

Tema 1:

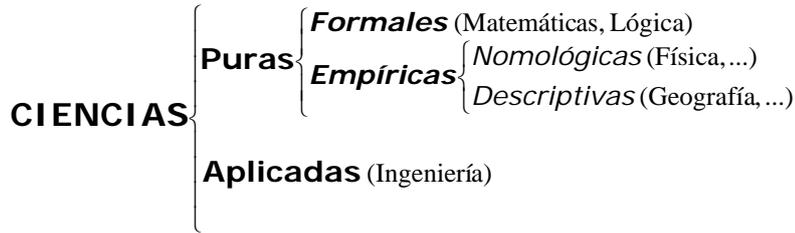
Método Científico

1. *El Método Científico: Características de una Ciencia. Una clasificación de las Ciencias. Procesos generales de estructuración del conocimiento científico. Método inductivo, y Método deductivo.*
 2. *Hipótesis, Leyes y Teorías*
 3. *Magnitudes y Medidas: Magnitudes (escalares y vectoriales) (fundamentales y derivadas), Patrones, Unidades de medida y Equivalencias. Sistema internacional de medidas. Aparatos de medida: exactitud, sensibilidad, precisión, fiabilidad. Incertidumbre en la medida. Errores en la medida.*
 4. *Expresión de datos numéricos: cifras significativas, medias, valores probables. Cálculo de errores.*
 5. *Lenguaje Científico: Símbolos, Fórmulas, Tablas, Gráficos, Curvas de nivel.*
-

1. EL MÉTODO CIENTÍFICO

Podemos considerar Ciencia a todo conjunto organizado de saberes o conocimientos. Sin embargo no es adecuado considerar una Ciencia sólo como un conjunto de conocimientos, puesto que olvidaríamos sus aspectos dinámicos y sus procesos de investigación. Los conocimientos científicos están continuamente desarrollándose, contrastándose y aumentando a partir de sus bases previas. Por lo tanto sería más adecuado definirla como un sistema de organización de un conjunto de conocimientos que utiliza una metodología específica.

Dentro de las Ciencias podemos hacer distinciones en cuanto el tipo de conocimientos a los que se dedican y también podemos clasificarlas en cuanto a su sistema de trabajo. Una posible clasificación sería:



Refiriéndonos a las ciencias que estudian la materia estaremos dentro del campo de Ciencias Empíricas, las cuales se caracterizan porque están basadas en la experimentación. Nos vamos a centrar principalmente en las nomológicas (Física, Química, etc). Estas Ciencias parten del estudio de un fenómeno mediante un método y como resultado de su conocimiento pueden predecir situaciones futuras y actuar modificando el fenómeno.

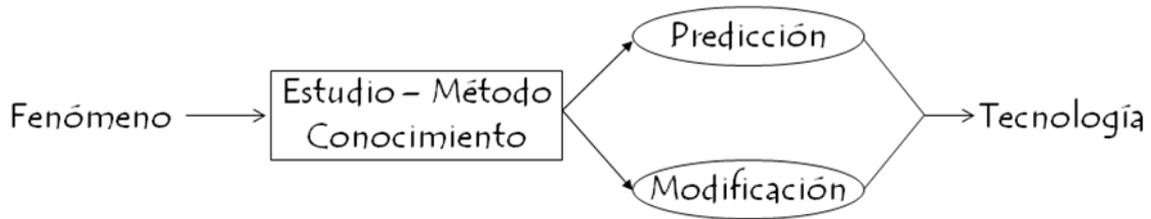


Figura 1. Esquema de aplicación de las Ciencias.

Como **método científico** se entiende los procedimientos que siguen los científicos para lograr aportaciones al conjunto de la Ciencia. No existe un único camino pero proponemos un esquema general como el que se muestra en la figura 2.

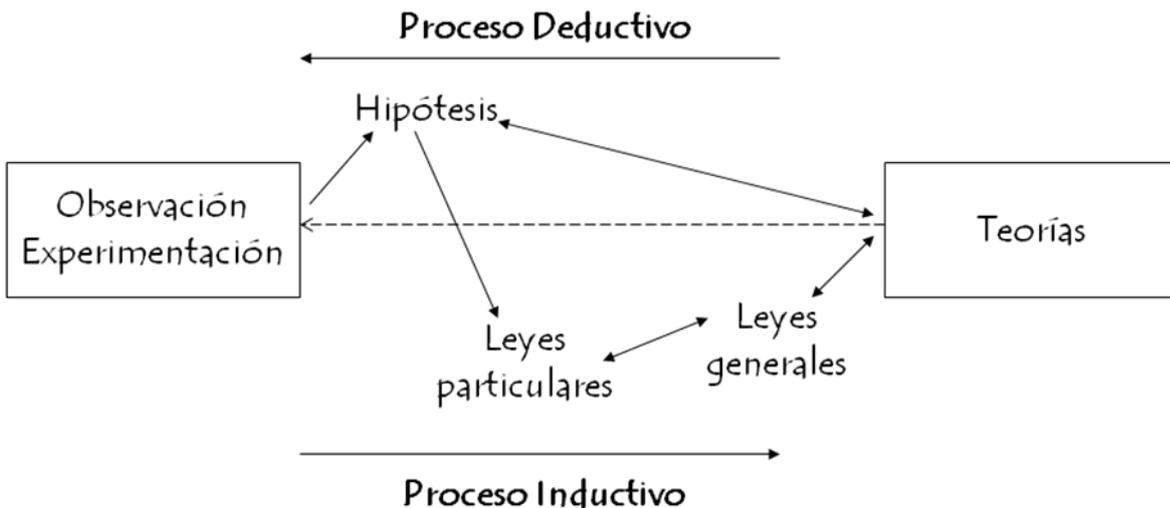


Figura 2. Esquema general del método científico.

Tal y como se observa en la figura 2, el camino que, pasando por todos los estados, discurre hacia la derecha es el **proceso inductivo**. El camino que parte de la Teoría hacia la izquierda es el **proceso deductivo**.

1.1. ¿Qué es el método científico?

Tenemos tres definiciones básicas que nos explican el concepto de lo que es el método científico:

- 1) El método científico es el conjunto de procedimientos lógicos que sigue la investigación para descubrir las relaciones internas y externas de los procesos de la realidad natural y social.
- 2) Llamamos método científico a la serie ordenada de procedimientos de que se hace uso en la investigación científica para obtener la extensión de nuestros conocimientos.
- 3) Se entiende por método científico el conjunto de procesos que el hombre debe emplear en la investigación y demostración de la verdad.

Por otra parte:

El método científico es racional porque se basa en la razón, es decir, en la lógica, lo cual significa que parte de conceptos, juicios y razonamientos y vuelve a ellos, por lo tanto no puede tener su origen en las apariencias producidas por las sensaciones, creencias o preferencias personales.

El método científico es analítico, porque descompone todo lo que trata en sus elementos, trata de entender la situación total en términos de sus componentes principales.

El método científico es claro y preciso porque los problemas se formulan de forma clara, y se detectan de forma precisa, y por tanto también las soluciones a los mismos deben ser precisas.

El método científico es verificable, es decir pasa por el examen de la experiencia, esto es, observacional y experimental.

El método científico es explicativo porque intenta explicar los hechos en términos de leyes, y las leyes en términos de principios, además de responder al como son las cosas, responde también a los porqués.

En resumen, el método científico busca alcanzar la verdad fáctica mediante la adaptación de las ideas a los hechos, para lo cual utiliza la observación y la experimentación.

2. HIPÓTESIS, LEYES Y TEORÍAS

El objetivo fundamental y más elevado de toda actividad investigadora es la construcción de teorías que interpreten el conjunto de observaciones y leyes detectadas experimentalmente. Definiremos los términos que estamos utilizando:

- **Observación.** Descripción mediante el lenguaje científico (medidas, condiciones de las variables, gráficas, etc.) de un fenómeno sin la intervención en él del científico, por ejemplo se utiliza asiduamente en ciencias como la astrofísica o la meteorología.
- **Experimentación.** Reproducción de un fenómeno en condiciones establecidas y controladas por el científico, por ejemplo, experiencias de laboratorio.
- **Hipótesis.** Noción que se adquiere sobre la realidad de un fenómeno. Esta noción deberá explicarse posteriormente dentro del ámbito de una teoría si seguimos el camino inductivo, o necesitará la comprobación de la experimentación si seguimos el camino deductivo, por ejemplo, hipótesis sobre el agujero de ozono, o la hipótesis de Avogadro.
- **Leyes.** Descripción mediante lenguaje matemático (ecuaciones) del comportamiento regular de un sistema, relacionando las variables que intervienen, por ejemplo, ley de Boyle-Mariotte, leyes de la gravedad, etc.
- **Teorías.** Interpretación mediante modelos analógicos y reglas, del comportamiento de un sistema lo más amplio posible. Explican los fenómenos, predicen situaciones y pueden indicar la forma de modificar un fenómeno, por ejemplo, teoría atómica, teoría cinético-molecular, teoría del big-bang.

3. MAGNITUDES Y MEDIDAS

Se define como **Magnitud** aquella característica de la materia susceptible de ser medida, por ejemplo, masa, volumen, color, etc. Hay magnitudes que pueden ser definidas por un número y su unidad, y se llaman **Magnitudes Escalares**, por ejemplo, masa, volumen; otras necesitan, además del número (módulo) y su unidad, indicar dirección y sentido que se expresa mediante un vector, y se llaman **Magnitudes Vectoriales**, por ejemplo, la velocidad o la fuerza.

Se utilizan también **Magnitudes Relativas**, las cuales son adimensionales puesto que se derivan de comparar magnitudes de la misma clase. Se definen con un número abstracto, es decir, sin unidades, por ejemplo, masa atómica (masa atómica referencia a la masa del carbono-12), densidad relativa (cociente entre la densidad de una sustancia y la de otra tomada como referencia), etc.

Existen magnitudes que se definen por sí mismas y se llaman **Magnitudes Fundamentales**, y otras que para definir las es preciso relacionar magnitudes fundamentales y se llaman **Magnitudes Derivadas** (véase anexos).

MEDIR es expresar con un número la relación que existe entre una magnitud dada y otra de la misma clase, convencionalmente adoptada como unidad. Esta unidad es un determinado valor de la magnitud considerada que se toma como patrón y que sirve para determinar cuando dos medidas son iguales, o son el doble, o el triple.

El valor de una magnitud que se utiliza como unidad, patrón o modelo está establecido por convenio internacional (IUPAC) aunque no todos los países lo utilizan¹ y la tradición subsiste en muchos lugares. El patrón debe cumplir determinadas características como son la constancia, inalterabilidad, universalidad y aplicabilidad. También están establecidos por convenio los múltiplos y submúltiplos de cada unidad y los símbolos que se deben utilizar para su escritura (véase anexos).

Para efectuar las mediciones directamente, se utilizan aparatos que tienen una respuesta física o química, ante la variación de una determinada magnitud (por ejemplo, dilatación del mercurio al variar la temperatura), o bien comparan directamente valores de la magnitud (por ejemplo, cinta métrica). Los aparatos de medida deben estar *calibrados* de acuerdo con el patrón establecido de la magnitud que mide. Calibrar un aparato de medida es ajustar su respuesta al valor considerado como patrón.

3.1. Cualidades de un aparato de medida

Las cualidades de un aparato de medida son:

- **Exactitud:** Un aparato es tanto más exacto cuanto menos se alejan del valor exacto, las medidas que proporciona. No comete errores sistemáticos.
- **Sensibilidad:** Unidad más pequeña que un aparato de medida puede detectar. Se le llama también grado de precisión.
- **Precisión o fiabilidad:** Un aparato es preciso cuando al realizar la misma medida varias veces da resultados iguales. No comete errores accidentales.

¹En España está ordenado en Ley de 8.11.67 y en R.D. de 25.4.74

Los resultados exactos son siempre precisos pero no a la inversa. Por ejemplo, podemos estar determinando la composición de una sustancia química y obtener resultados precisos pero no exactos porque la sustancia contiene una impureza no considerada.

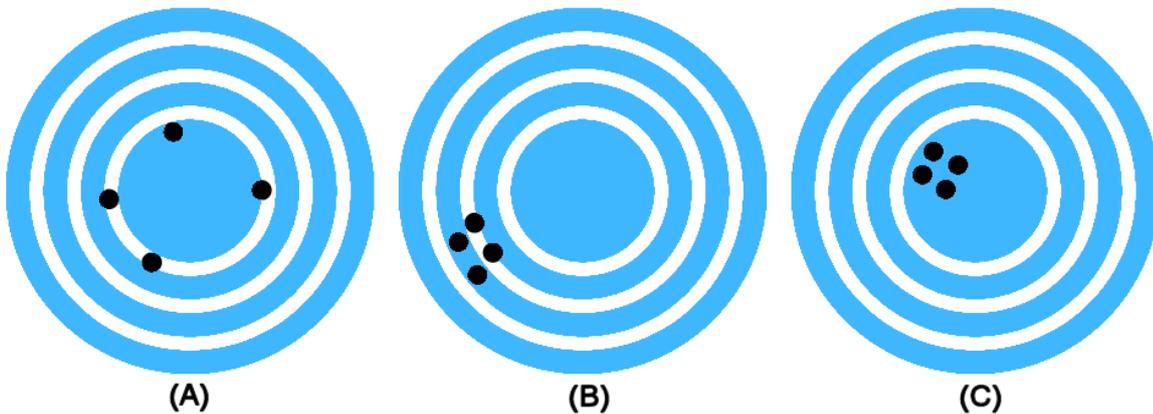


Figura 3. (A): Alta exactitud, baja precisión; (B): Baja exactitud, alta precisión, (C): Alta exactitud, alta precisión.

Los resultados de una medición ***nunca pueden ser exactos*** debido a los errores que inevitablemente se cometen. En general se define como error absoluto de una medida a la diferencia existente entre el valor exacto y el obtenido experimentalmente. Como habitualmente no se conoce el valor exacto, tampoco se puede conocer el error absoluto. El objetivo de la teoría de errores es la estimación mediante técnicas estadísticas, de la incertidumbre asociada a un resultado dado.

De todas maneras, el ***error absoluto*** no informa sobre la bondad de una medida, por ejemplo, no es lo mismo cometer un error de 1 cm en la medida de una habitación que en la medida de un libro. Por ello es más útil utilizar el error relativo si se desea conocer la importancia del error. El ***error relativo*** se define como el cociente entre el error absoluto cometido en la medición y el valor considerado exacto de la magnitud medida (para expresarlo en porcentaje se multiplica el cociente por cien). Es decir:

$$\text{Error absoluto} = \text{valor real} - \text{valor medición}$$

$$\text{Error relativo} = (\text{error absoluto}) / (\text{valor real})$$

3.2. Clasificación de errores.

Fundamentalmente y atendiendo a su origen se clasifican en dos grupos: Sistemáticos y Accidentales

a) **Errores Sistemáticos:** Son errores que se repiten constantemente en el transcurso de un experimento y afectan a los resultados finales siempre en el mismo sentido y pueden ser a causa de:

- Errores en la calibración de los aparatos de medida. Por ejemplo, cuando no se ha ajustado a cero la aguja de un aparato de medida analógico, por ejemplo, pesas de balanza defectuosas.
- Condiciones experimentales no adecuadas. Por ejemplo, cuando las condiciones de temperatura o presión no son las recomendadas para el experimento.
- Cuando se utilizan fórmulas numéricas y se aceptan más cifras significativas de las que se deben.
- La utilización en medidas indirectas de fórmulas que sólo se cumplen en un rango determinado.

Una medida es tanto más exacta cuanto menores son los errores sistemáticos.
Para evitar al máximo los errores en las medidas se deben cumplir unos requisitos:

- La calibración de aparatos mediante patrones estándar.
- Utilización de testigos: sustancias que contienen todos los componentes menos el que es objeto de estudio.

b) **Errores Accidentales:** No existe una causa concreta para que se cometan, no se pueden controlar y afectan por exceso o por defecto a la medida realizada. Estos errores son los que son objeto de estudios estadísticos. Pueden ser debidos a:

- Cambios durante el experimento de las condiciones ambientales.
- Indefinición de la magnitud a medir. Por ejemplo, la medida del diámetro de una esfera depende de donde se tome la medida pues la esfera nunca es perfecta.
- Variaciones internas de las condiciones del aparato (por ejemplo, pilas agotadas).
- Deficientes apreciaciones (visuales, auditivas, etc.) en los valores. Por ejemplo, en la lectura de un termómetro analógico.

Una medida es tanto más precisa cuanto menores son los errores accidentales.

3.3. Incertidumbre en la medida

Cuando se realiza la medida de una determinada magnitud que es característica del estado de un sistema (porción del universo seleccionada y delimitada para un estudio

determinado), inevitablemente tenemos que interaccionar con él ya sea tocándolo, iluminándolo o ejerciendo en él cualquier otra acción. Por ejemplo, para medir la temperatura de un líquido debemos introducir en él un termómetro que tomará energía del líquido hasta que las temperaturas se igualen pero ya no estará indicando la temperatura inicial del líquido. Normalmente la perturbación es pequeña y no se podría determinar la diferencia con la sensibilidad de los aparatos que normalmente se utilizan.

Para medir la velocidad de un coche podemos medir el tiempo que tarda en recorrer un espacio seleccionado pero para ello tenemos que verlo o tomar fotografías y puede hacerse porque está siendo iluminado con radiación electromagnética del rango de energía del visible (luz visible); aunque utilizásemos cualquier otra radiación más energética el coche no se vería afectado por ello y se comportaría igual, pero si lo que queremos determinar es la velocidad de un electrón no podemos iluminarlo con luz visible pues el rango de energía de la radiación es del mismo orden que la energía cinética del electrón y al recibir la luz cambiaría completamente, es como si hiciésemos chocar un camión con el coche para saber donde estaba en un determinado momento, ya no sabríamos el tiempo que hubiera tardado en recorrer el camino porque hemos roto el coche.

No hay agente medidor apropiado para el electrón que se está moviendo y sólo podemos apreciar su velocidad y su situación de forma aproximada, con una cierta indeterminación. La aceptación de esta realidad, de la indeterminación en medidas de partículas subatómicas es lo que constituye el Principio de Indeterminación o de Incertidumbre de Heisenberg (Universidad de Berlín, 1929).

El hecho de que haya indeterminación en las medidas no implica que no se pueda elaborar un conocimiento exacto, simplemente hay que conocer el ámbito en el que se da la información, por ejemplo, no se puede predecir la trayectoria y comportamiento de una partícula de gas pero sí se puede predecir el comportamiento de un número elevado de partículas pues su comportamiento macroscópico sigue unas determinadas leyes.

El Principio de Indeterminación introdujo en el lenguaje matemático utilizado para expresar las medidas y conocimientos científicos referidos a la materia, el concepto de probabilidad, destronando la filosofía de la relación causa-efecto que gobernaba los razonamientos científicos desde Aristóteles.

4. EXPRESIÓN DE DATOS NUMÉRICOS

Los valores de una magnitud deben expresarse con un valor numérico y el símbolo de la unidad correspondiente. Por ejemplo, $k = 0.0000005896 \text{ m} = 589.6 \text{ nm}$. Se acepta de forma general la utilización del sistema numérico decimal.

Los nombres y símbolos de las magnitudes y de las unidades deben estar claramente diferenciados (véase anexos). Los valores numéricos que contengan decimales deberán expresarse con una coma o un punto donde comiencen las cifras decimales. Para facilitar la lectura de grandes números, los dígitos podrán separarse mediante un espacio, en grupos de tres, sin utilizar ningún otro signo.

Ejemplo: 2 573.421 ó 2 573,421 ó 2573.421

Las medidas de las diferentes magnitudes que intervienen en una experiencia obtenidas de forma directa o a través de su relación mediante una fórmula matemática con otras magnitudes medidas directamente, nunca pueden ser exactas. Debido a la precisión limitada que todo aparato de medida tiene, así como a otros factores de distinta naturaleza ya comentados, debe aceptarse el hecho de que no es posible conocer el valor exacto de una magnitud, por tanto cualquier resultado numérico obtenido experimentalmente debe presentarse acompañado de un número que indique cuanto se estima que puede alejarse este resultado del valor exacto. Esta cantidad que se conoce como error en la medida, debe expresarse como

$$m (\pm e)$$

siendo **m** el valor obtenido de la magnitud y **e** el error absoluto. El doble signo indica que el error puede producirse por exceso o por defecto.

4.1. Presentación de los resultados numéricos

Cualquier valor experimental **m** de una magnitud debe expresarse con un determinado número de cifras, que viene limitado por el valor del error absoluto. El número de cifras que hay desde la primera cifra distinta de cero empezando por la izquierda hasta la primera cifra que venga afectada por el error absoluto, ambas inclusive, es el número de cifras significativas que debe tener el resultado. No se deben escribir cifras no significativas en un resultado.

El convenio de escribir sólo las cifras significativas nos hace tener información sobre su error absoluto y la sensibilidad del aparato de medida. Por ejemplo si nos dicen que la longitud de un determinado objeto es de 12,5 m (tres cifras significativas) nos están indicando que el aparato de medida detecta hasta los decímetros y si nos dicen que mide 12,50 m (cuatro cifras significativas) el aparato mide hasta los centímetros. Los ceros a la derecha de un número pueden ser cifras significativas pero nunca si están a la izquierda ya que en este caso sólo se utilizan para situar la coma decimal. Los ceros pueden evitarse utilizando potencias de diez o bien puede utilizarse una unidad más apropiada. Por ejemplo, en vez de escribir 0,003 kg puede escribirse $3 \cdot 10^{-3}$ kg ó 3 g (en todas las expresiones hay una cifra significativa).

Expresar un resultado utilizando una u otra unidad no cambia su número de cifras significativas ni la información que proporciona el dato obtenido, así por ejemplo decir que una masa es de 125,5 g es lo mismo que decir que es de 0,1255 Kg, el número de cifras significativas es cuatro en los dos casos.

Cuando es necesario realizar operaciones matemáticas con los datos numéricos, el resultado final no debe tener más cifras significativas que el dato con menor número de ellas. Ejemplos:

$$2,25 \text{ m} \times 3,2 \text{ m} \times 1,001 \text{ m} = 7,2072 \text{ m}^3 \quad \text{INCORRECTO}$$

$$= 7,2 \text{ m}^3 \quad \text{CORRECTO}$$

$$2 \times 3 = 6 \quad \text{CORRECTO}$$

$$= 6,0 \quad \text{INCORRECTO}$$

$$(5,25 + 6,75)/2 = 6 \quad \text{INCORRECTO}$$

$$= 6,00 \quad \text{CORRECTO}$$

Hay que quedarse sólo con las cifras significativas. Para ello se utiliza el **redondeo**: si la cifra que debemos eliminar a la derecha es mayor que cinco, a la cifra anterior se le aumenta una unidad y si es menor se elimina sin modificar la cifra a la izquierda.

En principio una medida debe repetirse varias veces y, a no ser que no se observen fluctuaciones en los valores, los diferentes resultados obtenidos pueden ser válidos ya que debemos admitir que es muy probable que se cometan errores y no sabemos el valor cierto. Para poder acercarnos al resultado exacto utilizamos criterios estadísticos teniendo como principio el que el valor exacto de una magnitud es inaccesible y la medición es un proceso aleatorio al que se aplican teorías de probabilidad para conseguir expresar la medida de la forma más correcta e informativa. Por ejemplo, expresar una medida como la media aritmética de todas las realizadas es más correcto que dar una de ellas pues viene afectada de un error menor que cualesquiera de los resultados individuales:

Tomadas N medidas de una magnitud, con los m_i valores obtenidos ($i= 1, \dots, n$), se define:

Moda: es el valor más frecuente, es decir el valor que más se repite.

Valores probables: Cuando un proceso es aleatorio (errores accidentales), los valores medidos presentan lo que se llama una distribución normal de probabilidad o distribución gaussiana (campana de Gauss). Si se representa en abscisas cada uno de los valores obtenidos y en ordenadas el número de veces que se ha obtenido, aparecerá una curva con forma de campana si el número de observaciones es elevado y la

distribución de errores cometidos es aleatoria, pues lógicamente los errores pequeños son más probables que los errores grandes y el valor más probable, que será el correspondiente al pico de la curva, será el más cercano al exacto o verdadero. La medición realizada será tanto más correcta cuando más alta, estrecha y simétrica salga la curva. Para determinar el valor más probable a partir de la curva deberíamos realizar infinitas tomas de valores pero ya que eso es imposible, la estadística define unos parámetros que se utilizan para la comunicación eficaz de los resultados de las experiencias. A continuación, vamos a analizar algunos de estos parámetros.

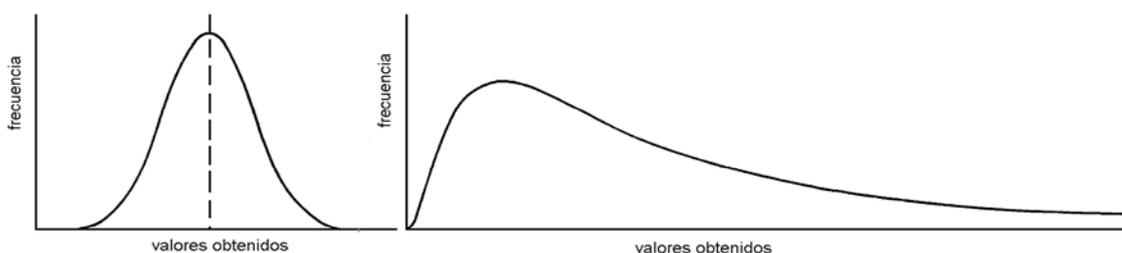


Figura 4. Representación gaussiana y cuasi gaussiana de un conjunto de medidas.

Media aritmética: Suma de los valores individuales dividido por el número de tomas de valor realizadas (x_m), es decir

$$x_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=n} x_i \quad (1)$$

Media ponderada: Suma de los productos de los valores individuales por el número de veces que se han presentado, dividido por el número de tomas de valores realizadas. Matemáticamente se expresa

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i w_i}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{i=n} w_i = N. \quad (2)$$

donde w_i es el número de veces que se ha presentado cada medida x_i .

El resultado de una medición deberá expresarse como el valor medio obtenido más o menos el error cometido.

4.2. Cálculo del Error

En el caso de que esté justificado una sola medición, el valor se expresará con el error absoluto $m (\pm e)$ siendo e en aparatos analógicos la mitad de la sensibilidad del aparato $m (\pm S/2)$ y en aparatos digitales la propia sensibilidad del aparato $m (\pm S)$, por ejemplo, la medida en un termómetro clínico de mercurio: $36,7 (\pm 0,05)$.

Si se realizan varias medidas de una magnitud, como es más habitual, la caracterización de los errores accidentales se realiza con ayuda de la estadística. Así, definimos los siguientes parámetros estadísticos para analizar la bondad de las medidas:

Desviación de una medida: la diferencia entre la media aritmética y el valor de esa medida en concreto: $x_m - x_i$.

Desviación media o promedio de la desviación (M.D.): la media de las desviaciones de las medidas en valor absoluto.

$$M.D. = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} |x_i - x_m| \quad (3)$$

Error cuadrático medio o desviación típica, también llamada estándar (s): raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones de las medidas dividido por el número de medida menos uno.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_m)^2}{n-1}} \quad (4)$$

Por convenio el error debe expresarse con una sola cifra significativa y puede ser necesario recurrir al redondeo. Podrá expresarse con dos cifras en el caso de que la primera cifra sea uno, o en el caso de que sea un dos, debe cumplir que la segunda no llegue a cinco. Ejemplos:

$$5.619 (\pm 0.126) \rightarrow 5.62 (\pm 0.13)$$

$$345.233 (\pm 0.18) \rightarrow 345.23 (\pm 0.18)$$

$$2.02 (\pm 0.0261) \rightarrow 2.02 (\pm 0.03)$$

Como consecuencia de todo esto, para expresar el resultado de una medición con un número elevado de tomas de valores, es frecuente expresarlo como el valor de la media más/menos la desviación típica:

$$x_m (\pm s)$$

También es frecuente y más sencillo expresarlo como la media más/menos la media de las desviaciones, aunque está más alejado del valor exacto.

$$x_m (\pm M.D.)$$

5. LENGUAJE CIENTÍFICO

Cada Ciencia utiliza una terminología y una simbología propias en la comunicación verbal y en la comunicación en lenguaje matemático o gráfico. Los términos se definen a partir de la tradición científica y están recogidos en castellano, en el Diccionario de la Real Academia de las Ciencias y las Matemáticas y en las publicaciones de la IUPAC en el caso de las unidades (véase anexos). Un ejemplo de simbología científica es la tabla periódica de los elementos químicos en la que letras y números tienen significados concretos.

Los símbolos que se utilizan para simplificar la escritura de magnitudes, términos, unidades y los signos matemáticos están también establecidos por convenio por la IUPAC. Por ejemplo, está establecido que:

- Los símbolos de las unidades se expresarán en caracteres romanos (rectos), en general minúsculas; no obstante, si los símbolos se derivan de nombres propios, se utilizará Mayúsculas para la primera letra. Ejemplos: kg (kilogramo), segundo (s), amperio (A, pues procede de Ampere), kelvin (K, procede de Kelvin), o pascal (Pa, de Pascal).
- Los símbolos de las unidades permanecerán invariables en plural
- El producto de unidades se expresará con un punto y la división con una barra inclinada, una barra horizontal o potencias negativas.

También están definidos los múltiplos y submúltiplos que se deben utilizar y la forma de escribirlos. Así:

- Se han adoptado prefijos para formar múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del Sistema Internacional.
- Los símbolos de los prefijos se expresarán en caracteres romanos sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad.

En el lenguaje Científico se utilizan también fórmulas matemáticas y fórmulas y ecuaciones químicas con símbolos específicos, por ejemplo:

a.- Matemáticas: $PV = nRT$.

b.- Químicas: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaO}$.

Las **representaciones gráficas** son una herramienta imprescindible para las ciencias experimentales. De la representación gráfica de los valores de una magnitud frente a los valores de otra puede extraerse información más comprensible y clara. Las normas generales para las representaciones gráficas son las siguientes:

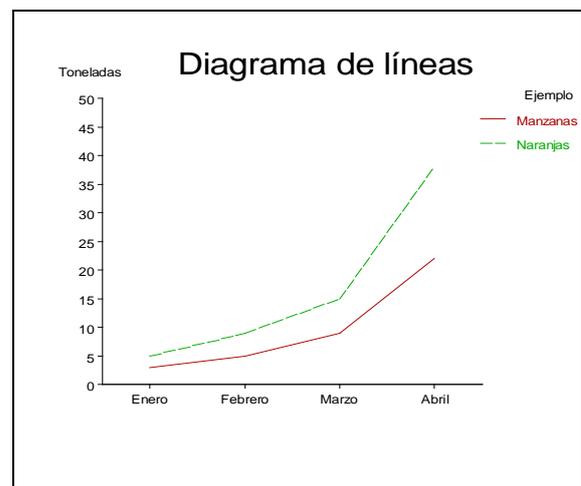
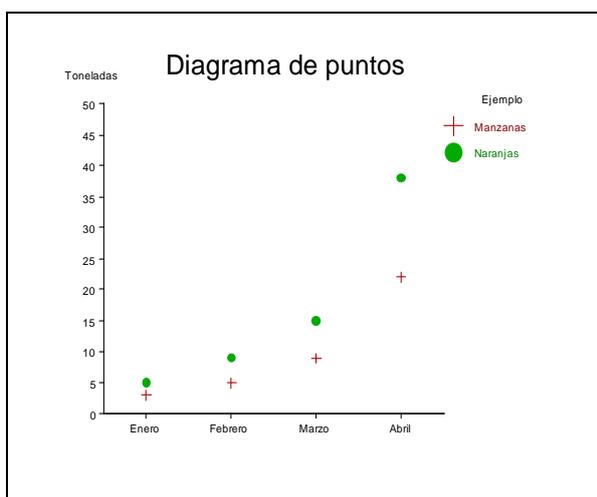
- Los rangos de valores considerados en cada uno de los ejes deben ser tales que la curva representada ocupe gran parte de la gráfica y no aparezca acumulada en una parte.
- Deben especificarse en cada uno de los ejes cuales son las magnitudes representadas y las unidades en las que se expresan.

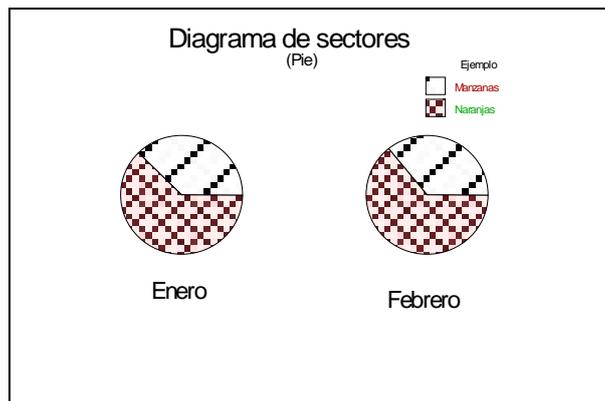
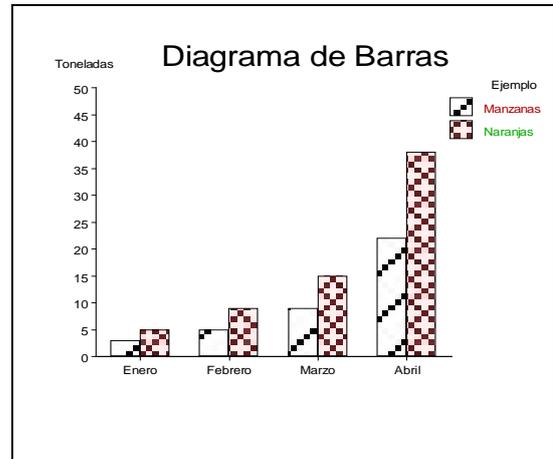
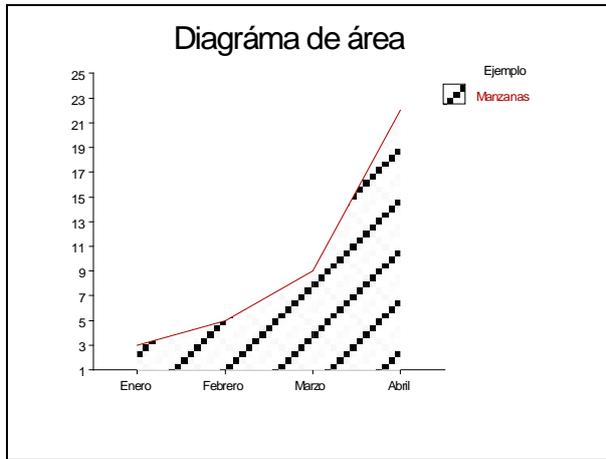
Los tipos de gráficos más comunes se detallan en el siguiente ejemplo:

Ejemplo: Suponiendo la tabla de datos siguiente:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Manzanas	3	5	9	22
Naranjas	5	9	15	38

Los gráficos más usuales son:





6. ANEXOS

ANEXO I: Unidades del Sistema Internacional básicas o fundamentales

Magnitud	Nombre	Símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	Kg
tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica.	amperio	A
temperatura termodinámica (*)	kelvin	K
cantidad de sustancia	mol	mol
intensidad luminosa	candela	cd

(*) La temperatura Celsius se expresa en grados Celsius (Símbolo °C).

ANEXO II: Ejemplos de unidades del sistema internacional derivadas expresadas a partir de las unidades básicas

Magnitud	Nombre	Símbolo
superficie	metro cuadrado	m ²
volumen	metro cúbico	m ³
velocidad	metro por segundo	m/s
aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s ²
números de onda	1 onda por metro	1/m
masa volúmica (densidad)	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
densidad de corriente	amperio por metro cuadrado	A/m ²
campo magnético (intensidad)	amperio por metro	A/m
concentración (de cantidad de sustancia)	mol por metro cúbico	mol/m ³
actividad (radiactiva)	1 desintegración por segundo	1/s
volumen másico (volumen específico)	metro cúbico por kilogramo	m ³ /kg
luminancia	candela por metro cuadrado	cd/m ²
viscosidad dinámica	Pascal-segundo	Pa.s
momento de una fuerza	Newton-metro	N.m
tensión superficial	Newton por metro	N/m
densidad de flujo térmico y luminancia energética	Vatio por metro cuadrado	W/m ²
entropía, (capacidad térmica)	Julio por Kelvin	J/K
calor másico (entropía másica)	Julio por Kilogramo Kelvin	J/(kg.K)
energía másica	Julio por kilogramo	J/kg
conductividad térmica	Julio por metro cúbico	J/m ³

energía volúmica	Julio por metro cúbico	J/m^3
campo eléctrico (intensidad)	Voltio por metro	V/m
carga (eléctrica) volúmica	Culombio por metro cúbico	C/m^3
desplazamiento eléctrico	Culombio por metro cuadrado	C/m^2
permitividad	Faradio por metro	F/m
permeabilidad	Henrio por metro	H/m
energía molar	Julio por mol	J/mol
entropía molar, calor molar	Julio por mol kelvin	$J/(mol.K)$

ANEXO III: Unidades SI derivadas que tienen nombre especiales

Magnitud	Nombre	Símbolo	Expresión en otras unidades SI	Expresión en unidades SI básicas
frecuencia	hertz	Hz		s^{-1}
fuerza	newton	N		$m.kg.s^{-2}$
presión (tensión mecánica)	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
energía, trabajo, cantidad de calor	julio	J	$N.m$	$m^2.kg.s^{-2}$
potencia, flujo energético	vatio	W	J/s	$m^2.kg.s^{-3}$
cantidad de electricidad, carga eléctrica	culombio	C		$s.A$
potencial eléctrico, tensión eléctrica, fuerza electromotriz	voltio	V	W/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
capacidad eléctrica	faradio	F	C/V	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
resistencia eléctrica	ohmio	Ω	V/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
conductancia	siemens	S	A/V	$m^{-2}.kg^{-1}.A^2$
flujo de inducción magnética	weber	Wb	$V.s$	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
inducción magnética	tesla	T	Wb/m^2	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
inductancia	henrio	H	Wb/A	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
flujo luminoso	lumen	lm		$cd.sr$ (*)
iluminancia	lux	lx	lm/m^2	$m^{-2}.cd.sr$ (*)

(*) En estas dos expresiones, el estereorradián (sr) está considerado como unidad básica.

ANEXO IV: Prefijos en el Sistema Internacional

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	K	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	H	10^{-21}	zepto	z
10^1	deca	da	10^{-24}	yocto	y

Los prefijos deben ser escritos en tipo de letra roman sin espacio entre el prefijo y el símbolo de la unidad. Por ejemplo: km = kilómetro

7. BIBLIOGRAFÍA

- Asimov, I. *Introducción a la Ciencia*. Plaza y Janes
- Ian Mills & al. *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*. IUPAC.
- Catalá J. *Física*. Cometa. Zaragoza
- Schaum. *Estadística*. Murray & Spiegel