

TEMA 1: LA CIENCIA Y SU MÉTODO.

MEDIDA DE MAGNITUDES

0.- CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO CIENTÍFICO

El trabajo científico presenta una serie de características que lo distinguen de otras formas de obtener conocimiento:

- El objeto de estudio de la ciencia es el mundo natural (las propiedades físicas y químicas del mundo material y los seres vivos). Por eso, se habla de ciencia de la naturaleza.
- Para explicar el mundo natural, los científicos formulan conjeturas e hipótesis (fruto de los conocimientos científicos de su época, de su imaginación y de su creatividad).
- Los enunciados de la ciencia deben ser contrastados mediante la observación y el experimento (la ciencia es empírica porque se basa en hechos observados y medidos).
- Los resultados experimentales son reproducibles. La observación científica debe ser minuciosa.
- Las teorías científicas han de formularse de tal modo que puedan ser refutadas o puestas en entredicho se los hechos experimentales las contradicen. En ciencia no existe ninguna verdad incuestionable.
- La ciencia es preferentemente una actividad colectiva ("comunidad científica"). La divulgación de los avances científicos sigue unos canales establecidos como comunicaciones en congresos, publicaciones en revistas científicas de reconocido prestigio o su publicación en Internet.
- Actitudes que caracterizan el trabajo científico: la necesidad de contrastar las hipótesis, la flexibilidad ante opiniones diversas, la apertura a nuevas ideas, el rigor en la medida etc. Cada cierto tiempo, se producen revoluciones científicas que rompen con lo conocido hasta ese momento y producen un salto en la interpretación científica del mundo natural.

1.- LOS MÉTODOS DE LA CIENCIA

Los procesos que conducen al conocimiento científico pueden describirse en un orden ideal que se denomina **método científico**. El método científico consta de las siguientes partes o etapas:

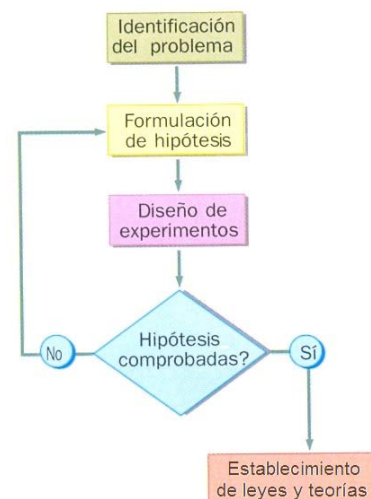
A) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: El primer paso es delimitar el problema que se va a investigar.

- Aislar la parte del mundo material que se desea estudiar y descomponer el problema en etapas más fáciles de investigar.
- Identificar las variables que intervienen en el mismo.

B) FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS: Una **hipótesis** es una conjetura verosímil (sin contradicciones evidentes) que puede ser contrastada de forma experimental.

C) COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS: Las hipótesis se confirman o rechazan por medio de experiencias.

- Primero diseñar experiencias y dispositivos para conseguir las medidas necesarias. Los aparatos de medida miden las magnitudes.
- Luego controlar las variables que intervienen en el proceso tratando de investigar su influencia.
 - Las variables cuyos valores podemos cambiar a voluntad se denominan independientes.
 - Las variables cuyos valores quedan establecidos por los anteriores se denominan dependientes.
 - Las variables cuyos valores se mantienen fijos se denominan controladas.
- Los resultados de todos los experimentos se anotan y se tabulan. Se pueden también hacer representaciones gráficas.



D) ESTABLECIMIENTO DE LEYES Y TEORÍAS: Las **leyes** son hipótesis confirmadas, que se expresan generalmente en lenguaje matemático. Un conjunto de leyes se incluyen en un sistema coherente de conocimientos que se denomina teoría.

2.- LAS MAGNITUDES FÍSICAS Y SUS UNIDADES

En 1789 la Academia de las Ciencias de París decidió unificar las unidades de medida estableciendo el metro como unidad de longitud. Su longitud quedó fijada en la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre que pasa por París. También estableció el gramo, la masa de un centímetro cúbico de agua, como unidad de masa.

En 1889 se alcanzó un primer acuerdo internacional, por el cual se adaptaba en todo el mundo el llamado **Sistema Métrico Decimal**, que establecía el metro (diezmillonésima parte de un cuadrante del meridiano terrestre) como unidad de longitud, el kilogramo (masa de un cilindro patrón de platino - iridio conservado en Sevres, Francia) como unidad de masa y el segundo (1/86400 parte del día solar medio) como unidad de tiempo.

En 1960 se acordó el **Sistema Internacional de Unidades (SI)**. Este sistema mantuvo la definición de kilogramo como unidad de masa, pero estableció nuevas definiciones más precisas para el metro y el segundo. Este sistema tiene siete magnitudes fundamentales:

| Magnitud | Unidad | Símbolo | Valor |
|---|-----------|---------|---|
| Longitud | metro | m | <ul style="list-style-type: none"> Longitud recorrida por la luz en el vacío en $1/299792458$ s 1650763,73 longitudes de onda en el vacío de la radiación correspondiente a la transición $2p^{10} \rightarrow 5d^5$ del átomo de kriptón 86, Medida del prototipo de Iridio - Platino, que se conserva en Sévres (Francia). |
| Tiempo | segundo | s | 9192631,770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133. |
| Masa | kilogramo | kg | Masa del prototipo de Iridio - Platino, que se conserva en Sévres (Oficina internacional de pesas y medidas) |
| Temperatura | Kelvin | K | $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. |
| Intensidad de corriente eléctrica | Amperio | A | Intensidad de una corriente que mantenida en dos conductores paralelos separados un metro produce entre ambos una fuerza de $2 \cdot 10^{-7}$ N por metro de longitud. |
| Intensidad luminosa | candela | cd | Intensidad luminosa en la dirección perpendicular de una superficie de $1/600000$ m ² de un cuerpo negro a la temperatura de fusión del platino bajo una presión de $1,013 \cdot 10^5$ N/m ² . |
| Cantidad de sustancia | mol | mol | Cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 Kg de carbono 12 puro. |

$$K = ^\circ C + 273$$

Magnitudes derivadas (sólo algunas):

| | | |
|-------------------------|-------------------|---|
| Superficie | m ² | |
| Volumen | m ³ | |
| Densidad | Kg/m ³ | |
| Velocidad | m/s | |
| Aceleración | m/s ² | |
| Frecuencia | Hz | Hz = s ⁻¹ |
| Fuerza | N | N = kg · m / s ² |
| Presión | Pa | Pa = N / m ² 1 atm = 760 mm Hg = 101300 Pa |
| Energía | J | J = N · m |
| Potencia | W | W = J / s |
| Carga eléctrica | C | C = A · s |
| Diferencia de potencial | V | V = J / C |
| Resistencia eléctrica | Ω | Ω = V / A |

OTROS SISTEMAS: CGS, MKS, Inglés

| Magnitudes fundamentales | | CGS | MKS | INGLÉS |
|--------------------------|-------------|-----|-----|------------|
| (4) | Masa | g | Kg | lb (libra) |
| | Longitud | cm | m | ft (pie) |
| | Tiempo | s | s | s |
| | Temperatura | °C | °C | °F |

Magnitudes derivadas
(solo algunas)

Fuerza
Energía
Presión

dina
ergio
dina/cm²
N
J
N/m²

Poundal
Poundal * ft
Poundal/ft²

| | | |
|------------------|-----------------|------------------|
| 1 lb = 0,4536 Kg | 1 ft = 0,3048 m | °C/5 = (°F-32)/9 |
|------------------|-----------------|------------------|

| | | |
|-------------------------|-----------------------------------|---|
| 1 yarda (yd) = 0,9144 m | 1 pie (ft) = 0,3333 yd = 0,3048 m | 1 pulgada (inch) = 0,0277 yd = 0,0254 m |
|-------------------------|-----------------------------------|---|

CAMBIOS DE UNIDADES (múltiplos y submúltiplos)

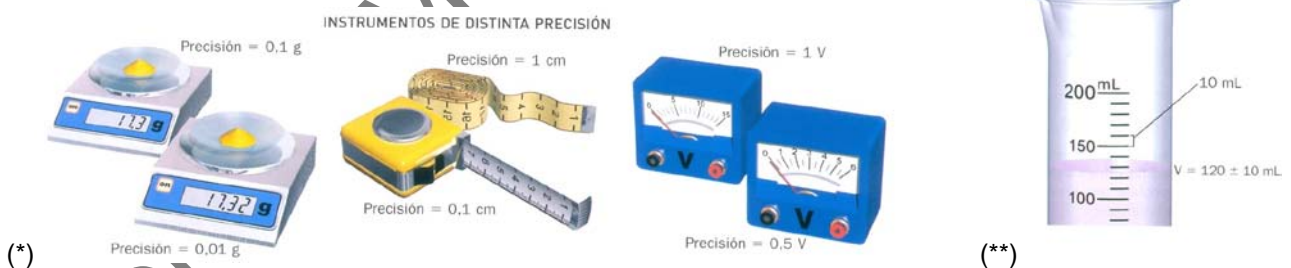
| Múltiplos | | | | Submúltiplos | | | |
|-----------|--------|------------------|---------------|--------------|---|-------------------|-----------------|
| Yotta- | Y | 10 ²⁴ | Cuatrillón | deci- | d | 10 ⁻¹ | Décimo |
| Zetta- | Z | 10 ²¹ | Mil trillones | centi- | c | 10 ⁻² | Centésimo |
| Exa- | E | 10 ¹⁸ | Trillón | mili- | m | 10 ⁻³ | Milésimo |
| Peta- | P | 10 ¹⁵ | Mil billones | micro- | μ | 10 ⁻⁶ | Millonésimo |
| Tera- | T | 10 ¹² | Billón | nano- | n | 10 ⁻⁹ | Milmillonésimo |
| Giga- | G | 10 ⁹ | Mil millones | pico- | p | 10 ⁻¹² | Billonésimo |
| Mega- | M | 10 ⁶ | Millón | femto- | f | 10 ⁻¹⁵ | Milbillonésimo |
| Kilo- | k | 10 ³ | Mil | atto- | a | 10 ⁻¹⁸ | Trillonésimo |
| Hecto- | h | 10 ² | Centena | zepto- | z | 10 ⁻²¹ | Miltrillonésimo |
| Deca- | da / D | 10 | Decena | yocto- | y | 10 ⁻²⁴ | Cuatrillonésimo |

3.- INSTRUMENTOS DE MEDIDA. SENSIBILIDAD Y PRECISIÓN

Medir una magnitud física es comparar un valor de esa magnitud con otra cantidad de la misma que se eligió como unidad patrón. Se obtiene una **medida directa** de una magnitud, que es un número seguido de una unidad.

Precisión de un instrumento de medida es el valor mínimo de la magnitud que puede apreciar. Cuanto más preciso es un instrumento, más "finas" son las divisiones de su escala y más cifras decimales proporciona. (*) Ver precisión en cada imagen.

Sensibilidad de un instrumento es la capacidad para detectar variaciones de la magnitud a medir. Los instrumentos más sensibles detectan variaciones más pequeñas. Lógicamente, los instrumentos más precisos son también más sensibles.



Incertidumbre de una medida es el máximo error con que viene afectada como consecuencia de la precisión del instrumento. En general, suele tomarse como incertidumbre de una medida la precisión del instrumento. (**) El volumen de la probeta sería 120 ± 10 mL (10 mL indicaría la incertidumbre de la medida, que coincide con la división más pequeña del instrumento).

LA NOTACIÓN CIENTÍFICA:

Muchas veces se manejan números muy grandes o muy pequeños y es conveniente expresarlos mediante una notación cómoda.

En notación científica se escribe la parte entera con una sola cifra, seguida de la parte decimal y de una potencia de 10, positiva o negativa, según exprese lugares a la derecha o a la izquierda de la coma decimal.



Por ejemplo, el radio de la Tierra es $R_T = 6370000 \text{ m}$; en notación científica se escribe: $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$.

4.- CIFRAS SIGNIFICATIVAS Y ERRORES

Se llaman **cifras significativas** (c.s.) de una medida experimental, a las que proporciona el instrumento de medida. Están formadas por las cifras no afectadas de error, más una última cifra incierta que debe estimarse.

Por ejemplo, si la medida proporcionada por una balanza es 13,26 g, quiere decir que el aparato es capaz de apreciar centésimas de gramo y que el posible error está justo en la cifra de las centésimas.

Reglas que permiten determinar cuántas cifras son significativas:

- Todas las cifras distintas de cero de una medida experimental son significativas. Como por ejemplo, la medida 1,237 s tiene cuatro c.s.
- Los ceros que aparecen a la derecha de la coma son significativos. Por ejemplo, la medida 14,00 m tiene cuatro cifras significativas.
- Los ceros del principio de un número no se consideran cifras significativas. Por ejemplo, en la medida 0,030 g, los dos primeros ceros no son significativos, pero sí el último.
- Los ceros del final de un número sin coma decimal no son significativos, excepto si se indica expresamente con un punto. Así, la medida 2300 K tiene 2 c.s., pero 2300. K tiene cuatro.

REDONDEO

Normas de redondeo:

- Si el primer dígito despreciado es 5 o mayor que 5, la cifra anterior se aumenta en una unidad. Por ejemplo: 14,3254 redondeado a 4 c.s. es 14,33.
- Si la primera cifra despreciada es menor que 5, la cifra anterior permanece inalterada. Por ejemplo: 14,3254 redondeado a 5 c.s. es 14,325.
- En las operaciones matemáticas con datos experimentales, el resultado debe redondearse a un número adecuado de cifras significativas:
 - Sumas o restas: el resultado no debe tener más cifras decimales que el dato que menos tenga. Como por ejemplo: $24,38 + 5,4 = 29,78$ que se redondea a 29,8 (ya que 5,4 tiene una cifra decimal).
 - Productos o cocientes: el resultado no debe superar en cifras significativas al dato con menor número de ellas. Por ejemplo: $24,31 \cdot 3,60 = 87,516$ se redondea a 87,5 (ya que 3,60 tiene 3 c.s.).

ERRORES EXPERIMENTALES

Todas las medidas experimentales están afectadas por algún error. Según su origen, los errores pueden ser:

- **Errores sistemáticos.** Tienen que ver con la forma de realizar la medida. Algunos están relacionados con el instrumento de medida (con el mal uso del mismo, como por ejemplo el error de calibrado o de puesta a cero, o por ejemplo los errores de paralelismo cuando un observador mira oblicuamente una escala analógica).
- **Errores accidentales o aleatorios.** Son aquellos que se producen al azar debido a causas imposibles de controlar. Para minimizar su efecto se emplea el promedio estadístico de las medidas:

$$x_m = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n$$

CÁLCULO DE ERRORES

El **error absoluto** de cada dato o desviación de cada dato, E_a , es la diferencia entre el valor de la medida, x_i , y el valor exacto, que en general, se desconoce, y se toma como valor exacto el más probable, es decir, su media aritmética:

$$E_a = x_i - x_m \quad \Rightarrow \text{(dato menos la media)}$$

Puede ser positivo o negativo.

El **error relativo** de cada dato, E_r , es el cociente entre el error absoluto de cada dato y el valor exacto (la media):

$$E_r = E_a / x_m$$

El error relativo se puede expresar así o en % multiplicando el resultado por 100 (tendríamos entonces el **porcentaje de error**).

5.- ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS EXPERIMENTALES

La ciencia utiliza el lenguaje matemático como un medio para expresar ideas y relacionar conceptos; de ahí que se tienda a asociar el conocimiento científico con el empleo de "fórmulas".

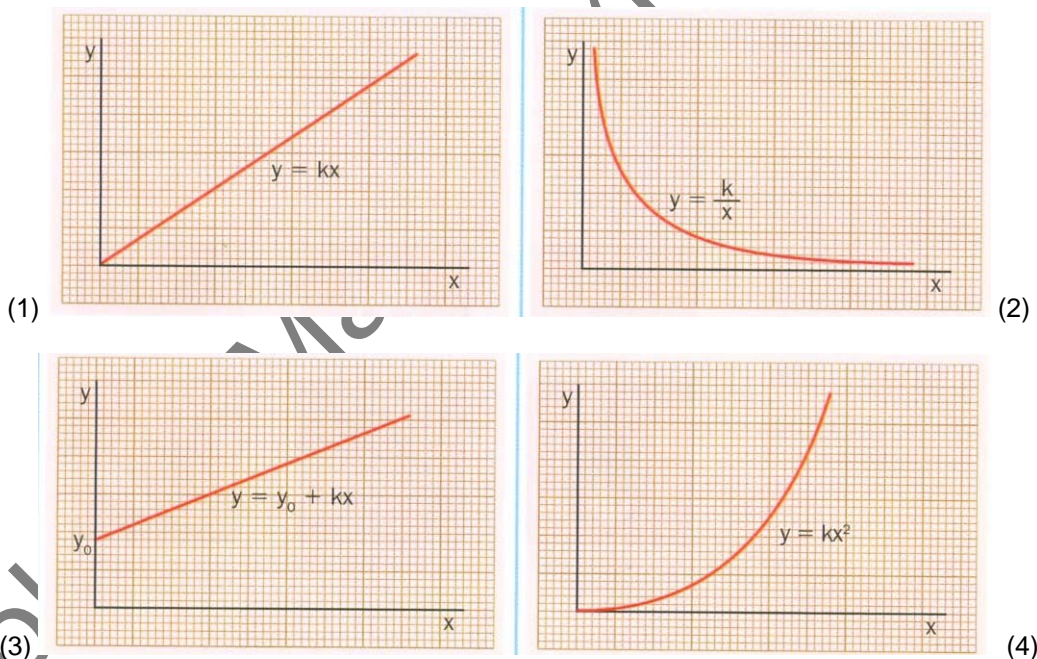
TABLAS Y GRÁFICAS:

Construir una tabla consiste en ordenar las medidas o datos numéricos de que se dispone, poniendo en filas o columnas los valores de las variables, expresando los de cada una en la misma unidad.

La disposición ordenada de los resultados permite observar una tendencia, aunque no es fácil deducir de ella una ley de relación; sólo es posible mediante una representación gráfica.

RELACIONES ENTRE VARIABLES

La relación entre las variables puede deducirse de los tipos de gráficas. Además, cada gráfica está asociada a una función matemática.

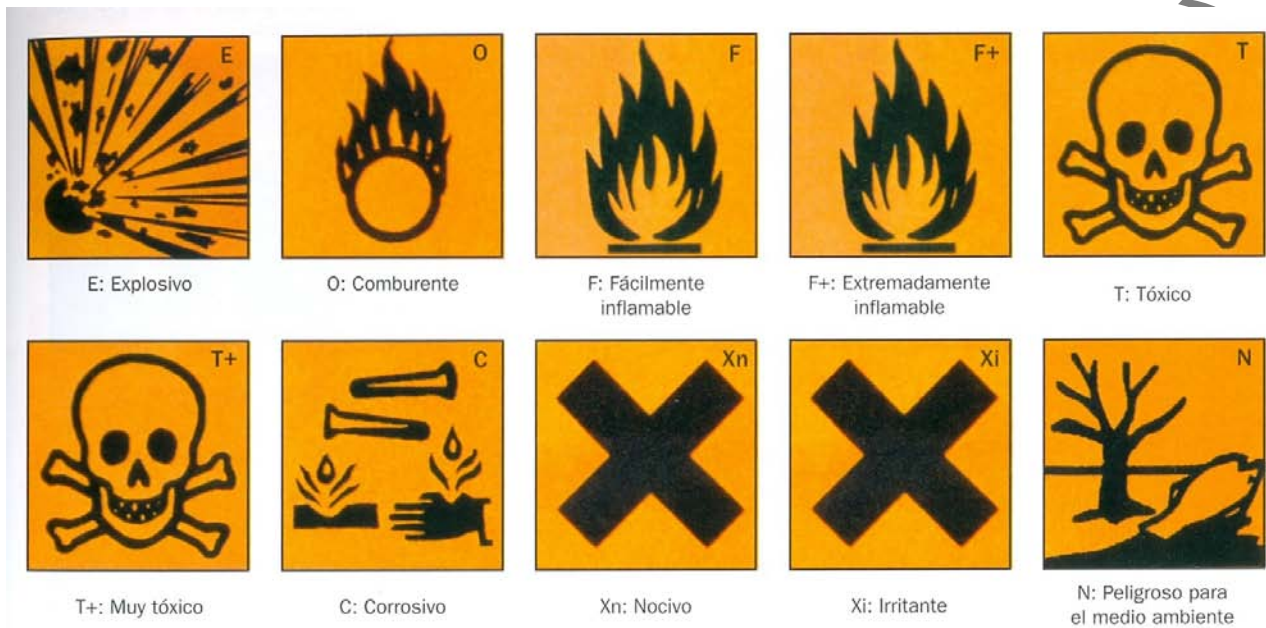


- (1) **Función lineal.** Indica una relación de proporcionalidad entre las variables. El cociente entre cada pareja de valores es una constante, k , que se llama pendiente. La gráfica parte del $(0,0)$.
- (2) **Función inversa.** Indica una relación de proporcionalidad inversa entre las variables. El producto de las variables es constante; su gráfica es una hipérbola.
- (3) **Función afín.** La ordenada en el origen y_0 es el valor de y cuando x se anula. Existe una relación lineal entre las variables. La gráfica no parte del $(0,0)$.
- (4) **Función cuadrática.** El valor de y varía con el cuadrado del valor de x . La gráfica es una parábola.

NORMAS PARA DIBUJAR LAS GRÁFICAS

- En cada eje debe indicarse la magnitud y la unidad en que se mide.
- Se debe adaptar la escala de la gráfica al valor de los datos, para que los puntos resulten visibles y uniformemente espaciados.
- El trazado final de la gráfica no siempre es fácil. A veces, la línea que mejor se ajusta a los puntos no pasa por todos ellos; lo importante es que se ajuste al conjunto de todos, haciendo el promedio por encima y por debajo. Si un punto se sale mucho de la gráfica, conviene despreciarlo.

TRABAJO EN EL LABORATORIO: PICTOGRAMAS DE PELIGROSIDAD



Colegio Mariani