preguntas e hipótesis pertinentes a esta materia.

3. Homeostasis

En 1870, Claude Bernard describió los principios básicos de la regulación fisiológica, evidenciando la necesidad del cuerpo de mantener un ambiente interno estable, lo que denominó como una "sorprendente constancia" del medio interno del organismo. Afirmó que los organismos complejos pueden mantener su medio interno (líquido extracelular) constante ante los desafíos del mundo externo. Sin embargo, en 1927, Walter Cannon fue el primero en acuñar el término "homeostasis" con la intención de transmitir la idea general propuesta por Bernard, y la definió como "una condición que puede variar, pero permanecer constante". Cannon se enfocó en ampliar la noción de "constancia" de Bernard del "medio interno" de una manera explícita. En 1950, el matemático N. Wiener propuso el esquema de un mecanismo de control con retroalimentación en máquinas que posteriormente se utilizaría como el **modelo de homeostasis** (Figura 1), cuyo objetivo es mantener el nivel de las variables fisiológicas dentro de un rango compatible con la vida (por ejemplo los niveles en la sangre de la glucosa, oxígeno, hormonas, etc.), este modelo sigue vigente hasta el día de hoy.

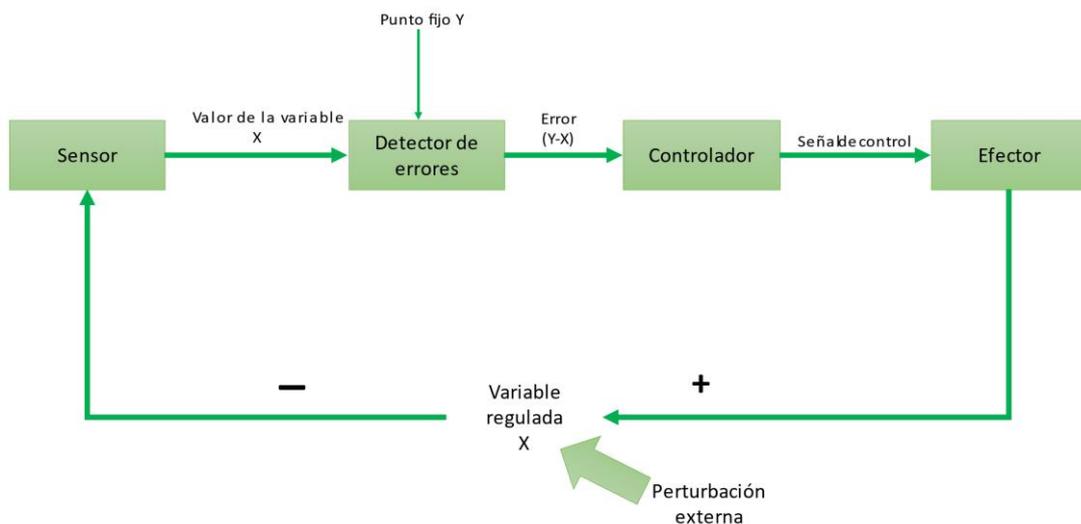


Figura 1. Diagrama de un sistema de regulación homeostático (en este caso de retroalimentación negativa). Si el valor de la variable regulada (X) cambia por un estímulo que perturbe el medio interno, este sistema intentará regresarlo a un punto fijo (Y), por lo tanto, también se conoce a este sistema como un sistema de retroalimentación negativa. En este ejemplo la variable regulada disminuyó (signo menos), el sensor mide esta perturbación, el detector de errores compara dicha medición (X) con el valor que debe tener (Y) y como salida da una señal de error. El controlador manda una señal de control al efector que se encarga de producir un aumento (signo de +) en la variable regulada para acercarla al punto Y.

Homeostasis es un concepto básico y necesario para comprender los mecanismos reguladores de la fisiología, en este sentido la definiremos como mantener un estado estable dentro de un organismo, independientemente de si los mecanismos involucrados son pasivos (por ejemplo, el movimiento del agua entre los capilares y el intersticio, reflejando un "equilibrio" entre las fuerzas hidrostáticas y osmóticas) o activos (por ejemplo, el almacenamiento y la liberación de

glucosa intracelular). Este “equilibrio” está garantizado gracias a los procesos fisiológicos que actúan de manera coordinada en el cuerpo y que impiden que los cambios en el entorno interfieran en su funcionamiento. Factores como el pH, la temperatura, la osmolalidad del plasma, la glucosa y el calcio son críticos para el funcionamiento normal de la mayoría de los organismos y, por lo tanto, se controlan dentro de límites estrechos (**rango homeostático**).

Para explicar la homeostasis utilizaremos el modelo clásico de sistema de control lineal propuesto por Weiner con la finalidad de comprender el concepto, analizarlo y aplicarlo para el estudio de los procesos fisiológicos.

Un sistema homeostático funciona de manera que provoca que cualquier cambio en la variable regulada sea contrarrestado por un cambio en la salida del efector para restaurar la variable hacia su valor de punto de ajuste. Los sistemas que se comportan de esta manera se dice que son de retroalimentación negativa.

La homeostasis es producto de una resistencia natural al cambio de las condiciones óptimas, y el equilibrio es mantenido por muchos mecanismos reguladores. Todos los mecanismos de control homeostático tienen al menos tres componentes interdependientes para la variable que se regula: un receptor, un centro de control y un efector. **El receptor** es el componente sensorial que controla y responde a los cambios en el entorno, ya sea externo o interno (por ejemplo, termorreceptores y mecanorreceptores). **El centro de control** establece el rango de mantenimiento (límites superior e inferior) para la variable en particular y responde a la señal enviando señales a un **efector** o más (como los músculos, un órgano o una glándula). Cuando la señal se recibe y se activa, se proporciona una retroalimentación negativa al receptor. Un efector es el objetivo sobre el que se actúa, para que el cambio vuelva al estado normal.

Para enfatizar el proceso de estabilización, podemos distinguir dos tipos de variables una variable regulada (dependiente) y una variable no regulada (independiente). Una variable regulada (dependiente) es aquella para la cual existe un sensor específico dentro del sistema y que se mantiene dentro de un rango limitado por mecanismos fisiológicos. Por ejemplo, la presión arterial y la temperatura corporal son variables reguladas, porque los barorreceptores y los termorreceptores (estos receptores son los sensores) existen dentro del sistema y proporcionan el valor de la presión y la temperatura, respectivamente al mecanismo regulador. Las variables no reguladas (independientes) son las que pueden ser cambiadas por el sistema, pero para las cuales no existen sensores dentro de él. Las variables no reguladas se modulan para lograr una regulación constante de la variable. Por ejemplo, el sistema nervioso autónomo puede cambiar la frecuencia cardíaca para regular la presión arterial, pero no hay sensores en el sistema que midan la frecuencia cardíaca directamente. Por lo tanto, la frecuencia cardíaca es una variable no regulada.

4. Actividades en la sesión

Actividad 1. Para comprender el concepto de homeostasis, haremos un experimento utilizando como variables a la frecuencia cardíaca. La frecuencia cardíaca está modulada principalmente por las acciones del sistema nervioso autónomo (simpático la aumenta, parasimpático la disminuye), y está controlada por asas de retroalimentación negativa a través de sensores indirectos (los cuales que monitorizan otros parámetros, por ejemplo, la concentración de gases en sangre, o la presión arterial).

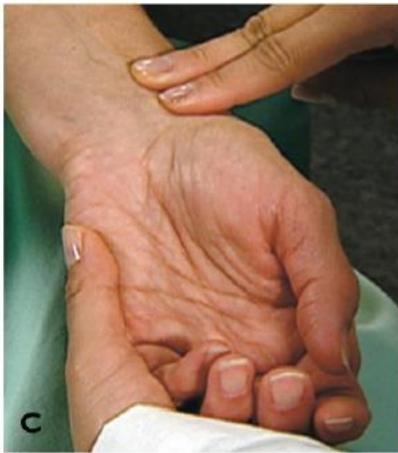
Antes de comenzar la actividad responde:

1. ¿Qué es la frecuencia cardiaca promedio?
2. ¿Cómo puedes determinar tu frecuencia cardiaca?
3. ¿Es la misma frecuencia cardiaca promedio en todas las personas?
4. ¿Que variables crees que influyan en las diferencias en la frecuencia cardiaca entre las personas?

Desarrollo de la actividad:

En este ejercicio en primer lugar observaremos dichas fluctuaciones de la frecuencia cardiaca (FC).

1) Trabajando en parejas, calcula la frecuencia cardiaca y regístralas cada 30 segundos, durante 5 min (utiliza la tabla de Excel anexa).



Técnica para tomar la frecuencia cardiaca a partir del pulso radial: La persona exploradora (persona A) se coloca frente a la persona estudiada (persona B) y palpa la arteria radial. El segundo, tercer y cuarto dedos de la mano deben colocarse sobre la arteria radial (como se muestra en la figura 2). Nunca se debe palpar el pulso radial con el pulgar de la persona exploradora (persona A), porque su pulso puede ser más intenso que el pulso radial de la persona estudiada (persona B), y al hacerlo se registrará la frecuencia cardíaca del propio explorador (persona A). Se debe contar el pulso durante 30 s y multiplicar el número de latidos por 2 para obtener los latidos por minuto.

Figura 2. Palpación del pulso arterial (Seidel, et al., 2011).

2) Comparen sus resultados y respondan las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuál es la FC y la temperatura promedio?
- b) ¿Cuál es el rango (el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo) de valores en las mediciones?
- c) Con los datos del grupo construye un histograma considerando los siguientes rangos de FC (50-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-99, >100). Utiliza la tabla de Excel anexa.
- d) ¿Cuál es el valor promedio de la frecuencia cardiaca y la temperatura del grupo?

3) Ahora que tienes datos, elabora otro experimento en donde la frecuencia cardiaca sea la variable dependientes y exista una perturbación externa de esta. (Por ejemplo: Un estudiante baja y después sube 4 pisos).

4) Elabora una pregunta de investigación considerando a la frecuencia cardiaca como variable dependiente. (Ejemplo: ¿Cuál será el cambio en la frecuencia cardiaca y la temperatura después de bajar y subir 4 pisos).

5) Elabora hipótesis que intente explicar tu nueva pregunta de investigación (hipótesis alterna) y construye con tu docente una hipótesis que vaya en contra de la primera (hipótesis nula).

6) Compara con tus resultados con lo propuesto en tus hipótesis.

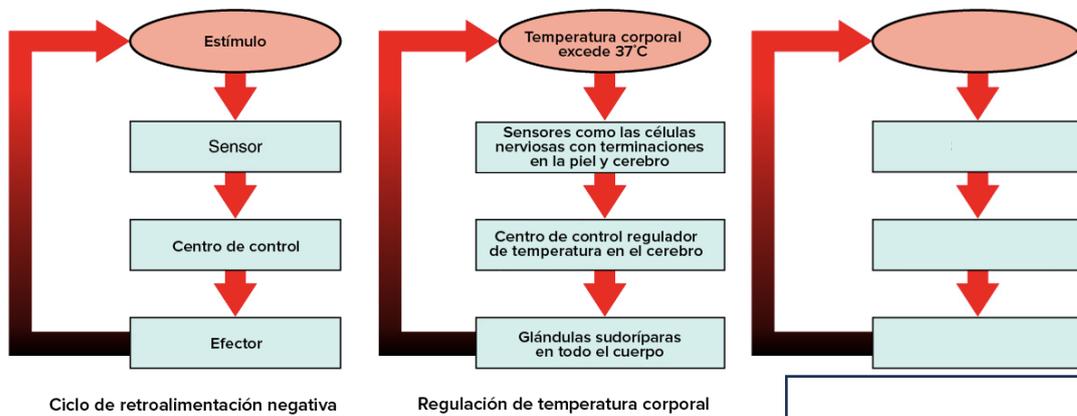
7) Discutan en grupo sus hipótesis y resultados.

Actividad 2. Viñeta clínica. Lee el texto que aparece a continuación y desarrolla las preguntas asociadas.

Paciente femenino de 28 años, sin antecedentes personales patológicos. Se presenta en la consulta debido a que, durante la ola de calor, cuando intenta hacer algún tipo de actividad física presenta mareo y debilidad, el cual, disminuye cuando regresa al estado de reposo.

- a) ¿Qué diagnóstico puedes integrar con la información presentada? ¿Por qué?
- b) ¿Estás usando el método científico o clínico? ¿Por qué? (Puedes guiarte en la figura 3).

Actividad 3. En el siguiente diagrama, coloca un ejemplo de acuerdo con el modelo de homeostasis (sigue el ejemplo).



RECUERDA

Homeostasis es uno de los conceptos fundamentales en Fisiología, cuando avancemos en cada clase pregúntate ¿cómo se mantiene la homeostasis?

5. Referencias:

Campos M, Lima D, Fernández F, Alayola A. (2020). El razonamiento clínico en la era de la medicina digital. Informática biomédica II. 1ra edición. México: Editorial Panamericana.

Cannon WB. (1929). Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*, 9(3): p. 399-431.

Sampieri-Cabrera R., Bravo S., Inclán-Rubio V. (2019). Teacher Guide: Homeostasis. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2667857>

Argimon-Pallas J.P., Jimenez-Villa, J. (2019). El proceso de la investigación clínica y epidemiológica. En J.P. Argimon-Pallas (Ed.) *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*, (5ª Edición, Cap. 1, pp. 3-7) Elsevier

Seidel, H. M., Ball, J. W., & Dains, J. E. (2011). Vasos sanguíneos. En Seidel, H. M. (Ed.) *Manual Mosby de exploración física + evolve* (7ma Edición, Cap. 15, pp. 424-455). Elsevier.

Real Academia Nacional de Medicina (s.f.): Fisiopatología. Recuperado el 7 de agosto de 2023 de <https://dtme.ranm.es/>

Torres, R.H.S.C.P. M. (2023). *Metodología de la investigación* (2nd ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://bookshelf-ref.vitalsource.com/books/9786071520326>

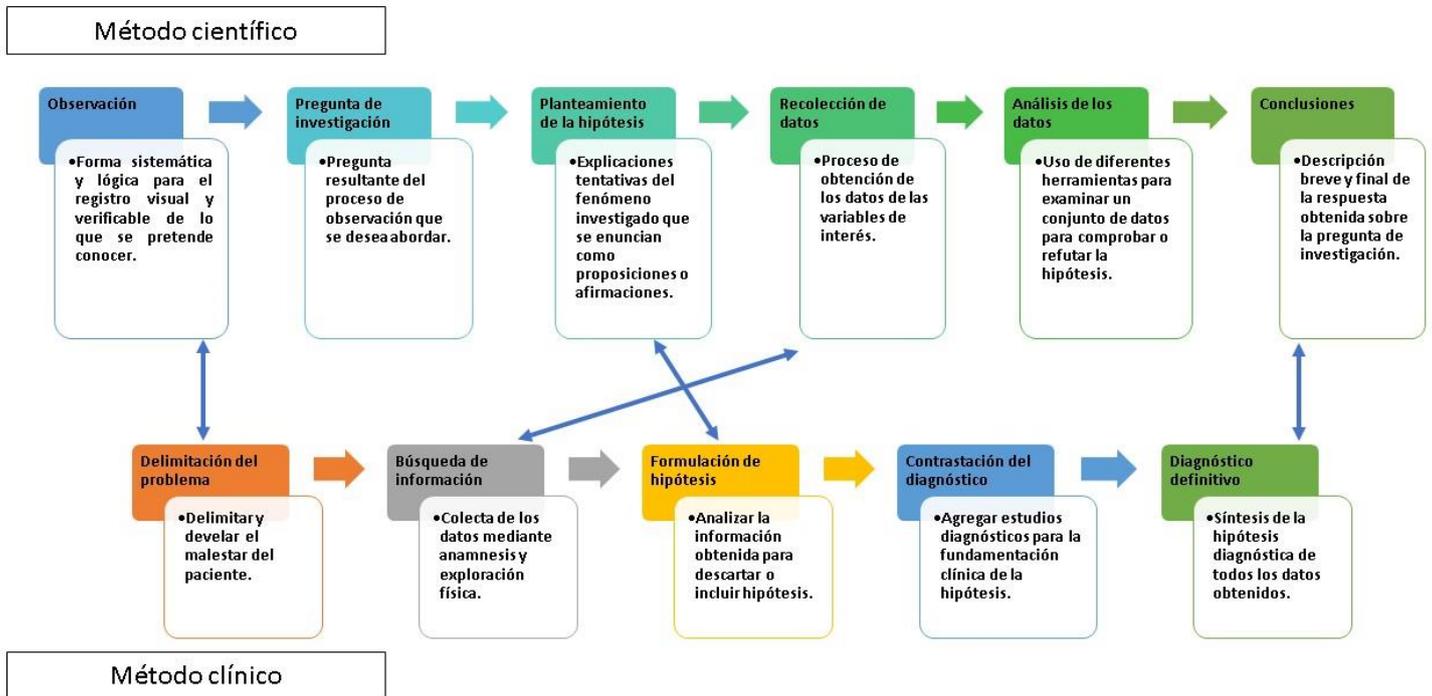


Figura 3. Pasos del método científico y del clínico.