



Región de Murcia

**AGROALIMENTARIA**

**35**

**FORMACIÓN**

# ANÁLISIS DE ALIMENTOS

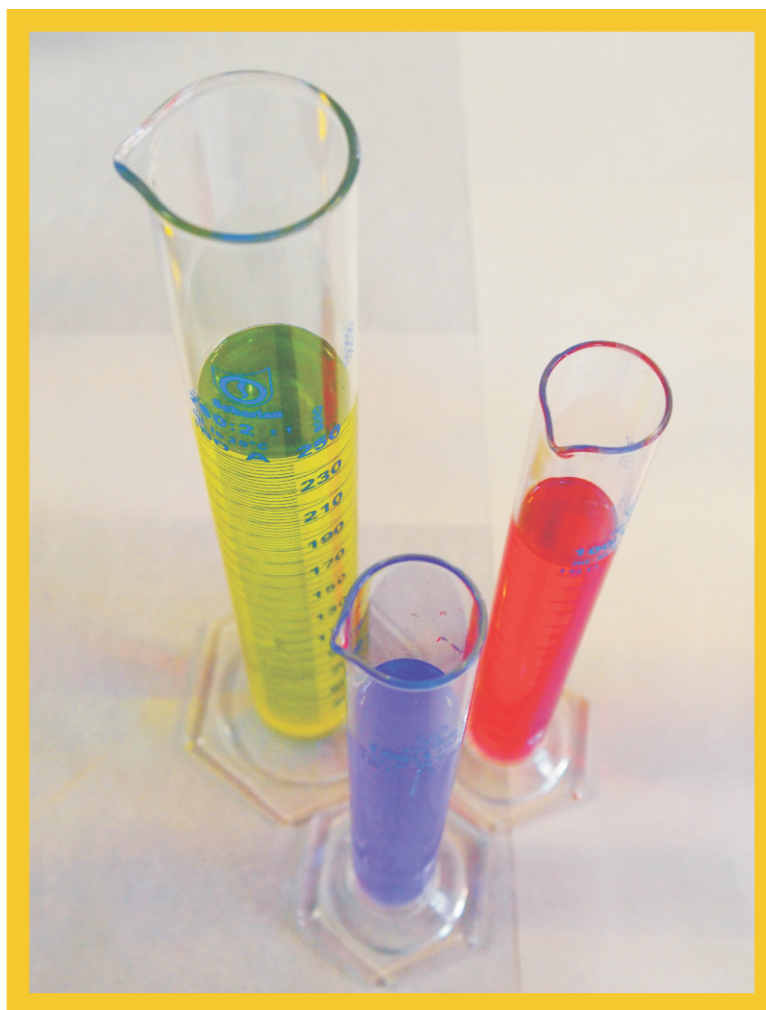
**Fundamentos**



**Ciclo Formativo de  
“Procesos y Calidad en la Industria Alimentaria”**



# ANÁLISIS DE ALIMENTOS



**Primera parte: Fundamentos**

**Inmaculada Muñoz Juan**

**Ciclo Formativo de  
“Procesos y Calidad en la Industria Alimentaria”**

**CENTRO INTEGRADO DE FORMACIÓN Y  
EXPERIENCIAS AGRARIAS**

**Molina de Segura**

**Edita:** Comunidad Autónoma de la Región de Murcia  
Consejería de Agricultura y Agua  
© Copyright / Derechos reservados

**Coordina y distribuye:** Dirección General de Industria Agroalimentaria y Capacitación Agraria  
Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica  
Plaza Juan XXIII, s/n. - 30008 Murcia

**Elaboración:** Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica

**Depósito Legal:** MU-905-2013

**ISBN - 10** 84-695-8713-7

**ISBN - 13** 978-84-695-8713-3

Se autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente.

La responsabilidad del contenido expresado en la presente publicación, incumbe, exclusivamente, a sus autores.

# INDICE

## Primera parte: Fundamentos

1. El laboratorio de análisis de alimentos.....	7
2. Material, instrumental y reactivos de laboratorio.....	12
3. La seguridad en el laboratorio.....	27
4. Conceptos básicos en química.....	47
5. Operaciones básicas en el laboratorio.....	61
6. Muestreo y preparación de la muestra.....	71
7. Métodos de análisis.....	81
8. Métodos electroquímicos de análisis.....	84
9. Métodos refractométricos.....	94
10. Métodos cromatográficos.....	98
11. Métodos ópticos.....	107
12. Calidad en el laboratorio.....	118
Bibliografía .....	123



# 1. El laboratorio de análisis de alimentos

1. OBJETIVOS Y FUNCIONES DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS
2. RECURSOS MATERIALES DEL LABORATORIO. ORGANIZACIÓN Y CONTROL
  - 2.1. Principales áreas en el laboratorio de análisis de alimentos
  - 2.2. Condiciones ambientales
  - 2.3. Equipamientos
  - 2.4. Servicios auxiliares
  - 2.5. Dispositivos de seguridad
  - 2.6. Equipos de análisis
3. RECURSOS HUMANOS DEL LABORATORIO. ORGANIZACIÓN Y CONTROL
4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO

## 1. OBJETIVOS Y FUNCIONES DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

El laboratorio de control de los alimentos puede desempeñar diversas funciones: análisis de los alimentos para determinar componentes, oligometales, aditivos, nutrientes y sustancias tóxicas, y microbiología básica de los alimentos.

El objetivo general del laboratorio: producir datos analíticos de exactitud y fiabilidad suficientes en un plazo y con un costo aceptables.

## 2. RECURSOS MATERIALES DEL LABORATORIO. ORGANIZACIÓN Y CONTROL

### 2.1. Principales áreas en el laboratorio de análisis de alimentos

El espacio físico del laboratorio debe permitir un desarrollo adecuado de las actividades a realizar en el mismo. En cualquier laboratorio, debe existir espacio suficiente para que la realización de todas las operaciones relacionadas con los análisis se lleven a cabo en unas condiciones óptimas de confort y seguridad. También es muy importante que el diseño de las dependencias del laboratorio sea tal que se minimice el riesgo de contaminación de muestras, personas o ambiente.

De forma muy esquemática, las principales áreas en un laboratorio de análisis de alimentos son:

- **Zona de recepción de muestras**
- **Almacén de muestras pendientes**, equipado de armarios, frigoríficos y congeladores.
- **Almacén de productos químicos**. Se han de tener en cuenta las características de peligrosidad de los reactivos, almacenando juntos aquellos productos que sean

- compatibles entre sí, separando los incompatibles y confinando en armarios especiales a los productos con características especiales de peligrosidad (inflamables, corrosivos, etc).
- **Almacén de materiales.** Los materiales deben almacenarse en armarios donde estén protegidos del polvo exterior.
  - **Almacén de muestras analizadas,** equipado de armarios, frigoríficos y congeladores.
  - **Almacén de residuos,** separados atendiendo a criterios de peligrosidad.
  - **Área de lavado, preparación y esterilización de materiales.** Provista de pilas de lavado y/o lavavajillas, autoclaves, hornos, etc. Así como estufas de esterilización y secado.
  - **Área analítica.** Dividida en distintas secciones según el tipo de análisis que haga el laboratorio (físico-químicos, instrumentales, microbiológicos, sensoriales, etc). Cada uno de los laboratorios a su vez se divide en zonas adaptadas a las diferentes actividades que se llevan a cabo en ellos.
  - **Secretaría,** donde se realizan las tareas administrativas
  - **Archivo de documentos**
  - **Despachos**
  - **Vestuarios y servicios del personal**

## 2.2. Condiciones ambientales

Tanto las paredes como techos y suelos deben ser de materiales de fácil limpieza, en colores que permitan ver fácilmente la suciedad o contaminación. Los suelos además deben ser resistentes a golpes y antideslizantes.

Debe llevarse un control de las condiciones ambientales de trabajo para garantizar que este se desarrolla en condiciones de seguridad.

- **Ventilación:** mediante ventanas, puertas y ventilación forzada para evitar la acumulación de gases, partículas o microorganismos peligrosos.
- **Temperatura y humedad:** lo ideal es que la temperatura oscile entre 18-20°C, y la humedad sea del 35-55%.
- **Iluminación:** ha de ser adecuada en intensidad a las tareas de cada departamento. También debe ser uniforme, evitando sombras, contraluces o reflexiones indeseadas sobre las zonas de trabajo
- **Presión:** es necesario su control en determinados laboratorios. En general, en laboratorios químicos es conveniente trabajar a presión ligeramente superior a la del exterior para evitar la entrada de contaminación procedente del exterior. Por el contrario, en laboratorios microbiológicos se trabaja a una presión ligeramente inferior a la externa al laboratorio para evitar la salida de patógenos fuera del laboratorio.

## 2.3. Equipamientos

- **Mesas de trabajo:** deben ser resistentes y de fácil limpieza, no atacables por la mayoría de reactivos. Las mesas deben ser suficientemente anchas para trabajar de forma cómoda. Los pasillos de separación entre mesas deben ser suficientemente anchos (1,20-1,50m) para que el personal pueda circular sin obstaculizarse. En las mesas debe haber tomas de electricidad, y puede haber tomas de agua, gas y vacío. También pueden tener estantes para tener cerca los reactivos de uso inmediato.
- **Vitrinas de gases:** se trabaja en ellas cuando se realizan operaciones en las que se desprenden gases o humos para evitar que estos contaminantes se dispersen por el laboratorio. También protegen a los trabajadores de proyecciones o salpicaduras y



reacciones violentas. Constan de los siguientes elementos:

- Superficie de trabajo.
- Sistema extractor.
- Mampara
- **Armarios, vitrinas de reactivos y materiales**
- **Fregaderos, lavamanos**

## 2.4. Servicios auxiliares

- **Gas:** mediante tubos de cobre. Existe un interruptor general de laboratorio y otro en cada mesa de trabajo. Las botellas de gas central se instalan en el exterior.
- **Agua:** mediante tuberías de hierro o PVC. Los grifos permiten instalar trompas de agua para vacío o gomas de refrigerantes
- **Electricidad:** Existe un cuadro general a la entrada del laboratorio con distintos diferenciales o magnetotérmicos para, iluminación, enchufes, aparatos específicos.
- **Vacío, presión:** el vacío se consigue mediante trompas de agua o bombas eléctricas. La presión se consigue mediante el uso de compresores

## 2.5. Dispositivos de seguridad

Todos los dispositivos de seguridad del laboratorio deben estar señalizados para que en caso de accidente o incidente sean fácilmente localizables. En la unidad dedicada a la seguridad en el laboratorio se estudiará la señalización.

- Al menos una segunda puerta de salida
- Ducha lavaojos
- Ducha de seguridad.
- Avisador de incendios
- Manta ignífuga
- Extintores
- Botiquín de primeros auxilios.

## 2.6. Equipos de análisis

En cualquier laboratorio de análisis de alimentos se pueden encontrar los siguientes tipos de equipo:

- Equipos de preparación. En nuestro laboratorio contamos con:
  - molinos de trituración
  - agitadores
  - baños termostáticos
  - estufas
  - hornos
  - centrífugas
  - homogeneizadores
  - destiladores
  - placas y mantas calefactoras
  - refrigeradores
  - congeladores
  - purificadores de agua, etc.
- Equipos de medida. Por ejemplo:
  - balanzas

- pH-metros
- espectrofotómetros
- cromatógrafos
- polarímetros
- Otros. Por ejemplo, microscopios

Todos los equipos requieren un mantenimiento, y en el caso de los equipos de medida, además, una calibración periódica.

Cada equipo debe tener una ficha donde se registren al menos:

- Marca, modelo
- Fecha de alta en el laboratorio
- Instrucciones de uso
- Operaciones de mantenimiento o de calibración, fecha y persona encargada.
- Incidencias (averías, reparaciones). fecha y medidas adoptadas.

### 3. RECURSOS HUMANOS DEL LABORATORIO. ORGANIZACIÓN Y CONTROL

Todo el personal que trabaja en el laboratorio debe tener unas funciones claras para las que estén debidamente formados. La organización del laboratorio es responsable de la formación continuada del personal que trabaja en el.

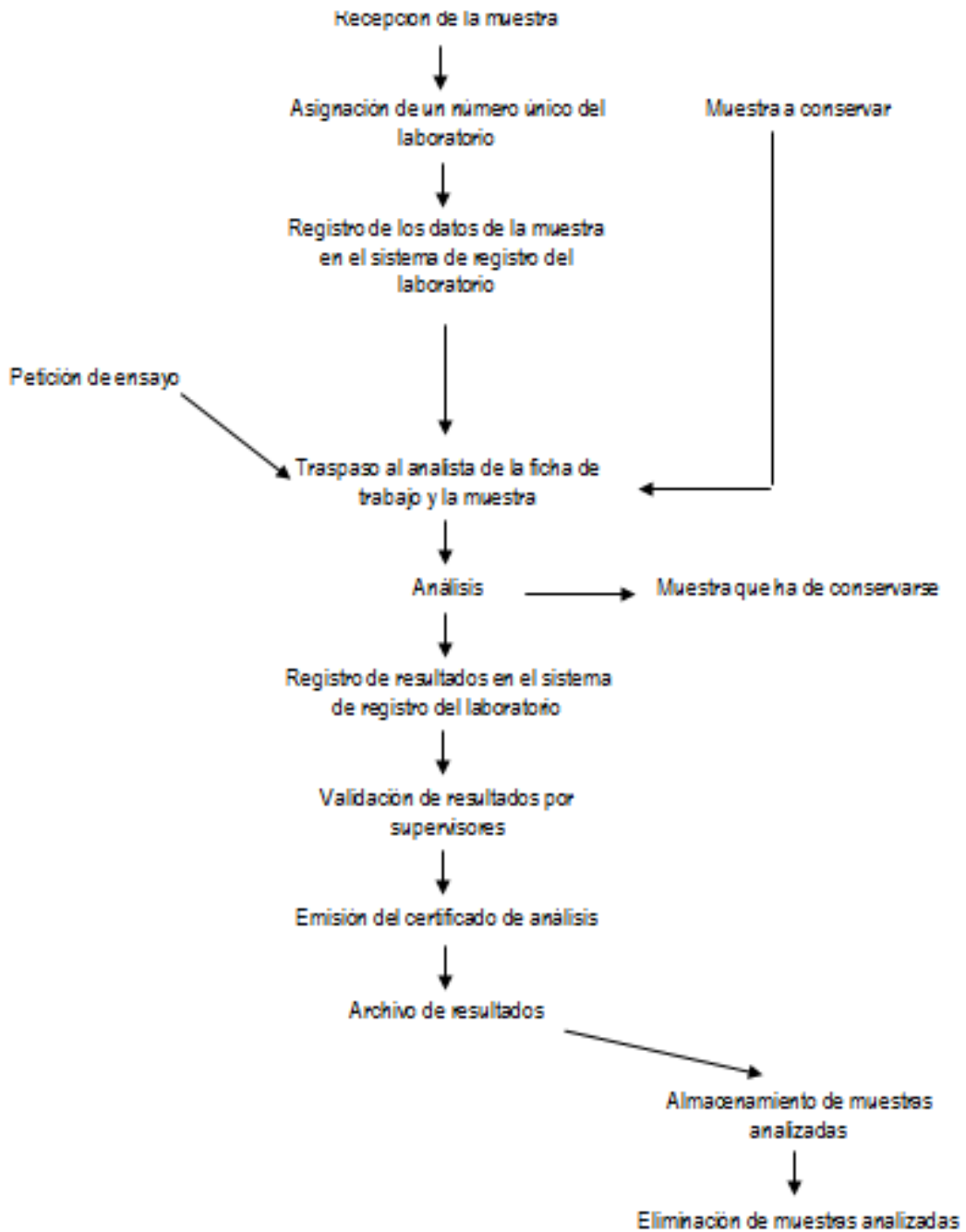
Los puestos en un laboratorio pueden ser los que aparecen a continuación, aunque pueden variar dependiendo de la complejidad de las actividades que se desarrollen en el laboratorio.

- Director técnico: el máximo responsable de la gestión del laboratorio en su totalidad. La formación exigible es la de Licenciado, Grado o Doctor en estudios relacionados con la actividad del laboratorio.
- Responsable de área: en el caso de laboratorios con varias secciones (análisis físico-químico, instrumental, microbiológico, etc). La titulación exigible es la de Licenciado, Grado o Doctor en estudios relacionados con la actividad del laboratorio.
- Personal técnico: es el personal encargado de la realización de los análisis. La titulación mínima es la de Técnico Superior de Ciclos Formativos relacionados con la actividad del laboratorio
- Personal auxiliar de laboratorio, encargados de apoyar al personal técnico. La titulación mínima es la de Técnico de Ciclos Formativos relacionados con la actividad del laboratorio
- Personal administrativo
- Personal auxiliar administrativo
- El control del personal debe incluir las siguientes variables:
  - Currículum, que debe estar actualizado
  - Datos de absentismo, puntualidad, etc
  - Puestos desempeñados, rotaciones, etc

### 4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO

El siguiente diagrama resume el flujo de tareas en el laboratorio. El trabajo debe

organizarse de forma que estas tareas sean realizadas por personal cualificado y en condiciones apropiadas de higiene.



## 2. MATERIAL, INSTRUMENTAL Y REACTIVOS DE LABORATORIO

1. TIPOS DE MATERIAL DE LABORATORIO
2. CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL DE LABORATORIO EN FUNCIÓN DE SU USO
3. REACTIVOS. TIPOS
4. LIMPIEZA, DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LABORATORIO

### 1. TIPOS DE MATERIAL DE LABORATORIO

En el laboratorio se desarrollan actividades que implican la necesidad de usar instrumental muy variado. Dependiendo de la actividad a realizar se utiliza instrumental de vidrio, porcelana, metales, madera, plástico, etc., pues tanto las características físicas del material y su precio son también muy diferentes. Por tanto, para que los resultados sean fiables es muy importante elegir el instrumental apropiado.

#### Material de vidrio

Es el más utilizado en el laboratorio por su resistencia a los productos químicos (aunque es atacado por disoluciones de álcalis y por el ácido fluorhídrico), buena resistencia a la temperatura, facilidad de limpieza y transparencia.

- Vidrio **sodocálcico**: en su fabricación se emplean sales sódicas y cálcicas. No resiste los calentamientos ni los cambios de temperatura. Se emplea para fabricar botellas y frascos, pero también material volumétrico como las pipetas.
- Los materiales que deben soportar cambios de temperatura se fabrican con **vidrio borosilicatado**, que se caracteriza por su resistencia al calor y a los cambios de temperatura. Este tipo de vidrio resiste temperaturas hasta 250°C, aunque no conviene exponerlos a la llama directa.
- Cuando hay que trabajar a temperaturas más elevadas, se debe utilizar material de **cuarzo vitrificado** (también llamado sílice fundida), que resisten temperaturas superiores a 1200 °C. El cuarzo vitrificado es atacado por los álcalis y por el ácido fluorhídrico.

#### Material metálico

- **Acero inoxidable**: es muy empleado por su buena resistencia. Se emplea en instrumentos como agitadores de varilla, aros, abrazaderas, espátulas, tijeras, pinzas, etc. Aguanta temperaturas hasta 500°C y es bastante resistente a ácidos como el nítrico y a los álcalis.
- **Hierro y níquel**: son los metales más empleados en soportes, nueces, aros, clips y pinzas, espátulas, trípodes, rejillas, gradillas, etc. El hierro y el níquel son atacados por ácidos como el clorhídrico o nítrico y por álcalis.
- **Platino**: se emplea en aquellos casos en que así se requiera debido a sus propiedades de elevada dureza, excelente conductividad térmica y elevado punto de fusión, así como por su resistencia a los álcalis y al ácido fluorhídrico. Por ejemplo, en crisoles y cápsulas.

#### Material de porcelana

La porcelana resiste temperaturas de hasta 1000-1300°C, y tolera bastante bien los

cambios térmicos, aunque no se les debe someter a cambios bruscos, que pueden producir su rotura. También muestra una buena resistencia química, pues es resistente a disoluciones de ácidos y álcalis, aunque puede ser atacada por el ácido fluorhídrico.

Por todas estas propiedades es muy empleada en instrumentos que has de someterse a cambios de temperatura o a calcinación tales como crisoles y cápsulas. También se emplea mucho en instrumentos de filtración como embudos Büchner y crisoles filtrantes, navecillas, espátulas y morteros.

### Material de madera

Son algunas pinzas y gradillas, aunque cada vez se usa menos este material en el laboratorio porque es poco higiénico y muy atacable por los reactivos.

### Material de caucho, silicona y plástico

- **Caucho y silicona:** se emplean sobre todo en tapones y tubos.
- **Plástico:** los polímeros de tipo plástico se están usando cada vez más en el material de laboratorio en vasos, probetas, botellas, viales, jeringuillas, pipetas, placas de Petri, frascos lavadores, bidones, etc. La resistencia del plástico es muy variable y depende del tipo de material.

En la tabla adjunta se indican algunas de las principales características de los plásticos más habituales en el laboratorio.

<b>ECTFE:</b>	Copolímero de etilenclorotrifluoroetileno
<b>ETFE:</b>	Tefzel ETFE (Etileno-Tetrafluoro-Etileno)
<b>FEP:</b>	PTFE-FEP (propileno de etileno fluorado)
<b>HDPE:</b>	Polietileno de alta densidad
<b>LDPE:</b>	Polietileno de baja densidad
<b>PC:</b>	Policarbonato
<b>PETG:</b>	Copoléster de Tereftalato de polietileno
<b>PFA:</b>	PTFE-PFA (Perfluoroalcohóxilo)
<b>PMMA:</b>	Plexiglas / metacrilato
<b>PMP:</b>	Polimetilpenteno
<b>PMX:</b>	Permanox
<b>PP:</b>	Polipropileno
<b>PPCO:</b>	Copolímero de polipropileno
<b>PS:</b>	Poliestireno
<b>PSF:</b>	Polisulfona
<b>PVC:</b>	Cloruro de polivinilo
<b>PVDF:</b>	Fluoruro de polivinilideno
<b>TFE:</b>	PTFE-TFE (Tetrafluoroetileno)
<b>TMX:</b>	Thermanox

Material	Temperatura máxima de uso (°C)	Temperatura de fragilidad (°C)	Transparencia	Esterilización autoclave 121 °C	Flexibilidad
ECTFE	150	-105	Translúcido	Si	Rígido
ETFE	150	-105	Translúcido	Si	Rígido
FEP	205	-270	Translúcido	si	Excelente
HDPE	120	-100	Translúcido	No	Rígido
LDPE	80	-100	Translúcido	No	Excelente
PC	135	-135	Claro	Si	Rígido
PETG	70	-40	Claro	No	Moderada
PFA	250	-270	Translúcido	Si	Rígida
PMMA	50	20	Claro	No	Rígida
PMP	175	20	Claro	Si	Rígida
PMX	180	-10	Transparente	Si	Rígida
PP	135	0	Translúcido	Si	Rígido
PPCO	121	-40	Translúcido	Si	Moderada
PS	90	20	Claro	No	Rígida
PSF	165	-100	Claro	Si	Rígida
PVC (rígido)	70	-30	Claro	No	Rígido
PVC (manguera)	82	-32	Claro	Si	Excelente
PVDF	150	-62	Translúcido	Si	Rígida
TFE	260	-100	Opaco	Si	Rígida
TMX	150	-60	Transparente	No	Moderada

## 2. CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL DE LABORATORIO EN FUNCIÓN DE SU USO

### 2.1. Material para medida de volúmenes

Aunque la mayor parte del material de vidrio de laboratorio lleva unas graduaciones que indican volumen, no todos son materiales volumétricos. Únicamente se emplean para medir volúmenes las pipetas, buretas, probetas y matraces aforados. En el resto de materiales las escalas son solo orientativas; es el caso de los vasos de precipitado y matraces erlenmeyer, que nunca se deben utilizar para medir volúmenes.

Los aparatos empleados en el laboratorio para medir volúmenes pueden ser aforados o graduados:

- **Aforados:** en estos instrumentos aparece una sola señal de enrase que marca la capacidad de los mismos. Solo permiten medir el volumen señalado por la línea de aforo. Aforados son algunos matraces y pipetas.
- **Graduados:** estos instrumentos tienen varias divisiones a lo largo del tubo de vidrio, por

lo que permiten realizar medidas dentro de las establecidas por la escala graduada. Ejemplos: buretas, probetas y algunas pipetas.

Los instrumentos que se emplean en el laboratorio para medir volúmenes son:

**Probetas:** Son recipientes graduados, de forma cilíndrica, con un pie. Se emplean para medir volúmenes de forma aproximada. Normalmente son volúmenes superiores a 25 ml. Su exactitud y precisión son inferiores a las de las pipetas, aunque son suficientes en algunas medidas.

**Matraces aforados:** Son recipientes con un volumen determinado marcado con un aforo o línea fina en el cuello. Se emplean para preparar disoluciones exactas. Al ser instrumentos aforados únicamente sirven para medir el volumen indicado en el matraz.



**Probetas**

**Matraces aforados**

(Fotos: Inmaculada Benedito)

**Buretas:** Son unos tubos de vidrio, con una escala graduada, y provistas de una llave en el extremo denominada robinete, que permite controlar la salida de líquido. Sirven sobre todo para medir de forma exacta la cantidad de líquido vertido en volumetrías.

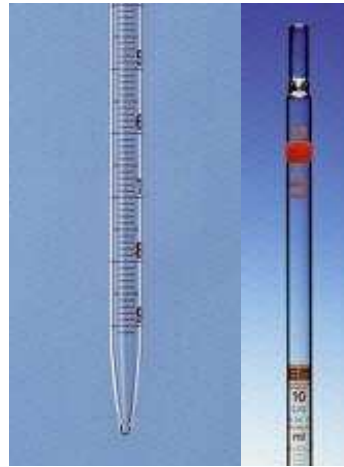


**Bureta recta**

**Bureta con depósito**

**Pipetas:** Se utilizan para verter pequeñas cantidades de líquidos (desde microlitros hasta 100 ml). Todas las pipetas llevan la temperatura a la que están calibradas, que suele ser de 20°C. Las pipetas pueden ser de varios tipos:

*Recta o graduada:* Está graduada desde el cero hasta el volumen que tenga. Este volumen es el comprendido desde el aforo hasta el vaciado total, estando la pipeta apoyada en la pared del recipiente, sin sacudirla o soplar (excepto cuando sea una pipeta de soplado, lo que se indica por la presencia de dos bandas esmeriladas cerca de la boquilla de la pipeta).



Pipeta recta o graduada

*Aforada:* Solo puede verter la cantidad total que marca su capacidad, desde el aforo hasta el vaciado total. No puede medir cantidades intermedias.

*Doble aforo:* Igual que la aforada, pero tiene dos aforos entre los cuales está comprendido el volumen de la pipeta. La pipeta se vacía hasta el segundo aforo, no hasta el final.



Pipeta volumétrica o aforada

*Micropipetas:* normalmente de material metálico o plástico. Se emplean para volúmenes muy pequeños (desde microlitros hasta 5 ml). No funcionan como las pipetas anteriores, pues la aspiración se realiza al presionar y luego soltar un pistón que tiene en su parte superior. Estas pipetas, al no poderse lavar igual que las anteriores, van provistas de puntas desechables de plástico, que son las que se sumergen en el líquido a medir.



Micropipeta



Otras pipetas utilizadas en el laboratorio son las desechables, especialmente en microbiología.



Pipetas desechables

## 2.2. Material para contener líquidos

**Matraz erlenmeyer:** se emplean sobre todo para análisis volumétrico, aunque también pueden usarse para preparar disoluciones. La escala graduada que llevan estos matraces es sólo orientativa. Nunca debe emplearse para medir volúmenes.



Matraces erlenmeyer de diferentes volúmenes

(Foto: Inmaculada Benedito)



Matraces erlenmeyer: matraz erlenmeyer (A), con cuello esmerilado (B), con tapón de rosca (C), de boca ancha (D).

**Vaso de precipitados:** Se emplean sobre todo para preparar disoluciones y calentar líquidos. Igual que en los matraces erlenmeyer, llevan una escala graduada sólo orientativa. Nunca debe emplearse para medir volúmenes.



**Vasos de precipitados**  
(Foto Inmaculada Benedito)

**Matraces esféricos:** se emplean especialmente para operaciones de destilación. Pueden tener el fondo esférico o plano.



**Matraz esférico    Matraz de fondo plano**

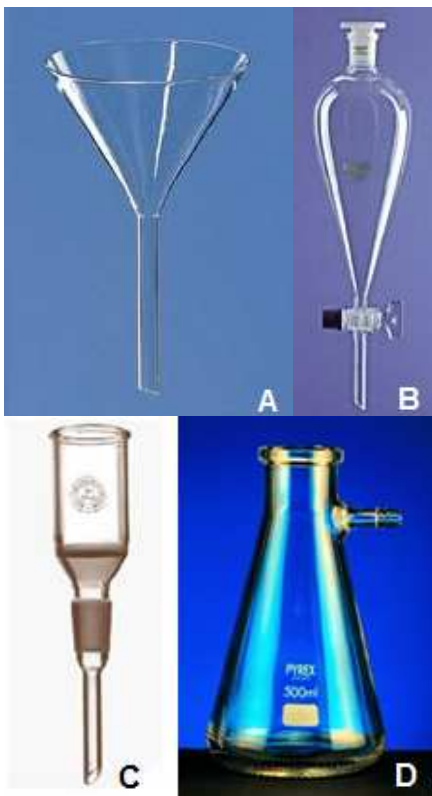


**Tubos:** con tapón de rosca, de fondo plano (A), fondo redondo (B). Tubos de ensayo (C)



Frascos: con tapón de rosca ISO (A) , rosca DIN-28, transparente (B) y topacio (C). Frasco con cuello esmerilado (D)

### 2.3. Material para separación



Embudo cónico o alemán (A), Embudo de decantación (B), Embudo cilíndrico de placa filtrante (C), Matraz kitasato (D)



Equipo de filtración

## 2.4. Materiales para agitación

Se emplean varillas para agitación manual o imanes para agitador magnético.



A



B



C

Varillas agitadoras (A), Imanes agitadores (B), Recuperador de imanes (c)

## 2.5. Material para dispensar líquidos

Para dispensar líquidos en pequeñas cantidades se emplean pipetas en el caso de que se quiera hacer una medida más o menos precisa. Las pipetas deben conectarse a una prepipeta o pipeteador para aspirar el líquido que habrá de dispensarse.

Además de las pipetas, para dispensar pequeñas cantidades de líquidos en el caso de que no sea necesaria una medida exacta se utilizan cuentagotas y pipetas Pasteur.

Para dispensar cantidades mayores se utilizan dispensadores y sifones.



Frasco lavador



Cuentagotas



Pipeta Pasteur vidrio



Tetinas para pipeta Pasteur



Pipeta Pasteur plástico



A



B

Prepipetas: de goma (A) pi-pump (B)

## 2.6. Material para calentamiento a altas temperaturas

Para calcinar muestras se emplean crisoles. Las cápsulas muestran menor resistencia y se emplean más para evaporación a no ser que se trate de cápsulas para calcinación.

Para evitar roturas hay que procurar que los calentamientos y enfriamientos sean paulatinos. Para enfriar materiales higroscópicos se emplean los desecadores.



Desecador



Cápsula

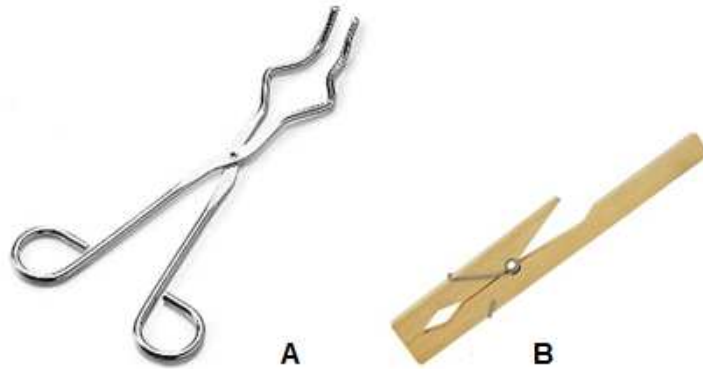


Crisol con tapa

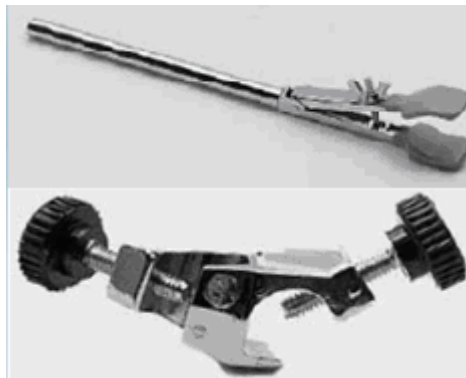
## 2.7. Material para sujeción



Gradillas: de plástico (A), metálica (B)



Pinza para crisoles (A), Pinza de madera para tubos (B), Cucharilla (C)



Pinza para buretas (arriba)  
Nuez para pinzas (abajo)



Soportes pie plato



Nuez para montajes

## 2.8. Material variado



vidrio de reloj



Embudo de pesada



ESPÁTULAS: espátula-cuchara (A), Microespátula-cuchara (B), Espátula doble plana, puntas curvadas (C)

## 3. REACTIVOS. TIPOS

Los reactivos se pueden clasificar de varias formas:

- Atendiendo a la forma en que se comercializan:
  - Sólidos
  - Líquidos
  - Disoluciones preparadas
- Si se atiende al grado de pureza: los reactivos pueden contener impurezas (metales pesados y sustancias inertes). Cuanto mayor es la proporción de impurezas, más deficiente es la calidad del reactivo. Por tanto es muy importante seleccionar reactivos con un grado de pureza acorde con la exactitud de los análisis que se van a realizar. Según su pureza, los reactivos se clasifican en:
  - Químicamente puro (QP): de entre los reactivos que se utilizan en el laboratorio son los que tienen una menor pureza.
  - Grado USP (United States Pharmacopeia) /BP (British pharmacopeia). Son reactivos que cumplen con los requisitos exigidos por las autoridades sanitarias estadounidenses (USP) o inglesas (BP) para los productos que pueden emplearse en la fabricación de medicamentos y alimentos. Estos reactivos

pueden no ser adecuados para la realización de análisis.

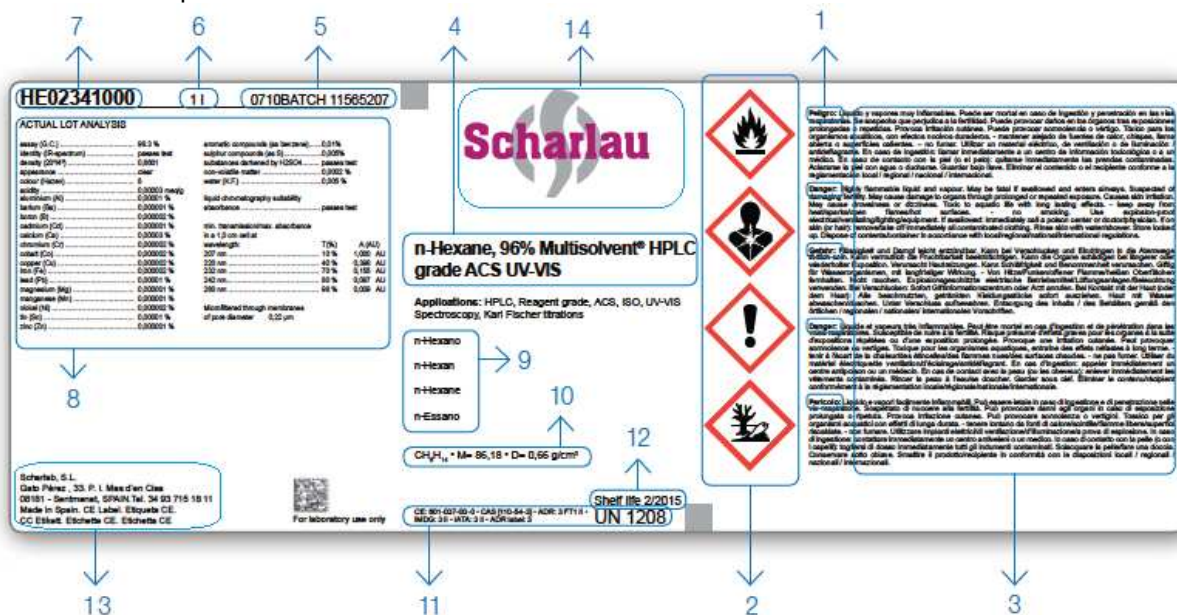
- o Para Análisis (PA)/Grado American Chemical Society (ACS): son los productos que se pueden utilizar en el laboratorio para realizar análisis. Para algunos tipos de análisis se pueden emplear tipos especiales de reactivo:
  - Grado HPLC
  - Reactivos para espectrofotometría
  - etc.

### Etiquetado de los reactivos

De acuerdo con el sistema GHS (Sistema Globalmente Armonizado), la etiqueta de los productos químicos peligrosos debe contener, de forma obligatoria, la siguiente información:

1. Identificación del productor/suministrador/distribuidor,
2. Identificación del producto químico:
3. Pictogramas
4. Palabras de advertencia: Indica la mayor o menor gravedad del peligro de una forma rápida y fácil para el lector de la etiqueta. En el GHS se emplean las palabras "Peligro" para categorías más graves de peligro o "Atención" para las menos graves.
5. Indicación de peligro
6. Consejos de prudencia

En el tema dedicado a la seguridad en el laboratorio se verá de forma más detallada cual es el contenido de la etiqueta.



1. Palabras de advertencia (peligro , atención )
2. Pictogramas
3. Frases H (peligro) y P (consejos de prudencia)
4. Nombre del producto , calidad, aplicación
5. Número de lote
6. Contenido del envase
7. Código del producto
8. Características físico-químicas, impurezas
9. Nombre químico
10. Fórmula química, masa molecular, densidad
11. Datos de materia peligrosa (nº CE, CAS), códigos de mercancías peligrosas
12. Caducidad
13. Datos del fabricante/importador
14. Marca comercial

\* Información obligatoria





## 4. LIMPIEZA, DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN DEL MATERIAL DE LABORATORIO

### 4.1. Limpieza

Es necesario que el material de laboratorio esté perfectamente limpio, sin rastro alguno de suciedad, minerales o detergentes. El material de laboratorio se debe limpiar inmediatamente después su uso. De este modo la suciedad se elimina con mayor facilidad, además de que en ese momento se conoce aún cual es el residuo.

Lo primero que debe hacerse, antes de limpiar un objeto es quitar la mayor cantidad posible de suciedad con una espátula, varilla o escobillón. En los matraces de cuello estrecho esta operación se realiza con perlas de vidrio, que harán saltar por rodamiento las adherencias, siempre y cuando se realice sin choques bruscos.

A continuación el material se enjuaga con agua, se lava con agua y jabón y se enjuaga repetidas veces con agua del grifo. Finalmente se enjuaga cuatro veces con agua desionizada.

Aunque el agua y el jabón son en principio el mejor método de limpieza, a veces, aparece suciedad más tenaz que requiere de otros métodos:

- Los compuestos inorgánicos y algunos orgánicos como alcoholes, cetonas, etc. pueden ser solubles en agua.
- Los metales y algunas sales, insolubles en agua, serán solubles en ácidos.
- Las sustancias de tipo graso se disuelven en lejía.
- Los aceites, alquitranes, etc., se disuelven en disolventes orgánicos, y las resinas en mezcla crómica.

Cuando no se sabe cual es el disolvente adecuado, se aconseja ensayar en el siguiente orden:

- Agua.
- Agua con jabón.
- Lejía.
- Ácidos.
- Disolventes orgánicos.
- Mezcla sulfonítrica o mezcla crómica.

Siempre debe realizarse un enjuague final con agua destilada. Tras la limpieza, el agua debe escurrir rápidamente sin dejar gotas adheridas. En el caso de que se observen gotas adheridas a las paredes del material, hay que lavar de nuevo, pues indican que siguen quedando residuos en las paredes.

El material, una vez ha sido limpiado, debe secarse en estufa (entre 40 y 100°C), teniendo en cuenta que el material volumétrico no se debe someter a temperaturas superiores a los 50°C. El material volumétrico no debe secarse en estufa, pues se descalibra. En la estufa, ha de disponerse boca arriba para que el agua se evapore con facilidad. Si el material no cabe vertical o queda inestable, se dispondrá acostado. Si no es posible utilizar la estufa, puede dejarse en las escurrideras dispuestas sobre el fregadero, o directamente sobre un papel de filtro, siempre procurando que no quede inestable.

Si el material ha de utilizarse inmediatamente y aún no está seco, puede enjuagarse con etanol o acetona que se evaporan mas rápidamente que el agua; o bien puede enjuagarse o pasar por su interior la misma disolución que van a contener después, de forma que el líquido que moje las paredes interiores del material sea ahora la propia disolución a emplear. Otra alternativa para usar inmediatamente material mojado es secarlo utilizando un secador de aire.

Este material debe guardarse siempre limpio y seco, en armarios donde se encuentre al abrigo del polvo y la suciedad, y dispuesto para su uso.

### 3.2. Desinfección y esterilización

En el laboratorio microbiológico además, es necesario que las superficies de trabajo estén desinfectadas y material que tenga que entrar en contacto con las muestras esté estéril.

Para hacer una desinfección y/o esterilización, antes se ha tenido que lavar el material de la forma que se describe en el apartado anterior.

No deben confundirse desinfección y esterilización: mientras que la desinfección implica la destrucción de agentes infecciosos, la esterilización supone la eliminación de toda forma de vida, incluidas las esporas.

#### Proceso de desinfección

La desinfección se realiza utilizando agentes desinfectantes y antisépticos. El efecto es el mismo, aunque el término “desinfectante” designa a los productos de desinfección que se usan para equipos y materiales, mientras que los antisépticos ejercen su acción sobre la piel.

Entre los desinfectantes mas utilizados para superficies se encuentran:

1. Compuestos inorgánicos oxidantes: El peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ).
2. Halógenos: especialmente el cloro y el yodo son agentes fuertemente reactivos. Por su poder destructor de células microbianas son componentes de muchos antimicrobianos.
3. Desinfectantes orgánicos como alcoholes, fenol y derivados.

El proceso de desinfección incluye los siguientes pasos:

- Proceso de limpieza
- Aplicación de desinfectante
- Actuación del desinfectante
- Aclarado

#### Esterilización

La esterilización puede hacerse por medios físicos y por medios químicos. Los principales agentes esterilizantes son:

##### Agentes físicos

- Altas Temperaturas
  - Esterilización por calor húmedo: Autoclave.
  - Esterilización por calor seco: Horno Pasteur, incineración.
- Radiaciones: Rayos gamma, luz ultravioleta
- Filtración de aire, mediante filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air)

##### Agentes químicos:

Sustancias como oxido de etileno o glutaraldehído tienen efectos esterilizantes.

El proceso de esterilización incluye los siguientes pasos:

- Proceso de limpieza y/o desinfección
- Aplicación y actuación de agentes esterilizantes

## 3. LA SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

1. CAUSAS GENERALES DE ACCIDENTES
2. PRINCIPALES RIESGOS EN EL LABORATORIO
3. NORMAS DE PREVENCIÓN
  - 3.1. Normas de carácter general
  - 3.2. Manejo de sustancias
  - 3.3. Medios de protección
  - 3.4. Normas particulares de prevención
4. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE
5. EL ETIQUETADO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS
6. LA FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
7. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

### 1. CAUSAS GENERALES DE ACCIDENTES

En un laboratorio existen unos riesgos potenciales que es necesario conocer, así como la forma de prevenirlos mediante las adecuadas normas de seguridad. La mayor parte de los accidentes que se producen en los laboratorios son debido a la no observancia de estas normas. La mayoría de los accidentes se pueden evitar, ya que sus causas principales son:

- (1) No eliminación de un riesgo.
- (2) Desconocimiento y falta de observación de las normas de seguridad.
- (3) Falta de atención, prisas.
- (4) Desorden y falta de limpieza.
- (5) Instalaciones defectuosas

### 2. PRINCIPALES RIESGOS EN EL LABORATORIO

- Incendio y explosión
- Reactivos corrosivos
- Reactivos tóxicos
- Riesgo biológico:
- Quemaduras
- Cortes, pinchazos, etc. por el uso de material de vidrio
- Electrocutión
- Radiaciones

### 3. NORMAS DE PREVENCIÓN

#### 3.1. Normas de carácter general

##### 3.1.1. Organización del laboratorio

Los aspectos más relevantes relacionados con la organización del laboratorio que deben ser tenidos en cuenta son los siguientes:

- La distribución e instalaciones del laboratorio deben permitir un buen mantenimiento

preventivo.

- El laboratorio debe disponer de e los equipos de protección individual (EPI) y de las instalaciones de emergencia o elementos de actuación (duchas, lavaojos, mantas ignífugas, extintores, etc.) adecuados a los riesgos existentes.
- Debe comprobarse la ventilación general del laboratorio (trabajo en depresión, renovación suficiente, etc.).
- Debe revisarse periódicamente la instalación de gases. Esta debe ajustarse al máximo a las necesidades del laboratorio.
- Debe regularse adecuadamente la eliminación de residuos. Se deben desechar de la forma que se indique en la Ficha de Datos de Seguridad de los reactivos empleados.

### 3.1.2. Medios de protección

#### Equipos de Protección individual (EPI)

El Real Decreto 773/1997 que de disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual establece qué se consideran equipos de protección individual y las condiciones que deben cumplir. En el caso del laboratorio, los equipos de protección individual más usados son:

1. Gafas de seguridad: Es recomendable el uso permanente de las mismas.
2. Guantes de protección frente a agentes químicos
3. Guantes de protección térmica
4. Calzado aislante frente a electricidad
5. Equipos de protección respiratoria
6. Pantallas faciales

Las batas no se consideran equipos de protección individual.

Es obligación de la empresa evaluar los diferentes puestos de trabajo para conocer qué EPI necesitan para cada riesgo y proporcionárselos. También debe procurar información a los trabajadores sobre los EPI.

Todos los EPI deben ir marcados con las letras CE en el caso de equipos que protegen frente a riesgos de grado medio o elevado, y las letras CE seguidas de cuatro dígitos en el caso de EPI que protegen frente a riesgos mortales (radiactividad, temperaturas muy extremas, sustancias químicas muy peligrosas, etc.). En el momento de su compra deben ir acompañados de un folleto informativo sobre el grado de protección que proporcionan y la forma de usarlos.

#### Sistemas de protección colectiva

Además de los EPI, el laboratorio debe estar equipado con sistemas de protección colectiva tales como:

- Vitrina de gases: e tipo de vitrinas recomendables, la forma de usarlas y su mantenimiento se detallan en la NTP 677: "Seguridad en el laboratorio. Vitrinas de gases de laboratorio: utilización y mantenimiento" y la NTP 646 "Seguridad en el laboratorio: selección y ubicación de vitrinas" del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Pantallas
- Sistema de ventilación forzada

### 3.1.3. Hábitos personales

- EN EL LABORATORIO NO SE DEBE FUMAR, COMER, MASTICAR CHICLE O LLEVARSE OBJETOS A LA BOCA.
- Los alimentos y bebidas deben guardarse y consumirse fuera de las zonas de trabajo.
- Los efectos personales (mochilas, bolsos, paraguas, etc.), no deben dejarse en el laboratorio.
- Se debe mantener el cabello recogido.
- Se desaconseja llevar barba, y de hacerlo, hay que procurar que sea corta y aseada.

- Se debe trabajar con ropa protectora: bata, que se llevará limpia y completamente abrochada, sin elementos superfluos que puedan causar accidentes. No se deben llevar las mangas vueltas, ni que éstas sean anchas, pues pueden engancharse. El calzado será cerrado, cómodo, antideslizante y con suela de goma.
- No deben llevarse lentes de contacto. De ser imprescindibles, el usuario debe usar gafas protectoras no graduadas, aunque lo correcto es no llevar lentillas y llevar gafas graduadas.
- No se debe llevar joyas como pulseras o colgantes que pueden engancharse.
- Se deben usar guantes y gafas de protección siempre que la tarea así lo requiera. Las gafas de seguridad se usarán SIEMPRE que se manejen ácidos o bases fuertes y líquidos de cualquier a ebullición.
- No debe trabajar nunca una persona sola en el laboratorio, muy especialmente fuera de horas habituales, por la noche o realizando operaciones con riesgo.
- Lavarse las manos:
- Al inicio de la jornada de trabajo y siempre que se regrese de la calle
- Siempre que se quiten unos guantes protectores.
- Después de ir al lavabo.
- Después de toda operación que comporte el posible contacto con material irritante, cáustico, tóxico o infeccioso.
- Antes de salir del laboratorio.

#### 3.1.4. Hábitos de trabajo

- MANTENER LIMPIO EL LUGAR DE TRABAJO, Y ABSOLUTAMENTE DESPEJADO DE OBJETOS INNECESARIOS (objetos personales, papeles, cajas, botellas o frascos...). Estos se deben dejar alejados del sitio en donde se está trabajando, pues pueden estorbar o incluso causar accidentes.
- TRABAJAR CON ORDEN, LIMPIEZA Y CONCENTRACIÓN.
- No se debe oler directamente el contenido de frascos o botellas. En caso de extrema necesidad se olerá con cuidado, mediante movimientos de la mano hacia la nariz y nunca directamente del frasco.
- No tocar con las manos ni probar los productos químicos.
- No efectuar pipeteos con la boca. Pipetear siempre con prepipeta.
- Se debe coger los frascos firmemente por el cuerpo (nunca por el tapón o el cuello).
- No dejar tapones sobre la mesa de trabajo, de forma que puedan dejar restos de producto sobre la mesa de trabajo o, si se manchan, contaminar el frasco al que pertenecen.
- Nunca se debe mirar por la boca de un envase de reactivo.
- Nunca se debe retornar un reactivo a la botella de origen.
- Antes de salir del laboratorio, comprobar que todo el material y las superficies de trabajo están limpios, desconectar todos los aparatos eléctricos, y comprobar que los grifos, llaves de gas, etc. quedan cerrados.
- Al finalizar una tarea u operación, hay que recoger materiales, reactivos, equipos, etc., evitando las acumulaciones innecesarias.

#### 3.1.5. Manejo de sustancias peligrosas

Cuando se manejan compuestos químicos peligrosos o reacciones peligrosas es recomendable tener en cuenta las recomendaciones siguientes:

- Realizar las operaciones en vitrina protectora o en una mesa entre pantallas protectoras.
- Utilizar la cantidad mínima de reactivos.
- Llevar prendas y accesorios de protección individual. Tener uno o varios extintores al alcance de la mano (agua pulverizada, dióxido de carbono, compuesto halogenado,

polvo, según el caso).

Deben realizarse en campana todas aquellas reacciones en las que se produzca un desprendimiento gaseoso:

- Manejo de disolventes.
- Incineración de sustancias y, en general, todas aquellas tareas que requieran la utilización de mechero bunsen.
- Calentamiento en placa eléctrica de todas las soluciones que contengan disolventes orgánicos.

En lo referente a operaciones de trasvase de sustancias debe tenerse en cuenta:

- Trasvasar, siempre que sea posible, cantidades pequeñas de líquidos empleando para el trasvase embudos, dosificadores o sifones.
- Efectuar los trasvases de sustancias inflamables lejos de focos de calor.
- Efectuar los trasvases de sustancias tóxicas, irritantes y corrosivas con las prendas de protección adecuadas a los riesgos del producto.

En cuanto a la identificación de los productos químicos y sus riesgos, se debe tener en cuenta:

- Que todos los frascos donde se guarden muestras o reactivos estén correctamente etiquetados. Cualquier frasco no rotulado debe vaciarse y retirarse de la circulación (ver apartado dedicado al etiquetado de productos químicos).
- Asimismo, todas las soluciones preparadas en el laboratorio deben estar debidamente marcadas y en caso de que sean reactivos peligrosos, deben estar debidamente marcados con una etiqueta donde se indique su contenido, nombre del producto, su concentración, la fecha de preparación y datos de seguridad.
- No se deben reutilizar envases para otros productos sin quitar la etiqueta original.
- No se deben sobreponer etiquetas.
- Se debe comprobar el adecuado etiquetaje de recipientes y botellas.

En cuanto al almacenamiento de reactivos es muy importante:

- Se debe disponer de la Ficha de Datos de Seguridad de los productos almacenados.
- Deben efectuarse a menudo inventarios del almacén para controlar el stock de reactivos y su envejecimiento. Los reactivos almacenados en el laboratorio deben preservarse del sol, no guardarse en estanterías altas, cuidar su etiquetado, mantenerlos en las cantidades imprescindibles, etc.
- Almacenar la menor cantidad posible de reactivo.
- En el área de trabajo, disponer sólo de la cantidad que se vaya a utilizar.
- Se debe agrupar los productos según su riesgo.
- Conocer la peligrosidad de los reactivos y las incompatibilidades para su almacenamiento. En la siguiente tabla se resumen de forma didáctica las incompatibilidades de almacenamiento según la peligrosidad.

	Explosivos	Comburentes	Inflamables	Tóxicos	Corrosivos	Nocivos
						
<b>Explosivos</b> 	SI	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Comburentes</b> 	NO	SI	NO	NO	NO	(2)
<b>Inflamables</b> 	NO	NO	SI	NO	(1)	SI
<b>Tóxicos</b> 	NO	NO	NO	SI	SI	SI
<b>Corrosivos</b> 	NO	NO	(1)	SI	SI	SI
<b>Nocivos</b> 	NO	(2)	SI	SI	SI	SI

• Se podrán almacenar conjuntamente si los productos corrosivos no están envasados en recipientes frágiles  
Se podrán almacenar juntos si se adoptan ciertas medidas de prevención. Son criterios generales

## 3.2. Normas particulares de prevención



### 3.2.1. Incendio y explosión

#### Causas:

Muchos productos que se usan en el laboratorio son altamente inflamables y/o explosivos (disolventes orgánicos como los alcoholes, éteres...o gases orgánicos como butano, propano, etc.). Los accidentes con estos productos se suelen producir por:

- Fumar
- Cortocircuitos
- Exposición directa de productos inflamables a fuentes de calor o al sol
- Trasvasar reactivos inflamables cerca de fuentes de calor
- Trabajar cerca del mechero Bunsen con el pelo largo no recogido, etc.

#### Precauciones con los reactivos inflamables

Además de las precauciones de carácter más general, es necesario:

- Emplear y almacenar sustancias inflamables en las cantidades imprescindibles. Los reactivos inflamables deben estar en las poyatas de trabajo justo en el momento de su uso. Una vez tomada la cantidad necesaria para el análisis en curso, deben devolverse al armario o almacén de seguridad.
- Manejar los reactivos inflamables bajo campana de humos en funcionamiento.
- Para el encendido de mecheros, utilizar encendedores piezoeléctricos largos, no se deben emplear cerillas ni encendedores de bolsillo. También se debe evitar proximidad al mechero o a la luz directa del sol de material inflamable.
- No calentar los reactivos inflamables mediante una llama (preferiblemente baño María antes que manta calefactora) ni sobre hornillos eléctricos que puedan generar chispas.
- Si se derrama material inflamable, absorber con carbón activo o adsorbentes específicos, fregar y secar inmediatamente.
- No eliminar reactivos ni residuos volátiles e inflamables (éter, xileno...) por los desagües.
- Conocer la localización de extintores y su manejo.
- Nunca deben emplearse refrigeradores domésticos para almacenar productos químicos por el riesgo de que se produzcan chispas.



### 3.2.2. Accidentes con reactivos corrosivos

#### Causas

Un gran número de reactivos utilizados en el laboratorio son corrosivos, ácidos como H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>, etc. o bases como KOH o NaOH se encuentran entre los mas habituales. Estos reactivos afectan químicamente a las superficies con las que toman contacto. Destruyen piel y mucosas cuando entran en contacto con ellas. La mayor parte de los accidentes con estos reactivos entran en contacto con el organismo cuando se producen salpicaduras, por ingestión, debido a rotura de recipientes o por emisión de vapores volátiles.



### Precauciones con los reactivos corrosivos

- Mantener las botellas bien cerradas.
- Guardar estos reactivos en lugar seco, estable y seguro. Lejos del área de trabajo.
- Si se produce un derrame, lavar con agua o solución neutralizante.
- Para diluir un ácido, siempre ácido sobre agua, lentamente y removiendo (nunca al revés).
- La disolución de una base fuerte suele ser un proceso exotérmico (desprende calor), por lo que conviene hacerlo lentamente.



### 3.2.3. Accidentes con reactivos tóxicos

#### Causas

Muchos productos que se encuentran en un laboratorio son tóxicos (metanol, derivados del arsénico, NaCN, ferricianuro, sales de Hg y Pb, etc.). Las vías de entrada de estas sustancias pueden ser;

- Ingestión (Ej. metanol): En la mayoría de los casos, la ingestión se produce por accidente o por imprudencia: Por pipetear sin pipeta.
- Cuando, tras haber manipulado un producto peligroso, se llevan las manos a la boca para fumar, comer o secarse.
- Inhalación (Ej. Cianhídrico, benceno): Es la vía de penetración más frecuente en el lugar de trabajo, pues las sustancias contaminantes, dispersas en la atmósfera, penetran en los pulmones junto con el aire inspirado. Estos productos, una vez inhalados y transportados por la sangre a través de los pulmones, pueden provocar trastornos tanto del aparato respiratorio como de otros órganos.
- Contacto (Ej. benceno).

### Precauciones con los reactivos tóxicos

En general, la observancia de las normas generales de prevención servirá para prevenir accidentes por este tipo de reactivo. En todo caso siempre hay que observar escrupulosamente las instrucciones de uso del producto que se detallan en las fichas de seguridad



### 3.2.4. Riesgo biológico

#### Causas

Derivado de la manipulación de organismos vivos (bacterias, virus, hongos y protozoos). Las causas de accidente suelen derivarse de unas malas prácticas higiénicas:

- No uso de medios de protección (ropa, guantes, Pipetas, gafas.).
- Higiene deficiente tanto en ropas de trabajo como personal (no lavarse las manos cada vez que sea necesario).
- Cortes pinchazos, con material contaminado.
- Formación de aerosoles e inhalación.
- En general, malas prácticas de laboratorio relacionadas con este riesgo.

Las vías de entrada son las mismas que en el caso de los accidentes por reactivos tóxicos.

### Precauciones con agentes infecciosos

En general, la observancia de las normas generales de prevención servirá para prevenir accidentes por este tipo de reactivo. Es particularmente importante el uso de equipos de protección individual, y extremar la higiene.



#### 3.2.5. Quemaduras térmicas

##### Causas

- Contacto con superficies calientes.
- Salpicaduras
- Roturas de recipientes conteniendo líquidos calientes
- Vapores de líquidos en ebullición

##### Prevención de quemaduras

- Calentar los tubos de ensayo inclinados, de lado, por la parte superior del líquido que contengan y nunca por el fondo, orientando la boca del tubo hacia donde no haya nadie, y utilizando pinzas.
- No llenar los tubos de ensayo más de dos o tres centímetros.
- Comprobar cuidadosamente la temperatura de los recipientes, conectores, etc. que hayan estado sometidos a calor, antes de aplicar las manos directamente.
- En el caso de líquidos de punto de ebullición inferior a la temperatura ambiente, se enfriará la botella antes de realizar la operación.
- Tomar los tubos de ensayo con los dedos, nunca con la palma de la mano.

#### 3.2.6. Cortes, pinchazos, etc. por el uso de material de vidrio

##### Precauciones con el material de vidrio

En el manejo del material de vidrio, aparte de las necesarias revisiones y sustituciones periódicas que se requieren a causa de la fatiga de los materiales, es conveniente observar las siguientes pautas:

- Desechar el material que presente el más mínimo defecto.
- Desechar el material que haya sufrido un golpe de cierta consistencia, aunque no se observen rajaduras o fracturas.
- Comprobar cuidadosamente la temperatura de los recipientes, conectores, etc. que hayan estado sometidos a calor, antes de aplicar las manos directamente.
- Abandonar las piezas defectuosas o los fragmentos de piezas rotas en contenedores específicos para el vidrio, nunca en papeleras.
- Revisar con atención la mesa de trabajo cuando se hayan utilizado cubreobjetos.
- Si el material de vidrio es lavado por personal ajeno al laboratorio, instruirle adecuadamente, insistiéndole en la necesidad de desechar el material que sufra golpes importantes.
- No forzar la separación de vasos o recipientes que hayan quedado obturados unos dentro de otros.
- Verificar que la calidad del vidrio responde al esfuerzo a que va a ser sometido.
- No forzar directamente con las manos los cierres de frascos o botellas, las llaves de

- paso, conectores, etc. que se hayan obturado.
- No llevar tubos de ensayo ni productos en los bolsillos de las batas.
- 



### 3.2.7. Electrocutión

Por lo general, al manipular aparatos eléctricos, uso de equipos mal protegidos o defectuosos, etc.



### 3.2.8. Radiaciones

Isótopos radiactivos (riesgo que no existe en este laboratorio), radiaciones ultravioleta (procedente de lámparas U.V., por ejemplo, de la cámara de flujo laminar).

## 4. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE

### 4.1. Vertidos

En caso de vertidos accidentales debe actuarse rápidamente para su absorción, neutralización o eliminación. Se deben seguir las indicaciones proporcionadas por las Fichas de Datos de Seguridad de cada producto. En la NTP-399 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo se detalla una lista de procedimientos de neutralización y absorción de productos químicos.

### 4.2. Salpicaduras

También se debe actuar con rapidez. Se deben seguir las indicaciones proporcionadas por las Fichas de Datos de Seguridad, aunque conviene tener en cuenta que las salpicaduras:

- EN PIEL Y OJOS Deben lavarse con abundantísima agua durante 10-15 minutos (si es en los ojos, mediante un lavaojos). No intentar neutralizar. Acudir al médico con prontitud.
- EN BATAS O VESTIDOS Debe quitarse rápidamente la ropa, lavándola, o colocarse bajo la ducha, según la magnitud de la impregnación. Si hay contacto con la piel, acudir al médico.

### 4.3. Ingestión

Si ha ocurrido ingestión involuntaria de un producto químico, deben tenerse en cuenta las siguientes indicaciones:

- Se buscará información sobre el o los productos que han causado el accidente, consultando la etiqueta y la Ficha de Datos de Seguridad (FDS).
- De acuerdo a la información proporcionada por la etiqueta y FDS se puede actuar inicialmente con el fin de neutralizar la sustancia causante, impedir su absorción o tratar los síntomas que aparezcan. Por ejemplo, en caso de ingestión de pequeñas

cantidades de sustancia es posible dar unos primeros auxilios, aunque siempre consultando previamente las FDS:

- Si es un ácido, beber solución de bicarbonato.
- Si es una base, beber bebidas ácidas (por ejemplo, refresco de cola).
- En el caso de reactivos tóxicos se puede impedir su absorción empleando carbón activo.
- No se debe provocar el vómito, salvo que así se indique en la etiqueta y la Ficha de Datos de Seguridad (FDS). Nunca debe hacerse si la persona afectada está inconsciente o presenta convulsiones. Tampoco cuando haya ingerido una sustancia corrosiva.
- Acudir rápidamente al médico con una etiqueta del producto.

#### 4.4. Incendio

El laboratorio debe disponer de un plan de actuación en caso de incendio. En un lugar visible del laboratorio debe aparecer la información necesaria para actuar en caso de accidente (teléfonos del personal del equipo de intervención, normas de actuación).

En caso de accidente debe activarse el sistema de emergencia (PAS: Proteger, Avisar, Socorrer). Deben seguirse lo más serenamente posible las instrucciones preestablecidas. Sin embargo, son recomendables siempre acciones como las siguientes:

- Dar la alarma inmediatamente.
- Apagar los fuegos pequeños tapándolos, sin utilizar agua.
- No se debe intentar apagar incendios de proporciones incontrolables.
- Si prende fuego a la ropa, utilizar la ducha o manta de seguridad. No correr, en todo caso, rodar por el suelo.
- Si el humo impide respirar, gatear, colocándose un paño húmedo en la nariz.
- Si se evacua el laboratorio, cerrar las puertas al salir a no ser que se indique lo contrario en los planes de intervención.
- Escoger adecuadamente el tipo de extintor, recordando el modo de empleo y la duración de la carga.

#### 4.5. Quemaduras térmicas

- Lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada
- No quitar la ropa pegada a la piel, tapar la parte quemada con ropa limpia.
- Debe acudir siempre al médico, aunque la superficie afectada y la profundidad sean pequeñas.
- No aplicar nada a la piel (ni pomada, ni grasa, ni desinfectantes).
- No enfriar demasiado al accidentado.
- No dar bebidas ni alimentos.
- No romper las ampollas.
- No dejar solo al accidentado.

#### 4.6. Electrocuación

Las acciones a llevar a cabo en caso de electrocuación son:

- Cortar la alimentación eléctrica del aparato causante del accidente antes de acercarse a la víctima para evitar otro accidente y retirar al accidentado.
- Activar el PAS y, practicar, si es necesario, la reanimación cardiorrespiratoria.
- No suministrar alimentos, bebidas ni productos para activar la respiración.

#### 4.7. Atmósfera contaminada

Por rotura de recipientes conteniendo sustancia volátiles o como consecuencia de reacciones donde haya producción de gases, éstos pueden acumularse en el ambiente con el consiguiente riesgo para los trabajadores. El procedimiento a seguir es:

En caso de pequeñas fugas:

- Abrir las ventanas.
- Poner en marcha la vitrina con la pantalla totalmente abierta. Conectar el sistema de ventilación forzada en el caso de que esté inactivo.
- Cerrar todos los aparatos con llama si el producto contaminante es volátil e inflamable.
- Si ha tenido su origen en un vertido, absorberlo con el absorbente indicado para dicho vertido y guardarlo en un recipiente estanco, lavando y aclarando con agua corriente, siempre empleando guantes. Si no se dispone del absorbente adecuado, emplear papel adsorbente.

Si la contaminación es importante

- Activar el sistema de emergencia (ver más adelante).
- Evacuar el personal del local.
- Avisar al equipo de intervención provisto del material de protección adecuado al riesgo: equipos de protección respiratoria, vestidos de protección, guantes, etc.
- Cerrar todos los aparatos con llama si el producto contaminante es volátil e inflamable.
- Abrir las ventanas.
- Poner en marcha las vitrinas.
- Si ha tenido su origen en un vertido, absorberlo con el absorbente indicado para dicho vertido y guardarlo en un recipiente estanco, lavando y aclarando con agua corriente, siempre empleando guantes. Si no se dispone del absorbente adecuado, emplear papel adsorbente.
- Prohibir la entrada al local hasta que la concentración ambiental de la sustancia peligrosa en la atmósfera deje de ser un riesgo.
- Hacer mediciones ambientales para conocer los niveles de contaminación.

#### 4.8. Equipamiento de emergencias

Para hacer frente a muchas de las emergencias que pueden darse en el laboratorio se ha de disponer del siguiente equipamiento:

- **Extintores:** deben estar debidamente señalizados, y el personal del laboratorio debe estar entrenado en su uso.
- **Duchas de seguridad:** cuya ubicación esté cerca de la salida, que no obstaculice la circulación en el laboratorio.
- **Ducha lavaojos:** en una piletta con desagüe.
- **Mantas ignífugas:** para la extinción de fuegos pequeños o como alternativa a la ducha de seguridad.
- **Neutralizadores, absorbentes y adsorbentes de laboratorio.**
- **Botiquín.**

### 5. EL ETIQUETADO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

El Reglamento (CE) No 1272/2008 CLP (Clasificación, Etiquetado y Envasado), representa la adaptación en la UE del SGA, (Sistema Globalmente Armonizado, GHS en inglés) que es una regulación aprobada a nivel mundial que va siendo sometida a distintas actualizaciones. Este Reglamento regula el contenido de la etiqueta que, de forma obligatoria, debe aparecer en todos los recipientes que contengan productos químicos peligrosos.

La información sobre el riesgo derivado de la utilización de productos químicos está recogida en la etiqueta y se amplía mediante la ficha de datos de seguridad (FDS).

Mediante este Reglamento se deroga la anterior normativa sobre etiquetado de productos químicos peligrosos, (RR.DD. 363/1995 y 1078/1993)

## ETIQUETA

Sirve para identificar el producto y al responsable de su comercialización así como para aportar información sobre los riesgos que presenta, principalmente desde el punto de vista de la seguridad y de las vías de entrada al organismo en caso de exposición.

Una sustancia o mezcla clasificada como peligrosa y contenida en un envase llevará una etiqueta en la que figurarán los siguientes elementos:










- el nombre, la dirección y el número de teléfono del proveedor o proveedores;
- la cantidad nominal de la sustancia o mezcla contenida en el envase a disposición del público en general, salvo que esta cantidad ya esté especificada en otro lugar del envase;
- la identificación del producto.
- cuando proceda, los pictogramas de peligro
- cuando proceda, las palabras de advertencia. Estas palabras de advertencia indican el nivel relativo de gravedad de los peligros para alertar al lector de la existencia de un peligro potencial. Deben figurar en la etiqueta y son:
  - Peligro (Dgr; danger): asociada a las categorías más graves
  - Atención (Wng; warning): asociada a las categorías menos graves
- Estas palabras de advertencia sustituyen a las anteriores indicaciones de peligro (E, O, F, T, Xn, Xi y C). De esta forma, ya de entrada, se indica el nivel de peligro de la sustancia o mezcla identificada.
- cuando proceda, las indicaciones de peligro mediante frases H (Hazard).
- cuando proceda, los consejos de prudencia mediante frases P (precaution).
- cuando proceda, una sección de información suplementaria de conformidad con el artículo 25 del Reglamento.

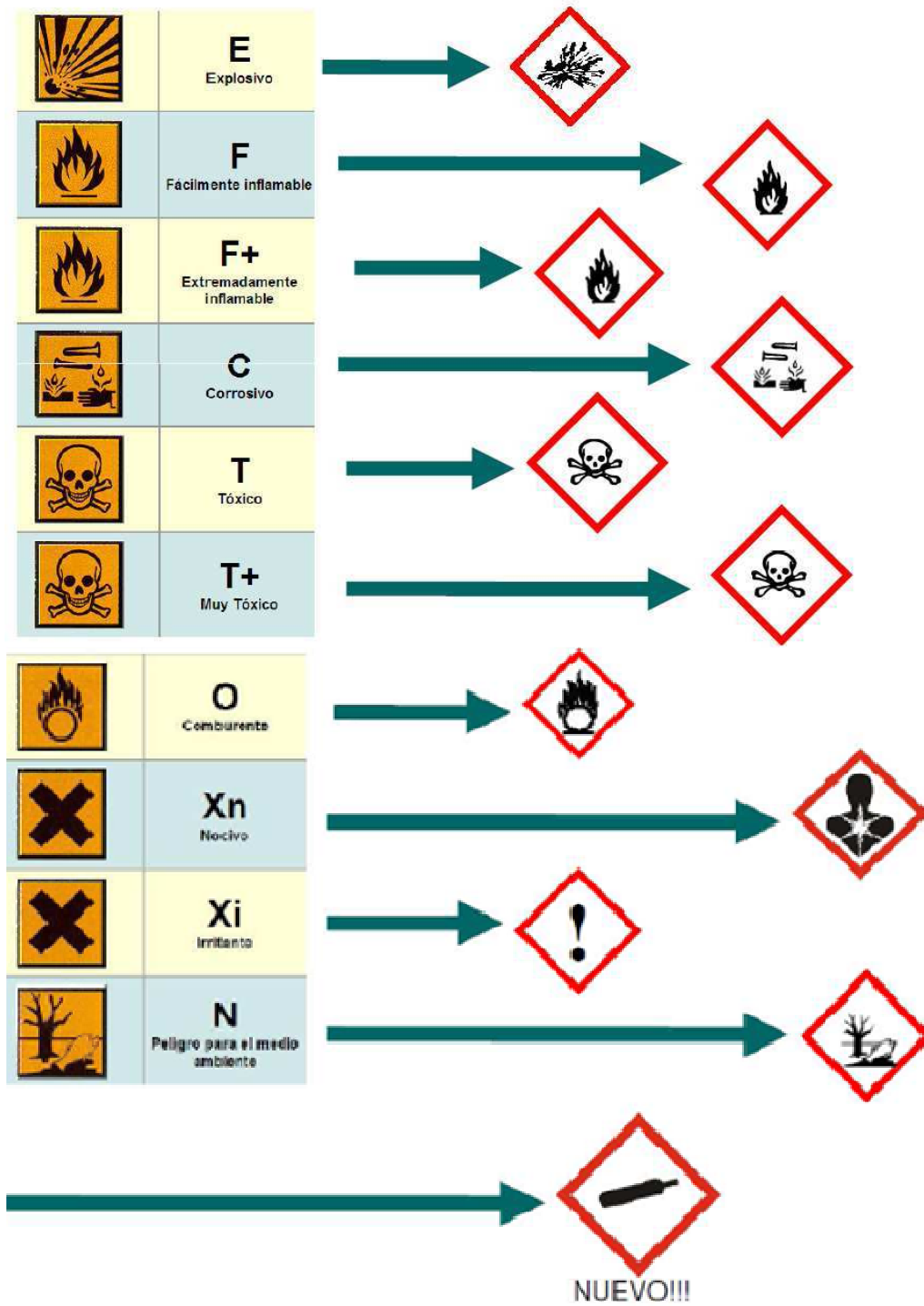
1 l <sup>1</sup> 0,785 kg 1 kg <sup>1</sup> 1,274 l	
Minimum assay (S.C.)	99.5%
Identify according to Pharmacopoeias	p/t
Density at 20/20	0.785-0.787
Refractive index n <sub>D</sub> 20/D	1.376-1.378
MAXIMUM LIMIT OF IMPURITIES	
Appearance	p/t
Acidity or alkalinity	p/t
Non-volatile matter	0.002 %
Peroxides	p/t
Related substances	0.003
Ethanol (S.C.)	0.002%
Water (H <sub>2</sub> O)	0.05%
Water (H <sub>2</sub> O)	0.5 %
More information see Analysis Certificate	
250 ml	
LOT 0000296565	
Min. Val. 01/2017	

2. La etiqueta estará escrita en la lengua o lenguas oficiales del Estado o Estados miembros en que se comercializa la sustancia o mezcla, a menos que el Estado o Estados miembros interesados dispongan otra cosa.

Los proveedores podrán usar en sus etiquetas más lenguas de las exigidas por los Estados miembros, siempre que en todas ellas aparezca la misma información.

El Reglamento establece tres clases de peligro:

Grupos de peligros	Clases de peligro	Pictograma
<b>Peligros físicos:</b>	Explosivo	
	Inflamable	
	Comburente	
	Gas a presión	
	Corrosivo	
<b>Peligros para la salud</b>	Tóxico	
	Corrosivo	
	Irritante	
	Nocivo	
<b>Peligros para el medio ambiente</b>	Peligroso para el medio ambiente	



Correspondencia entre las antiguas indicaciones de peligro y las establecidas en el Reglamento CLP.



## 6. LA FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

La ficha de datos de seguridad (FDS) es una fuente de información complementaria a la que aparece en la etiqueta. Los Reales Decretos 363/1995 y 1078/1993 establecen el contenido que, de forma obligatoria, debe aparecer en ellas. Se componen de 16 apartados.

### 6.1. Descripción de una ficha de datos de seguridad

La normativa no especifica un formato estándar obligatorio para la ficha de datos de Seguridad, ya sea de un preparado o de una sustancia peligrosa, pero sí establece un tipo de información que debe ser incluida en la misma de forma obligatoria:

Información a incluir en una ficha de datos de Seguridad:

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa.
2. Composición /información sobre los componentes.
3. Identificación de los peligros.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deban tomarse en caso de vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Control de exposición /protección individual.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Informaciones toxicológicas.
12. Informaciones ecológicas.
13. Consideraciones relativas a la eliminación.
14. Informaciones relativas al transporte.
15. Informaciones reglamentarias.
16. Otras informaciones\*, por ejemplo consejos relativos a la formación, usos recomendados y restricciones, referencias escritas, fuentes de los principales datos y fecha de emisión.

### 6.2. Implicaciones de la normativa

Parece interesante destacar una serie de implicaciones que, en forma de obligaciones y responsabilidades, se desprenden de esta normativa:

- Según la normativa, la responsabilidad inicial respecto a la elaboración de una ficha de datos de seguridad es del fabricante o del importador. Éste, dentro de lo posible, tiene que anticiparse a los usos a los que va a destinarse la sustancia o el preparado y prevenirlos.
- Los importadores o distribuidores que efectúen un reempaquetado o un reetiquetado de un producto deben también preparar una ficha de datos de seguridad. En general cualquiera que intervenga en la cadena de suministro deberá comprobar que la información es adecuada para sus clientes; antes de transmitirla.
- Es importante insistir en que la responsabilidad, respecto al contenido de una ficha de datos de seguridad, es del suministrador del producto peligroso aunque éste no sea el autor de la misma. Por ello el suministrador debe asegurarse de que la persona que la prepara está capacitada para hacerla, y esto debiera significar que esa persona tiene los conocimientos y la experiencia necesaria.
- La obligatoriedad de suministrar una ficha de datos de seguridad es aplicable tanto si el

producto químico está empaquetado y, por tanto etiquetado, como si no lo está. Los productos químicos suministrados a granel, por ejemplo en cisterna o por conducciones, también necesitarán una ficha de datos de seguridad.

- Las sustancias y preparados que no están clasificados como peligrosos no están obligados por esta normativa.
- Respecto al receptor (destinatario) de la ficha, la información recibida debe permitirle tomar todas aquellas medidas necesarias para proteger a sus empleados y al medio ambiente. Aunque la normativa no establece la obligatoriedad de transmitir esta información a los trabajadores, estas fichas son obviamente un punto de información muy importante para la prevención del riesgo químico y deben tratarse como documentos de uso general y estar a la disposición de los trabajadores o de sus representantes en los comités de seguridad, así como de los servicios médicos.

## 7. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

En el laboratorio se generan residuos que es necesario tratar de forma adecuada para garantizar la seguridad de los trabajadores y evitar contaminar el medio ambiente. Tanto el tipo de residuo como la cantidad en que se produce dependen del laboratorio, por lo que cada laboratorio debe hacer un estudio para conocer qué residuos genera y en qué cantidad.

### 7.1. Clasificación de residuos

La Nota Técnica de Prevención NTP 480. "Gestión de residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación" establece la siguiente clasificación de los residuos:

#### Grupo I: Disolventes halogenados

Son líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno, incluyendo mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%.

#### Grupo II: Disolventes no halogenados.

Son líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos.

#### Grupo III: Disoluciones acuosas.

Este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer divisiones y subdivisiones, tal como se indica a continuación.

- Soluciones acuosas inorgánicas:
- Soluciones acuosas básicas: Hidróxido sódico, hidróxido potásico.
- Soluciones acuosas de metales pesados: Níquel, plata, cadmio, selenio, fijadores.
- Soluciones acuosas de cromo VI.
- Otras soluciones acuosas inorgánicas: Reveladores, sulfatos, fosfatos, cloruros.
- Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO: Soluciones acuosas de colorantes.
- Soluciones de fijadores orgánicos: Formol, fenol, glutaraldehído.
- Mezclas agua/disolvente: Eluyentes de cromatografía, metanol/agua.

#### **Grupo IV: Ácidos.**

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

#### **Grupo V: Aceites.**

Este grupo corresponde a los aceites minerales derivados de operaciones de mantenimiento y, en su caso, de baños calefactores.

#### **Grupo VI: Sólidos.**

Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de Sólidos:

- **Sólidos orgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica, o contaminados con productos químicos orgánicos.
- **Sólidos inorgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo, sales de metales pesados.
- **Material desechable contaminado:** A este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos.

#### **Grupo VII: Especiales.**

A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos. Ejemplos:

- Comburentes (peróxidos).
- Compuestos pirofóricos (magnesio metálico en polvo).
- Compuestos muy reactivos [ácidos fumantes, cloruros de ácido (cloruro de acetilo), metales alcalinos (sodio, potasio), hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio), compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo), compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos), compuestos peroxidables (éteres), restos de reacción, productos no etiquetados].
- Compuestos muy tóxicos (tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.).
- Compuestos no identificados.

Mención aparte merecen las sustancias clasificadas como cancerígenas que se recogen separadamente, ya que el trabajo con este tipo de sustancias y, en consecuencia, con sus residuos, está regulado por el R.D. 665/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. En el art. 5 l se indica que: "(se debe) disponer de medios que permitan... la recogida, almacenamiento y eliminación de residuos, en particular mediante la utilización de recipientes herméticos etiquetados de manera clara, inequívoca y legible, y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia".

## **7.2. Tipos de envase para contener residuos**

Para los residuos del grupo I al VII es recomendable emplear envases homologados para el transporte de materias peligrosas. La elección del tipo de envase también depende de cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio o centro. Algunos tipos de posibles envases a utilizar son los siguientes:

- Contenedores (garrafas) de polietileno de 5 o 30 litros de capacidad. Se trata de polietileno de alta densidad resistente a la mayoría de productos químicos y los envases son aptos para los residuos, tanto sólidos como líquidos, de los grupos I a VII. También pueden emplearse envases originales procedentes de productos, siempre que estén correctamente etiquetados y marcados.
- Bidones de polietileno de 60 y 90 litros de capacidad y boca ancha, destinados al material desechable contaminado.
- Cajas estancas de polietileno con un fondo de producto absorbente, preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos obsoletos y otros productos especiales.
- Envases de seguridad, provistos de cortafuegos y compensación de presión, idóneos para productos muy inflamables (muy volátiles) o que desprendan malos olores.

Todos estos tipos de envases pueden ser suministrados por la empresa gestora o por empresas especializadas del sector.

### 7.3. Etiquetado e identificación de los envases

Todo envase de residuos peligrosos debe estar correctamente etiquetado (indicación del contenido) e identificado (indicación del productor). La identificación incluye los datos de la empresa productora, la referencia concreta de la unidad (nombre, clave o similar), el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase. La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del residuo así como informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor.

El contenido de estas etiquetas debe cumplir con lo establecido en el RD 833/88 (además de lo especificado antes para los cancerígenos), incluyéndose lo siguiente:

- Pictogramas e indicaciones de peligro, de acuerdo con lo dispuesto en el anexo II del Real Decreto 363/1995.
- Los riesgos específicos que correspondan mediante una o más frases R, de acuerdo con el anexo III del citado R.D.
- Los consejos de prudencia que correspondan mediante las frases S, de acuerdo con el anexo IV del R.D.
- Un espacio en blanco donde el productor hará constar el principal componente tóxico o peligroso del residuo (p.e., metanol, metales pesados, cromo, plomo, etc.).

### 7.4. Almacenamiento temporal

Desde el momento de la generación de un residuo hasta la retirada por parte de la empresa gestora, su almacenamiento en los distintos grupos es responsabilidad del productor, que debe llevarlo a cabo correctamente teniendo en cuenta tanto la normativa vigente en materia de residuos, que prohíbe almacenamientos de residuos en períodos superiores a seis meses, como la correspondiente al almacenamiento de productos químicos. En algunos casos, en función de las cantidades generadas y de la periodicidad de recogida, además del almacén general, puede ser recomendable disponer de un local específico para el almacenamiento de los residuos que también debe cumplir lo establecido por la normativa específica.

Si las cantidades son pequeñas o los tipos de residuos no implican riesgo muy elevado de incendio o toxicidad, los contenedores pueden almacenarse junto a los centros productores, procurando habilitar un espacio exclusivo para este fin o utilizando armarios de seguridad. Debe evitarse el apilamiento, habilitándose estanterías metálicas y depositándose en el suelo los contenedores grandes (de 30 litros), reservando las estanterías superiores para los contenedores pequeños (de 1, 2, 5 y 10 litros).

## 7.5. Incompatibilidades entre sustancias

El principal riesgo en la recogida selectiva de residuos son las posibles reacciones de incompatibilidad. Las incompatibilidades son especialmente destacables en el grupo VII, por lo que debe tenerse en cuenta que éstos jamás se mezclarán entre ellos ni con los otros grupos. Siempre que sea posible, los residuos de este grupo, en cantidades iguales o inferiores a 1 litro, se mantendrán en su envase original. En caso de duda, se ha de consultar al responsable o a la empresa gestora.

## 7.6. Manipulación, transporte y almacenamiento

Se exponen a continuación unas instrucciones generales para la manipulación de los residuos.

- Siempre debe evitarse el contacto directo con los residuos, utilizando los equipos de protección individual adecuados a sus características de peligrosidad. Esto es especialmente importante en el caso de los guantes y de la protección respiratoria ya que no existen equipos que protejan frente a todos los productos.
- Todos los residuos deberán considerarse peligrosos, asumiendo el máximo nivel de protección en caso de desconocer sus propiedades y características.
- Cuando sea posible, se utilizará material que pueda ser descontaminado con facilidad sin generar riesgos adicionales al medio ambiente. En caso contrario, se empleará material de un solo uso que pueda ser eliminado por un procedimiento estándar después del contacto con el producto.
- Nunca se ha manipular residuos en solitario.
- Se escogerá el tipo de envase para almacenar los residuos.
- Para los residuos líquidos, no se emplearán envases mayores de 30 litros para facilitar su manipulación y evitar riesgos innecesarios.
- El transporte de envases de 30 litros o más se realizará en carretillas para evitar riesgos de rotura y derrame.
- El vertido de los residuos a los envases correspondientes se ha de efectuar de una forma lenta y controlada. Esta operación será interrumpida si se observa cualquier fenómeno anormal como la producción de gases o el incremento excesivo de temperatura. Para trasvasar líquidos en grandes cantidades, se empleará una bomba, preferiblemente de accionamiento manual; en el caso de utilizar una bomba eléctrica, ésta debe ser antideflagrante. En todos los casos se comprobará la idoneidad del material de la bomba con el residuo trasvasado.
- Una vez acabada la operación de vaciado se cerrará el envase hasta la próxima utilización. De esta forma se reducirá la exposición del personal a los productos implicados.
- Los envases no se han de llenar más allá del 90% de su capacidad con la finalidad de evitar salpicaduras, derrames y sobrepresiones.
- Siempre que sea posible, los envases se depositarán en el suelo para prevenir la caída a distinto nivel. No se almacenarán residuos a más de 170 cm de altura.
- Dentro del laboratorio, los envases en uso no se dejarán en zonas de paso o lugares que puedan dar lugar a tropiezos.

Hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Debe disponerse de información e instrucciones para la eliminación de residuos en el laboratorio.
- Los residuos ácidos y los alcalinos se recogen por separado en contenedores para ambos tipos de residuo.
- Los residuos de disolventes orgánicos halogenados y no halogenados también se recogen por separado en los correspondientes contenedores.
- Los colorantes se recogen también en envases especiales para ello.
- Los residuos de determinaciones en los que haya metales pesados se recogen por separado en envases rotulados de acuerdo con las características del metal o metales pesados más peligrosos que contengan.
- Se recogen por separado papel contaminado y no contaminado, vidrio contaminado y no contaminado y envases contaminados y no contaminados. De los anteriores, los contaminados se gestionan como residuo peligroso, y los no contaminados como residuo sólido urbano.
- No se deben guardar botellas vacías destapadas.
- No se deben acumular residuos de ningún tipo, excepto indicaciones en sentido contrario.
- En el caso de residuos no peligrosos que puedan verterse por el desagüe, se debe hacerlo siempre con abundante agua.
- Considerar las disposiciones legales existentes a nivel local para residuos y desechos.

## 4. CONCEPTOS BÁSICOS EN QUÍMICA

### 1. CONCEPTOS BÁSICOS

### 2. DISPERSIONES. DISOLUCIONES. EXPRESIÓN DE CONCENTRACIONES

#### 1. CONCEPTOS BÁSICOS

##### 1.1. Átomo

###### DEFINICIÓN:

“Fracción más pequeña de un elemento que conserva sus propiedades y es imposible de dividir mediante reacciones químicas”.

El átomo consta de una parte central o núcleo, y otra periférica, o corteza.

- **Núcleo:** En él encontramos dos tipos de partícula:
  - **Neutrones**, que son partículas sin carga, pero con masa.
  - **Protones**, que son partículas con carga positiva y con masa.
- **Corteza:** Aquí se encuentran los **electrones**, partículas sin masa y cargadas negativamente.

En la siguiente tabla se recoge la carga de cada una de estas partículas y el valor de su masa expresado en Unidades de Masa Atómica (UMA). 1 UMA = doceava parte de la masa de un átomo de carbono que tiene 6 protones y 6 neutrones en su núcleo. En esta escala, la masa de los protones y los neutrones tiene un valor próximo a 1 UMA cada uno.

Partícula	Carga	Masa (UMA)
Protón	+1	1,00728
Neutrón	0	1,00867
Electrón	-1	0,000549

###### Número atómico, número másico:

- **Número atómico (Z):** es el número de protones presentes en el núcleo. Coincide con el número de electrones de la corteza, puesto que el átomo es eléctricamente neutro.
- **Masa atómica (A):** Es el número total de partículas del núcleo, es decir, de protones más neutrones.

##### 1.2. Elemento químico

El comportamiento químico del átomo depende de la cantidad de electrones que tenga en su corteza. Como tiene que haber tantos electrones como protones, el número de protones determina el comportamiento químico del átomo.

Todos los átomos con el mismo número atómico tienen el mismo comportamiento químico,

y se consideran pertenecientes al mismo elemento químico. Cada elemento tiene su propio nombre y un símbolo de una o dos letras. P.ej: Ca, I, F, etc.

Usualmente se representa a los elementos químicos con su símbolo químico acompañado a la izquierda de un subíndice (Z) y un superíndice (A). Por ejemplo:



### 1.3. Sistema periódico

En la tabla periódica todos los elementos químicos aparecen ordenados en orden creciente de sus números atómicos a lo largo de 18 columnas o grupos, y forman siete periodos o filas. Aparecen dispuestos de forma que los elementos con propiedades químicas similares están dentro de un mismo grupo. Cada elemento está representado por su símbolo químico.

Hoy en día se sabe que la reactividad de un elemento depende de su estructura electrónica externa, ya que en los enlaces entre átomos participan los electrones más externos.

Los elementos de un mismo grupo, columna o familia tienen igual número de electrones en su último nivel energético ocupado. Estos electrones se llaman electrones de valencia y son los que condicionan el comportamiento químico de los elementos.

La electronegatividad, o tendencia a captar electrones, está íntimamente ligada a la estructura electrónica de un elemento. Hay elementos como pertenecientes al grupo VIIA (F, Cl, Br, I,), a los que únicamente les falta un electrón para completar su última capa y ganar estabilidad, por lo que tienen una gran tendencia a conseguir ese electrón que les falta, es decir: son muy electronegativos. También ocurre con los elementos del grupo VIA (O, S, Se y Te), tienden a tomar dos electrones para completar su estructura electrónica y también son muy electronegativos.

En el otro extremo se encuentran los elementos de los grupos IA y IIA, que se estabilizan si ceden electrones. Son poco electronegativos.

La electronegatividad depende también del volumen atómico, y va decreciendo conforme en la tabla periódica nos movemos hacia la izquierda y hacia abajo, mientras que la electropositividad crece conforme en la tabla periódica nos movemos hacia la izquierda y hacia abajo.

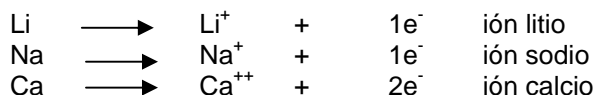
Por tanto, en la tabla periódica podemos distinguir:

- Elementos electropositivos o de carácter metálico: los situados hacia la izquierda y abajo.
- Elementos electronegativos o de carácter no metálico: los situados hacia la derecha y arriba.

### 1.4. Iones

Como ya hemos dicho, no todos los átomos tienen la misma electronegatividad. Hay átomos que ejercen fuerzas débiles sobre sus electrones (son poco electronegativos), por lo que tienden a cederlos, mientras que otros ejercen unas elevadas fuerzas de atracción (son muy electronegativos) y tienden a captar los electrones de otros átomos.

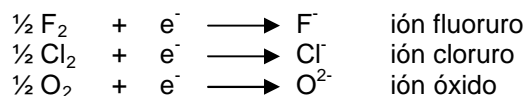
En general, los metales ceden de uno a tres electrones fácilmente convirtiéndose en iones cargados positivamente o **cationes**:



Por el contrario, algunos no metales captan electrones para convertirse en iones cargados



negativamente o **aniones**:



## 1.5. Mol3culas

Cuando los 3tomos se aproximan lo suficiente para que los electrones externos de uno de ellos puedan interaccionar con los de otros 3tomos, se pueden establecer entre ellos atracciones lo bastante fuertes para mantenerlos unidos en lo que se denomina un enlace qu3mico. Existen 3 tipos de enlace qu3mico: covalente, met3lico e i3nico. Para conocer m3s entra en la p3gina:

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/enlaces/enlaces1.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/enlaces1.htm)

En el enlace covalente, dos o m3s 3tomos comparten electrones. La uni3n de dos o m3s 3tomos mediante enlace covalente se denomina "mol3cula".

La suma de las masas at3micas de todos los 3tomos de una mol3cula es su masa molecular

Ej.: una mol3cula de agua tiene la siguiente masa molecular:

$$(2 \times 1,0080 \text{ UMA}) + (15,994 \text{ UMA}) = 18,0154 \text{ UMA}$$

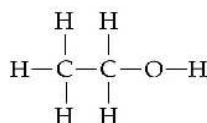
## 1.6. F3rmulas qu3micas

La f3rmula qu3mica expresa la composici3n de las mol3culas o de los compuestos i3nicos, es decir, el tipo y la cantidad de 3tomos en un compuesto.

En cualquier f3rmula qu3mica aparecen los s3mbolos qu3micos que intervienen, acompa3ados de un sub3ndice, que indica el n3mero de 3tomos de ese elemento qu3mico. Por ejemplo, la f3rmula del amon3aco es NH<sub>3</sub> est3 indicando los 3tomos que intervienen (N, H) y la cantidad de cada uno de ellos: 1 3tomo de nitr3geno por cada tres de hidr3geno.

Aunque los compuestos i3nicos no forman mol3culas, ya que forman cristales formados por iones positivos y negativos, la f3rmula de un compuesto i3nico muestra los 3tomos que intervienen en el compuesto i3nico y la proporci3n en que lo hacen. Por ejemplo, el cloruro de sodio representado como NaCl indica que hay el mismo n3mero de iones cloruro que de iones sodio. A3n cuando en este caso no se forma una mol3cula, pues lo que se tiene es un compuesto i3nico de cloro y sodio, viendo la f3rmula sabemos que en un mol de NaCl hay un mol de iones sodio y un mol de iones cloruro.

- Todo compuesto puede representarse por su f3rmula qu3mica. Hay varios tipos de f3rmula:  
F3rmula emp3rica o f3rmula m3nima: indica los 3tomos que componen a la mol3cula y su proporci3n. Por ejemplo, para el etanol es C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O.
- F3rmula molecular: Indica los 3tomos que componen a la sustancia y la distribuci3n de cada uno en la mol3cula. En muchos casos coincide con la emp3rica. Por ejemplo, para el etanol ser3a CH<sub>3</sub>CHOH.
- F3rmula desarrollada o f3rmula estructural: Es una representaci3n de la mol3cula que indica qu3 3tomo se une con cu3l, y mediante qu3 enlace. Por ejemplo, para el etanol ser3a:

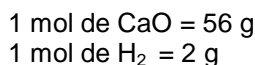


## 1.7. Moles

Hasta ahora hemos hablado solamente de átomos y moléculas individuales, y de las masas medidas en UMA. Pero en un laboratorio, los productos se pesan en gramos, no en unidades de masa atómica. Para pasar desde el nivel molecular al nivel de laboratorio, se utiliza una unidad llamada mol.

**1 mol de un elemento = peso en g, de ese elemento, numéricamente igual al peso atómico.**  
**1 mol de una molécula = peso en g, de esa molécula, numéricamente igual a su peso molecular.**

P. ej.:



1 mol de cualquier sustancia contiene el mismo número de moléculas o átomos. Este número es  $6,022 \times 10^{23}$ , y se llama número de Avogadro. Este número es un factor de conversión entre las UMA y los gramos:

$$1 \text{ g} = 6,022 \times 10^{23} \text{ UMA}$$

De este modo, en el laboratorio podemos contar átomos y moléculas con solo pesarlos. De la misma manera se puede definir la molécula gramo o mol, que es el peso molecular expresado en gramos.

Este se obtiene sumando los pesos atómicos de los átomos que componen la molécula.

Ej.:

El peso molecular del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  sería:

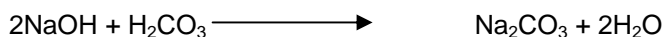
Al = 26.98	2 x 27 =	54
S = 32.06	3 x 32 =	96
O = 15.99	3 x 4x16 =	192
		342 g/mol

## 1.8. Reacciones químicas

Una reacción química o cambio químico es todo proceso químico en el cual dos o más sustancias (llamadas reactantes), por efecto de un factor energético, se transforman en otras sustancias llamadas productos. Esas sustancias pueden ser elementos o moléculas. A la representación simbólica de las reacciones se les llama ecuaciones químicas.

### Ecuaciones químicas

Las reacciones químicas son procesos que ocurren en el tiempo. Se representan mediante una ecuación química en la que a la izquierda aparecen las sustancias antes de reaccionar, y a la derecha los productos aparecidos. El número de partículas de cada sustancia se indica con un coeficiente a la izquierda de cada fórmula. Por ejemplo:



## 1.9. Densidad

En la vida diaria, puede observarse que volúmenes iguales de diferentes sustancias, no pesan lo mismo. La propiedad que hace que un cuerpo "pese" más que otro es la masa específica o densidad.

Así pues, la expresión matemática de la densidad es:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Las unidades de densidad serán pues masas / volúmenes. Las más importantes son g/ml, g/cm<sup>3</sup>, Kg/l, etc.

El agua tiene una densidad de 1g/cm<sup>3</sup>, o lo que es lo mismo, 1 ml tiene 1 g de masa.

## 2. DISPERSIONES. DISOLUCIONES. CÁLCULO DE CONCENTRACIONES

### 2.1. Dispersiones. Disoluciones

Los sistemas materiales pueden estar compuestos de una sola sustancia o de una mezcla de éstas.

De su composición dependerá que su aspecto sea homogéneo o heterogéneo.

- En los sistemas **homogéneos**: sus propiedades y composición son constantes en cualquier punto de la misma. Por ejemplo el agua, o una disolución de azúcar en agua.
- Los sistemas **heterogéneos están** formados por dos o más porciones diferentes, separadas por superficies definidas a través de las cuales las propiedades cambian bruscamente. Un material heterogéneo es una **mezcla**, y cada porción homogénea de la misma es una **fase**. Por ejemplo, en una mezcla de aceite y agua, encontramos dos fases con propiedades constantes: una fase acuosa y otra oleosa. Cada fase de una mezcla presenta unas propiedades características, y en general, pueden separarse unas de otras por medios mecánicos.

Las **substancias puras** son fases homogéneas de composición uniforme y completamente invariable, por ejemplo el azufre, el hierro, la sal o el agua.

A los sistemas materiales donde existen varios componentes se les denomina "**sistemas dispersos o dispersiones**".

En las dispersiones hay dos partes o fases:

- **Fase dispersa**: constituida por el componente que se encuentra en menor proporción.
- **Fase continua**: constituida por el componente que se encuentra en mayor proporción.

Según el tamaño de las partículas que constituyen la fase dispersa, las dispersiones se clasifican en:

- **Suspensiones o dispersiones groseras**
- **Disoluciones coloidales o emulsiones**
- **Disoluciones verdaderas**

En el siguiente cuadro se resumen las propiedades de los tres tipos de dispersión:

Dispersiones groseras o suspensiones	Disoluciones coloidales o emulsiones	Disoluciones verdaderas
Partículas mayores de 1 micra	Tamaños de partícula comprendidos entre 0,1 y 0,001 micras	Tamaño de partícula inferior a 0,001 micra
Las partículas pueden verse a simple vista o con el microscopio	Las partículas solo se ven con el ultramicroscopio	Las partículas no se ven ni con el microscopio ni con el ultramicroscopio
Las partículas no pasan el papel de filtro	Las partículas pasan el papel de filtro, pero no el de pergamino	Las partículas pasan el papel de filtro y el de pergamino
Las partículas sedimentan con el tiempo y en reposo	Las partículas no sedimentan	Las partículas no sedimentan
Ejemplo: Líquidos turbios. Arena o serrín en agua Suspensión de cacao en leche	Ejemplo: clara de huevo en agua Mahonesa	Ejemplo: sal en agua almíbar

## Disoluciones

Son fases homogéneas de composición variable. Dependiendo del número de componentes pueden ser binarias, ternarias, cuaternarias, etc.

Según su estado físico se pueden clasificar de la siguiente manera:

Estado	Tipos	Ejemplos
<b>Gaseoso</b>	Gas en gas	Aire, nitrógeno y oxígeno
	Líquido en gas	Aire húmedo. Éter en aire
	Sólido en gas	Polvo en aire
<b>Líquido</b>	Líquido en líquido	Alcohol en agua. Vinagre
	Sólido en líquido	Sal en agua
	Gas en líquido	Oxígeno en agua
<b>Sólido</b>	Gas en sólido	Hidrógeno en Paladio
	Sólido en sólido	Bronce (cobre y estaño)
	Líquido en sólido	Mercurio en cobre

Toda disolución consta de:

- **Disolvente:** Es el componente que se encuentra disperso el soluto.
- **Soluto:** Es la sustancia que se ha dispersado, y que se encuentra en menor proporción.

### Solubilidad de un soluto en un disolvente

Cada sustancia tiene una solubilidad para un disolvente determinado. La solubilidad es la cantidad máxima de soluto que puede mantenerse disuelto en una disolución, y depende de condiciones como la temperatura, presión, y otras sustancias disueltas o en suspensión. Cuando se alcanza la máxima cantidad de soluto en una disolución se dice que la disolución está saturada, y ya no se admitirá más soluto disuelto en ella. Si agregamos un poco de sal común a un vaso de agua, por ejemplo, y la agitamos con una cucharita, la sal se disolverá. Si continuamos agregando sal, habrá cada vez más concentración de ésta hasta que el agua ya no pueda disolver más sal por mucho que la agitemos. Entonces, la disolución estará saturada, y la sal que le agreguemos, en vez de disolverse se precipitará al fondo del vaso. Si calentamos el agua, ésta podrá disolver más sal (aumentará la solubilidad de la sal en el agua), y si la enfriamos, el agua tendrá menos capacidad para retener disuelta la sal, y el exceso precipitará. Cuando una disolución no admite más soluto, se dice que es una disolución saturada. La solubilidad de un mismo soluto varía con la temperatura.

### Concentración

Es la relación de cantidades o de proporciones entre soluto y disolvente o entre soluto y disolución.

Hay diferentes formas de expresar la concentración:

- **% en peso:** Se llama riqueza de una disolución, y es el número de gramos de soluto en 100 gr. de disolución.
- **% en volumen:** Da el número de ml de soluto en 100 ml. de disolución. (El soluto es un líquido).
- **% peso/volumen:** Es el nº de gramos de soluto en 100 ml de disolución. (El soluto puede ser un líquido o sólido).
- **g/L:** expresa los gramos de soluto por cada litro de disolución.
- **Molalidad:** Da el número de moles de soluto en 1 kg. de disolvente.
- **Molaridad:** Es el número de moles de soluto por litro de disolución.
- **Normalidad:** Es el número de equivalentes-gramo de soluto en un litro de disolución.

Para disoluciones muy diluidas se utilizan:

- **Partes por millón (ppm):** mg de soluto por kg de disolución.
- **Partes por billón (ppb):** µg de soluto por kg de disolución.

## 2.2. Expresión de concentraciones

### 2.2.1. Concentración expresada como %

#### 2.2.1.a. % peso-peso

Expresa los gramos de soluto por cada 100 gramos de disolución.

$$\% \text{ p.p.} = \frac{\text{g de soluto puro}}{\text{g de disolución}} \times 100 \quad (1)$$

El grado Brix es una forma especial de expresión en % p.p. Se emplea para disoluciones de azúcares, y expresa el % p.p. de sacarosa, de forma que por ejemplo, 1ºBx corresponde a un 1% de sacarosa.

Ej.: Preparar 500 g de disolución 20% p.p. de NaOH en agua, si el reactivo es del 100% de riqueza:

Procedimiento:

1. Cálculo de los gramos de soluto

$$20 \% \text{ p.p.} = \frac{\text{g de soluto puro}}{500 \text{ g de disolución}} \times 100$$

$$\text{g de soluto puro} = 500 \times 20/100 = 100 \text{ g de producto}$$

2. Cálculo de los gramos de disolvente:

$$500 \text{ g disolución} - 100 \text{ g soluto} = 400 \text{ g disolvente o } 400 \text{ ml por ser agua}$$

3. Preparación:

- Pesa en una balanza los gramos de soluto en vaso de precipitado.
- Pesa el disolvente.
- Mezcla soluto y disolvente hasta la disolución completa.

### 2.2.1.b. Concentración expresada como % peso-volumen

Expresa los gramos de soluto por cada 100 mililitros de disolución.

$$\% \text{ p.v.} = \frac{\text{g de soluto puro}}{\text{ml de disolución}} \times 100 \quad (2)$$

En este caso, la disolución se mide en unidades de volumen y habrá usar matraces aforados para llevar la disolución al volumen pedido.

Ej.: Calcular los gramos de NaCl necesarios para preparar 500 ml de disolución al 30% p.v.

Procedimiento:

1. Primero se calculan los g de producto para tener la disolución al 30% p.v. utilizando la fórmula (2).

$$30 \% \text{ p.v.} = \frac{\text{g de soluto puro}}{500 \text{ ml de disolución}} \times 100$$

$$\text{g de soluto puro} = 500 \times 30/100 = 150 \text{ g de producto}$$

2. Se pesan los g de soluto. Se introducen en un vaso de precipitados donde se disuelven con un volumen de agua y una vez disuelto, se pasan a un matraz aforado del volumen que se desea preparar con ayuda de un embudo y una varilla. Tras enjuagar el vaso el embudo y la varilla repetidas veces, se lleva a enrase.

### 2.2.1.c. Concentración expresada como % volumen-volumen

Expresa los mililitros de soluto por cada 100 mililitros de disolución.

$$\% \text{ p.v.} = \frac{\text{ml de soluto puro}}{\text{ml de disolución}} \times 100 \quad (3)$$

En este caso, tanto el soluto como la disolución están expresados en unidades de volumen y naturalmente siempre se trata de solutos líquidos. Los cálculos son idénticos que en el caso del % p.p. en cuanto a cantidad de soluto, solo que se plantea el cálculo en unidades de volumen.

Una vez calculados los ml de soluto, se prepara la disolución con material volumétrico de la misma manera que en el caso anterior.

El grado alcohólico es una forma especial de expresión en % v.v. Se emplea para disoluciones de alcoholes, y expresa el % v.v. de etanol, de forma que, 1º corresponde a un 1% de etanol.

Ej.: Se quiere preparar 250 ml de disolución de etanol al 30% v.v. ¿Qué volumen de alcohol de 95º será necesario medir?

Procedimiento:

1. Primero se calculan los ml de producto para tener la disolución al 30% v.v. utilizando la fórmula (4).

$$30 \% \text{ v.v.} = \frac{\text{ml de soluto puro}}{250 \text{ ml de disolución}} \times 100$$

$$\text{ml de soluto puro} = 250 \cdot 30 / 100 = 75 \text{ ml de producto}$$

2. Preparación:  
Se pipetea a un matraz aforado del volumen de disolución pedido los ml de soluto. Se enrasa con agua destilada hasta el aforo.

### 2.3. Expresión en gramos por litro

Expresa los gramos de soluto por cada litro de disolución. Es fundamental que la masa de soluto se exprese en gramos y el volumen de la disolución, en litros.

$$\text{g/L} = \frac{\text{g de soluto}}{\text{L de disolución}}$$

Ej.: Se quiere preparar una disolución de cloruro sódico con una concentración de 30 g/L. Si el volumen de la disolución es de 300 ml ¿qué cantidad de cloruro sódico será necesario pesar?

1. En primer lugar hay que asegurarse de que las unidades son las apropiadas, es decir, que la masa viene expresada en g y el volumen, en L. En nuestro ejemplo no es así: el

volumen está expresado en ml, así que hay que dividirlo entre 1000 para pasarlo a litros:

$$300/1000=0,3\text{L de disolución}$$

2. Ahora ya se puede hacer el cálculo:

$$g/L = \frac{\text{g de soluto}}{\text{L de disolución}}$$

$$30 = \frac{\text{g de soluto}}{0,3}; \quad \text{g de soluto} = 30 \times 0,3 = 9\text{g de cloruro sódico}$$

3. Para preparar la disolución, se pesan los 9g de NaCl, se introducen en un vaso de precipitados donde se disuelven con un volumen de agua y una vez disuelto, se pasan a un matraz aforado del volumen que se pretende preparar con ayuda de un embudo y una varilla. Tras enjuagar el vaso repetidas veces y el embudo y varilla, se lleva a enrase.

## 2.4. Disoluciones con la concentración expresada en Molaridad

Una disolución 1 molar es aquella que tiene disuelto 1 mol de sustancia en 1 litro de disolución.

Por lo tanto la molaridad se define como el cociente entre número de moles y número de litros de disolución.

$$\text{Molaridad } M = \frac{\text{nº de moles de soluto}}{\text{nº litros disolución}} = \frac{\text{g de soluto} / \text{peso molecular}}{\text{ml disolución} / 1000}$$

De esta ecuación se puede despejar cualquier incógnita, sabiendo las restantes.

Ej.: Calcular los gramos de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  necesarios para preparar 2 litros de disolución 0,5 molar.

El peso molecular es 342 g/mol.

$$0,5 = \frac{g / 342}{2} \quad \text{Despejando } g = 0,5 \times 2 \times 342 = 342 \text{ g.}$$

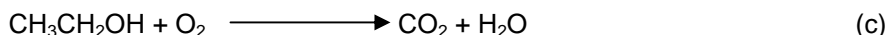
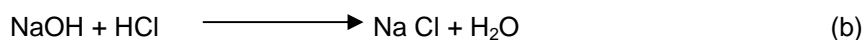
## 2.5. Disoluciones con concentración expresada en Normalidad:

### 2.5.1. Concepto de equivalente químico.

Fijémonos en las siguientes reacciones químicas:







En una misma reacción química, las especies reaccionantes intervienen siempre en la misma proporción. Así en las reacciones que se muestran arriba las reacciones se producen en las siguientes proporciones:

- (a) Siempre 2 moléculas de NaCl reaccionarán con 1 de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- (b) Siempre 1 molécula de NaOH reaccionarán con 1 de HCl
- (c) Siempre 1 molécula de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH reaccionará con 1 de O<sub>2</sub>

Si nos fijamos en la reacción (a), nos damos cuenta de que media molécula de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reaccionará con 1 de NaCl. Podríamos decir que en esta reacción, ½ molécula de “equivalente” a 1 de NaCl. De aquí nace el concepto de equivalente químico

Cuando nos movemos a escala molecular están claras las cantidades que intervienen los reactivos y las cantidades de productos aparecidos (estequiometría de la reacción), pero en un laboratorio ordinario no suele haber medios para contar átomos y moléculas. Así pues, necesitamos también poder establecer una equivalencia entre los diferentes reaccionantes que nos permita calcular las cantidades que intervienen y las cantidades de producto aparecido, pero utilizando unidades de uso cotidiano y universal (de volumen, masa o cantidad de sustancia). Hay que buscar una equivalencia entre diferentes sustancias, una unidad. A esta unidad se le llama equivalente o equivalente gramo, paralelamente a los conceptos de átomo-gramo o molécula gramo, y la definición del mismo, depende del tipo de reacción. El equivalente es muy útil sobre todo para los cálculos de las reacciones ácido-base y redox.

El equivalente se define como el “peso de sustancia que está combinada o se podría combinar con un átomo gramo de hidrógeno”.

Por ejemplo, en el ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) cuya masa molecular es de 98g/mol hay 3 átomos de hidrógeno. Podríamos decir cada hidrógeno se encuentra formando parte de 1/3 de la molécula. El equivalente de ácido fosfórico es, por tanto:

$$98/3 = 32,6\text{g}$$

Dependiendo de las sustancias el equivalente se calcula de la siguiente forma:

ACIDOS	Peso equiv. = Mol / N° de H
HIDROXIDOS	Peso equiv. = Mol / N° de OH
OXIDOS	Peso equiv. = Mol / Valencia del metal
SALES	Peso equiv. = Mol / Valencia del metal
IONES	Peso equiv. = Mol / carga del metal o no metal

### 2.5.2. Concentración expresada como Normalidad

Se llama de esta manera porque es la forma normal en la que se combinan los compuestos, es decir, equivalente a equivalente. Por tanto, la forma de expresar la concentración teniendo en cuenta los equivalentes se llama normalidad.

Se define Normalidad como el número de equivalentes de soluto que hay disueltos en 1 litro de disolución.

$$\text{Normalidad N} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de equiv. de soluto}}{\text{n}^\circ \text{ litros disolución}} = \frac{\text{g de soluto / peso equivalente}}{\text{ml disolución/ 1000}}$$

El peso equivalente se calcula como se ve en el punto anterior.

Ej.: Calcular los gramos de NaOH del 96% de riqueza, necesarios para preparar 1/4 litro de disolución 0.3 Normal. Los Pesos moleculares son: Na=23 g /mol; H= 1 g /mol; O= 16 g /mol

$$\text{Normalidad N} = \frac{\text{g} / 40}{0,250} \quad \text{Despejando:} \quad \text{g} = 0.250 \times 0.3 \times 40 = 3 \text{ g}$$

Estos son los gramos teóricos si el NaOH fuese del 100% de riqueza, pero como solo es del 96%.

$$\text{g a pesar} = (3 \times 100) / 96 = 3.125 \text{ g}$$

## 2.6. Relación entre componentes de una mezcla

En los laboratorios es frecuente expresar la concentración de determinados reactivos líquidos (ácidos y bases concentradas sobre todo) con la relación de proporciones entre los diferentes componentes. La forma de expresar estas proporciones es con cada uno de los componentes separado por dos puntos, y a continuación las proporciones de cada componente también separadas por dos puntos.

Así HNO<sub>3</sub>: agua 1: 1 indica que por cada parte de ácido concentrado, hay una parte de agua.

Cálculo:

- Se suman las partes de todos los componentes, que serán las partes totales.  
Ejemplo: para preparar 1000 ml de disolución de acetona: etanol: agua 1:3:4, ¿cuántos ml se necesitan de cada sustancia?  
Partes totales 1+3+4=8
- Se divide la cantidad total a preparar entre las partes totales. Así se conoce la cantidad (masa o volumen) de cada parte.  
En nuestro ejemplo:  
ml de cada parte= 1000/8= 125 ml cada parte
- Se multiplica la cantidad obtenida por el número que indica la proporción de cada sustancia.  
Volumen de acetona: 125 x 1= 125 ml  
Volumen de etanol: 125 x 3= 375 ml  
Volumen de agua: 125 x 4= 500 ml

## 2.7. Cálculos cuando el soluto tiene una riqueza inferior al 100%

Es muy frecuente que los solutos que se emplean en el laboratorio tengan impurezas, y que por tanto su riqueza sea inferior al 100%. En estos casos es necesario calcular la cantidad de

reactivo comercial necesaria para tener la cantidad de sustancia pura que se necesita empleando el dato de la riqueza del producto comercial. La riqueza expresa los gramos de soluto puro que hay en 100 gramos de producto comercial.

$$\text{Riqueza} = \frac{\text{g de soluto puro}}{\text{g de producto comercial}} \times 100 \quad (2)$$

Por ejemplo, Un hidróxido sódico (NaOH) de una riqueza del 90% tiene 90g NaOH por cada 100g de producto comercial, y el 10% restante son impurezas.

Ej.: ¿Cuántos g de NaOH del 90 % de riqueza se necesitan para preparar 500 g de disolución al 20% p.p?

Procedimiento:

- Primero se calculan los g de producto puro para tener la disolución al 20% p.p utilizando la fórmula (1).

$$20 \% \text{ p.p.} = \frac{\text{g de soluto puro}}{500 \text{ g de disolución}} \times 100$$

$$\text{g de soluto puro} = 500 \times 20 / 100 = 100 \text{ g de producto}$$

- Conociendo los g de producto puro, ahora se calculan los g de producto comercial utilizando la fórmula (2):

$$90 \% = \frac{100 \text{ g de soluto puro}}{\text{g de producto comercial}} \times 100$$

$$\text{gramos de soluto comercial} = 100 \times 100 / 90 = 111 \text{ g}$$

- Cálculo de los gramos de disolvente:

$$500 - 111 = 389 \text{ g.}$$

### Cálculos con soluto líquido con densidad diferente de 1g/cc

Con los solutos líquidos lo más habitual es medir su volumen. El problema es que con la expresión en % p.p., %p.v. Normalidad y molaridad, cuando se calcula la cantidad de soluto nos viene dada en g, aunque lo que necesitamos es medir su volumen. Por eso, una vez calculados los g de producto, a continuación se calcula el volumen de soluto líquido utilizando la fórmula de la densidad.

Ej.: Preparar 1000 g de una disolución de etanol 50% p.p. El etanol tiene una densidad de 0.79g/cc.

1. Cálculo de los gramos de soluto:

$$50 \% \text{ p.p.} = \frac{\text{g de soluto puro}}{1000 \text{ g de disolución}} \times 100$$

$$\text{g de soluto puro} = 500 \text{ g.}$$

2. Como la densidad es 0.79, calcularemos los ml necesarios de etanol necesario para tener 500g:

$$d = m/v \qquad v = m/d = 500/0,79 = 633 \text{ ml de etanol}$$

3. Cálculo de los gramos de disolvente:

$$1000 - 500 = 500 \text{ g de agua} = 500 \text{ ml.}$$

4. Preparación: se puede preparar de dos formas:

- Se miden con una probeta los 633 ml de etanol y se vierten en un vaso. También con una probeta se miden los 500 ml de agua y se añaden en el vaso.  
O bien
- Se miden con una probeta los 633 ml de etanol. Se vierten en un matraz aforado de 1000 ml y se completa con agua hasta la línea de enrase.

Hay otros casos que se pueden presentar, cuando el soluto es un líquido de densidad  $d$  y % de riqueza dada en peso o en volumen, pero pueden reducirse a los ejemplos anteriores.

## 5. OPERACIONES BÁSICAS EN EL LABORATORIO

1. MEDIDA DE VOLÚMENES
2. MEDIDA DE MASAS
3. PREPARACIÓN DE DISOLUCIONES
4. VALORACIONES. TIPOS
5. INDICADORES Y PATRONES
6. PROCEDIMIENTO DE UNA VALORACIÓN
7. CÁLCULOS. ERROR VOLUMÉTRICO

### 1. MEDIDA DE VOLÚMENES

Para medir volúmenes en el laboratorio se emplean pipetas (graduadas y aforadas), micropipetas, probetas, matraces aforados y buretas.

Cuando se llenan todos estos instrumentos con un líquido se puede observar que la superficie de éste en contacto con las paredes del recipiente donde está contenido, adopta una forma curva denominada "menisco". Esta forma curva plantea problemas para decidir en qué punto se realiza la medición del nivel alcanzado. El criterio que se adopta es el de que el menisco debe ser tangente a la línea de división ó aforo del material volumétrico (Figura A).



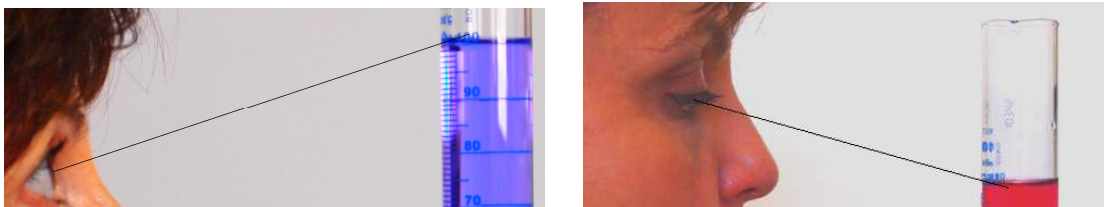
Figura A

Para ver si un menisco está bien enrasado a un aforo, o para leer un volumen, el ojo ha de estar perpendicular a las paredes del recipiente, y la línea visual en la misma línea que la base del menisco.



**Correcto**

Por el contrario, la lectura será errónea si la línea de la base del menisco queda por encima o por debajo de la línea visual.



**Incorrecto**

## LLENADO DE INSTRUMENTOS VOLUMÉTRICOS

### Pipetas

La pipeta debe estar perfectamente limpia y seca antes de utilizarla. En caso de que no esté seca o haya dudas sobre su grado de limpieza, hay que enjuagarla con una pequeña porción del líquido con el que se va a llenar.

Las pipetas se llenan siempre empleando prepipetas, nunca aspirando con la boca. Para llenarlas se aspira líquido hasta rebasar un poco por encima la marca en la que se va a enrasar, se limpia el exterior de la pipeta con papel y se deja caer poco a poco líquido hasta que el menisco quede tangente a la marca de enrase.

La pipeta se transfiere al recipiente donde se tenga que vaciar su contenido, se apoya la punta de la pipeta en la pared del recipiente, y se deja caer el líquido por gravedad. El líquido que queda en la punta no se debe de soplar a no ser que se trate de una pipeta de soplado.

### Buretas

Las buretas, una vez sujetas en su soporte con la ayuda de nueces y pinzas, deben quedar perfectamente perpendiculares a la superficie sobre la que asientan. El llenado se hace por la parte superior ayudándose de un pequeño embudo para evitar derrames. Se limpian primero con agua destilada y después se les hace pasar una pequeña porción del mismo líquido que han de contener; finalmente se añade el líquido hasta rebasar un poco por encima la marca de enrase (normalmente el cero), se limpia el exterior de la bureta con papel y se deja caer poco a poco líquido hasta que el menisco quede tangente a la esta marca.

### Probetas y matraces aforados

Una vez limpios y secos se llenan hasta un poco por debajo de la marca de enrase. Se terminan de enrasar añadiendo poco a poco líquido con ayuda de un cuentagotas.

## 2. MEDIDA DE MASAS

En el laboratorio es muy importante poder hacer medidas de masas con la máxima fiabilidad. Para ello se emplean dos tipos de balanza:

- **Balanza analítica:** el peso máximo para estas balanzas oscila entre unos pocos gramos a 200 gramos. Tienen una sensibilidad de 0,1 a 0,001mg, son exactas, precisas y se emplean para hacer pesadas en las que se requiera un alto grado de fiabilidad.
- **Balanza granataria:** Poseen una capacidad de pesada superior a la de las balanzas analíticas aunque su sensibilidad (0,1-1g), exactitud y precisión son menores que en la balanza analítica. Por su mayor capacidad permite realizar mediciones cuando se requiere una mayor capacidad de pesada y no se requiera una fiabilidad tan alta. Por otro lado son más resistentes y baratas que las balanzas analíticas.



### Consideraciones para el correcto funcionamiento de las balanzas:

1. La balanza debe estar correctamente nivelada sobre una superficie rígida a salvo de vibraciones y de corrientes de aire. Para comprobar la nivelación las balanzas suelen tener una burbuja de nivel cuya posición es necesario comprobar periódicamente.
2. La balanza debe ser calibrada periódicamente empleando pesas patrón calibradas. También se deben calibrar cada vez que se trasladan de lugar, aunque es mejor no moverlas.
3. Es fundamental mantener limpias las balanzas. En caso de que durante las pesadas caiga producto sobre el platillo, se debe limpiar con la ayuda de un pincel.
4. Las cargas a pesar deben colocarse bien centradas sobre el platillo.
5. No se deben pesar objetos calientes, pues aumenta el error de la pesada.
6. No se deben tocar directamente con los dedos los recipientes de pesada empleados en la balanza analítica. Para evitarlo se usan pinzas o tiras de papel.

## 3. PREPARACIÓN DE DISOLUCIONES

### 3.1. A partir de un reactivo sólido

1. Se pone en la balanza analítica un vidrio de reloj o un embudo de pesadas, se tara y se pesa la cantidad necesaria de reactivo sólido. Se añade con cuidado a un vaso de precipitados y se lava el vidrio o el embudo dos o tres veces con ayuda de un frasco lavador o una pipeta Pasteur. Si es necesario, se añade al vaso una cantidad de

- disolvente suficiente para que se disuelva completamente el soluto.
2. Se introduce el soluto disuelto en un matraz aforado con la ayuda de un embudo y una varilla.
  3. Se enjuagan el vaso y la varilla con una pequeña cantidad de disolvente que se vierte dentro del matraz aforado con la ayuda del embudo y la varilla. Esta operación se debe repetir dos o tres veces.
  4. Finalmente se termina de añadir disolvente hasta el volumen requerido y se agita la disolución.

### 3.2. Preparación de una disolución a partir de un líquido

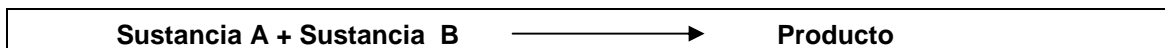
1. Se mide con una probeta limpia el volumen deseado del líquido (disoluciones de concentración aproximada), o con una pipeta graduada o aforada (disoluciones de concentración exacta).
2. Se trasvasa de la probeta o pipeta a un vaso de precipitados limpio y seco de volumen adecuado.
3. Finalmente se diluye con el disolvente hasta el volumen requerido y se agita la disolución.

## 4. ANÁLISIS VOLUMÉTRICO. TIPOS

### 4.1. El Análisis Volumétrico

Una reacción química es un proceso en el que dos o más sustancias (llamadas reactivos), se transforman en otras sustancias llamadas productos.

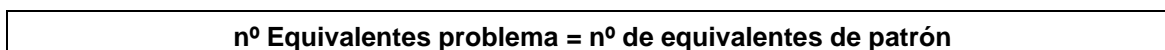
A la representación simbólica de una reacción se le llama ecuación química:



El **Análisis Volumétrico o Titulación, o Valoración** es una forma de Análisis Cuantitativo en la que las especies reaccionantes se encuentran en disolución.

Este tipo de análisis permite conocer la concentración de una sustancia disuelta midiendo, al llegar al punto de equivalencia, el volumen gastado de una sustancia patrón de concentración conocida.

Para ello, se mide un volumen de una disolución problema. Se va añadiendo poco a poco una disolución patrón. La reacción termina cuando todo el analito problema ha reaccionado. En este momento se ha llegado al punto de Equivalencia, donde se verifica:



El Punto de Equivalencia se debe poder reconocer por algún cambio característico y perceptible (como es un cambio de color o la aparición de un precipitado). En la mayoría de las volumetrías es necesario añadir soluciones indicadoras, que son reactivos auxiliares que se añaden en algunas valoraciones para reconocer el punto final mediante el cambio de color del mismo. El indicador elegido correctamente debe virar (cambiar de color) lo más cerca posible del punto de equivalencia.

Un análisis volumétrico es generalmente rápido de realizar, pero es necesario, para poderlo desarrollar correctamente, que se cumplan ciertas condiciones, como son:

1. Debe tratarse de una reacción simple y estequiométrica la sustancia problema y la



solución patrón.

2. Que la velocidad de reacción en el punto de equivalencia sea grande.
3. Debe darse un cambio característico y perceptible en el punto de equivalencia o muy próximamente a este punto.

## 4.2. Tipos de análisis volumétrico

El análisis volumétrico se clasifica atendiendo a la clase de reacción utilizada en el mismo. Así, se tienen:

1. Volumetrías de neutralización: acidimetría y alcalimetría.
2. Volumetrías de precipitación y formación de complejos.
3. Volumetrías de oxidación-reducción.

## 5. INDICADORES Y PATRONES. CÁLCULOS EN UNA VALORACIÓN

### 5.1. Patrones

#### Disoluciones de sustancias patrón primario

Llamamos sustancias patrón primario a aquellas sustancias que se presentan lo suficientemente puras y estables para que baste pesarlas y disolverlas en agua destilada o desionizada, y obtener una solución de concentración conocida con precisión. Se emplean con grado de pureza para análisis (PA).

Para la preparación de la solución se toma la sustancia en forma anhidra y se puede secar a temperatura comprendida entre 110°C y 150 °C sin que se descomponga. Luego se toma el peso exacto requerido para preparar la correspondiente solución, calculado a partir del peso fórmula o del peso equivalente. Se pesa con precisión la cantidad adecuada de sustancia seca, se disuelve en agua destilada y se diluye al volumen correcto.

Patrones primarios					
Tipo de volumetría		Sustancia	Fórmula	Peso fórmula	Peso equivalente
Ácido-base	Ácidos	Ftalato ácido de potasio	$C_8H_5KO_4$	204,23	204,23
		Yodato ácido de potasio	$KH(IO_3)_2$	389,90	389,90
	Bases	Carbonato de sodio	$Na_2CO_3$	105,98	52,99
Precipitación y formación de complejos		Cloruro de sodio	$NaCl$	58,45	58,45
		Cloruro de potasio	$KCl$	74,56	74,56
		Nitrato de plata	$AgNO_3$	169,87	169,87
		EDTA disódico	$C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$	372,26	186,13
Volumetrías redox		Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$	294,21	49,04
		Bromato de potasio	$KBrO_3$	167,00	27,84
		Yodato de potasio	$KIO_3$	214,00	Según reacción
		Yodo	$I_2$	253,80	126,90
		Cobre	$Cu$	63,54	63,54
		Oxalato de sodio	$Na_2C_2O_4$	134,1	67,00
		Sulfato ferroso amónico	$Fe(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$	392,13	392,13

Sustancias empleadas como patrón primario

## Disoluciones de sustancias patrón secundario

Se denominan sustancias patrón secundario aquéllas que no reúnen las condiciones exigidas para considerarse de tipo primario; son generalmente ácidos o mezclas de ácidos de punto de ebullición constante, hidróxidos y algunas sales hidratadas en las que es difícil de efectuar un secado conveniente.

Patrones secundarios					
Tipo de volumetría		Sustancia	Fórmula	Peso fórmula	Peso equivalente
Ácido-base	Ácidos	Ácido clorhídrico	HCL	36,46	36,46
		Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	63,02	63,02
	Bases	Hidróxido de sodio	NaOH	40,00	40,00
Precipitación y formación de complejos		Nitrato mercúrico	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .1/2 H <sub>2</sub> O	333,6	166,82
		Cianuro potásico		65,12	Según reacción
Volumetrías redox		Permanganato de potasio	KMnO <sub>4</sub>	158,03	31,61
		Tiosulfato de sodio	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O	248,18	248,18

*Sustancias empleadas como patrón secundario*

## Soluciones valoradas

Son aquellas disoluciones de concentración conocida, empleadas como reactivos, especialmente en Análisis Volumétrico. Su concentración se expresa en normalidad o en molaridad.

Para conocer la normalidad de estas disoluciones es necesario factorarlas previamente usando un patrón primario o secundario.

### 5.2. Indicadores

El procedimiento más frecuente utilizado en Análisis Volumétrico para determinar el punto final de una valoración consiste en el empleo de un indicador. Este puede actuar por cambio de color perceptible a la vista, por aparición o desaparición de un precipitado o provocando una turbidez.

Existen cuatro tipos de indicador:

#### 5.2.a. Indicadores ácido-base o de neutralización

El color de estos indicadores depende del pH, y el viraje o cambio de color se produce dentro de un intervalo pequeño de pH característico para cada indicador.

Ejemplos de este tipo de indicador son azul de bromotimol, naranja de metilo, fenolftaleína, tornasol, e indicador universal, que es una mezcla de indicadores que dan el valor del pH con gran aproximación.

Indicador	Intervalo de viraje y color			Acido	Base	
<b>Azul de timol</b>	1,2	2,8-8	8-9,6	>9,6	Muy fuerte	Débil
<b>Naranja de metilo</b>	3,1			4,4	fuerte	débil
<b>Azul bromotimol</b>	6		6,5-7	7,6	fuerte	fuerte
<b>Fenolftaleína</b>	<8,2 Incoloro		8,2	>8,2	débil	fuerte
<b>Amarillo de alizarina</b>	<10		10.12,1	>12,1	débil	Muy fuerte

Características de los Indicadores ácido-base más habituales

### 5.2.b. Indicadores de oxidación-reducción

Indican el punto final en reacciones de oxidación-reducción, ya que cambian de color cuando pasan de forma oxidada a reducida (o viceversa). Algunos ejemplos de este tipo de indicador son:

Indicador	Color reducido	Color oxidado
Azul de metileno	Azul	incoloro
2,6-diclorofenol indofenol	Azul	incoloro
Ferroina	Rojo	Azul pálido

### 5.2.c. Indicadores de precipitación

Señalan el punto final en reacciones de precipitación.

Ejemplo: el cromato potásico  $K_2CrO_4$  es el indicador empleado en la valoración de los Cloruros en la que se emplea el nitrato de plata como patrón. En esta reacción reaccionan en primer lugar los cloruros con el nitrato de plata, y cuando los cloruros terminan de precipitar, entonces el cromato potásico reacciona con el nitrato de plata formando un precipitado de color rojo (cromato de plata).

### 5.2.d. Indicadores complexométricos

Estos indicadores cambian su color cuando se combinan con metales. Se emplean en complexometrías.

Ejemplos:

- Negro de Eriocromo T, cuyo color cambia de granate (forma libre) a azul (forma combinada).
- Murexida: su color cambia del rosa (forma libre) a violeta (forma combinada).

También puede determinarse el punto final de la valoración por algún método físico, consistente en la medición de alguna magnitud física, tal como la conductividad eléctrica, diferencia de potencial entre electrodos introducidos. En estos casos no se utilizan soluciones indicadoras.

## 6. PROCEDIMIENTO DE UNA VALORACIÓN. CÁLCULOS

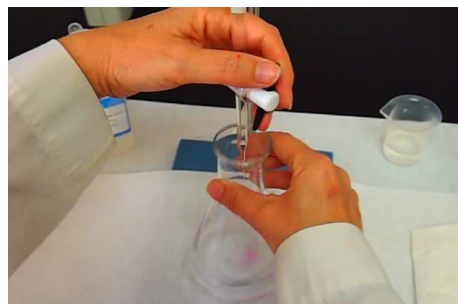
### 6.1. Procedimiento

Para llevar a cabo una titulación se coloca un volumen conocido de la solución a valorar en

un erlenmeyer y se le añaden las gotas de indicador correspondiente. De la bureta se deja caer lentamente la solución de concentración conocida hasta llegar al punto justo de viraje del indicador.



Adición del indicador



Adición del patrón



Disposición de la bureta y disolución con el indicador

Algunas normas a tener en cuenta a la hora de realizar una titulación, son las siguientes:

- Las buretas, antes de ser utilizadas, deben lavarse a fondo y enjuagarse varias veces con agua destilada. Antes de iniciar la valoración se enjuaga la bureta con el líquido que va a contener, ya que las gotas de agua alteran la concentración del reactivo y, por tanto, el resultado final.
- La bureta debe llenarse de forma que la parte inferior (debajo de la llave) esté completamente llena y sin ninguna burbuja de aire.
- El enrase debe hacerse de forma que el menisco del líquido que contiene sea tangente al cero de la escala.

- La caída de gotas de reactivo al vaso o erlenmeyer será siempre lenta (exceptuando alguna valoración como sucede con el  $K_2Cr_2O_7$  que debe ser rápida), y más al acercarse al punto de equivalencia.
- Para apreciar mejor el punto exacto de viraje del indicador, se coloca debajo del vaso o erlenmeyer un trozo de papel de filtro blanco.
- Una vez llegado al punto de equivalencia, se anotan los ml consumidos y se calcula la concentración de la solución problema.

## 6.2. Cálculos en una valoración

Los cálculos en una valoración se efectúan basándose en que, en el punto final de la misma, se igualan los equivalentes-gramo de las sustancias que intervienen en la valoración:

$$\text{Normalidad de la disolución patrón } N_1 = \frac{\text{n}^\circ \text{ de equivalentes-gramo}}{V_1}$$

$$\text{Normalidad de la disolución problema } N_2 = \frac{\text{n}^\circ \text{ de equivalentes-gramo}}{V_2}$$

Al igualarse los equivalentes, se cumple:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

De donde se halla la normalidad de la disolución problema.

$N_1$  y  $N_2$  = normalidades, de la disolución valorante y problema, respectivamente

$V_1$  y  $V_2$  = volúmenes (en litros) de la disolución valorante y problema, respectivamente

## 6.3. Factor de una disolución

Si una vez valorada una disolución y calculada la concentración de la misma, resulta ser diferente de la que debía tener, por error en la preparación, deterioro con el tiempo, efectos de la luz, etc., debe hallarse su factor de corrección y anotarlo en la etiqueta del envase.

La normalidad real se expresa de la siguiente forma:

$$N_r = N_t \cdot F$$

Donde:

$N_r$  = normalidad real

$N_t$  = normalidad teórica

$F$  = factor de corrección

Ejemplo:

Sea una disolución de ácido clorhídrico, preparado 0,500 N y que, una vez valorado, resulta ser 0,480 N:

Factor de corrección:

$$F = \frac{0,480}{0,500} = 0,960$$

El factor es menor a la unidad y, por tanto, la disolución resulta diluida.

Si, por el contrario se hallara en la práctica una disolución de normalidad 0,516, por ejemplo, su factor de corrección sería:

$$F = \frac{0,516}{0,500} = 1,032$$

En este caso el factor es superior a la unidad y la disolución resulta ser más concentrada.

## 6. MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

1. INTRODUCCIÓN
2. MUESTRAS Y MUESTREO
3. REPRESENTATIVIDAD DE LAS MUESTRAS
4. PLAN DE MUESTREO
5. PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS DE TRABAJO PARA MUESTREO
6. TÉCNICAS DE MUESTREO
1. NORMAS OFICIALES Y ESTÁNDARES PARA LA REALIZACIÓN DE TOMAS DE MUESTRA
7. TOMA DE MUESTRA, IDENTIFICACIÓN Y TRASLADO
8. MANIPULACIÓN DE MUESTRAS. ERRORES EN LA MANIPULACIÓN DE MUESTRAS
9. OPERACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA
10. MEDIDAS DE SEGURIDAD LABORAL EN LA TOMA, MANIPULACIÓN DE MUESTRAS

### 2. INTRODUCCIÓN

Las muestras de alimento que se envían al laboratorio deben ser representativas, es decir, su composición y características sean las mismas que las del alimento al que representan. Sólo de esta forma se garantiza la fiabilidad los resultados.

Por eso una correcta obtención, conservación y manipulación de las muestras es tan importante como el propio método analítico, pues aunque este último se haya desarrollado correctamente, no servirá de nada si la muestra no representa fielmente al alimento del que se extrajo.

### 3. MUESTRAS Y MUESTREO

#### Muestra

En estadística, una muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística. Centrándonos en el laboratorio, una **muestra** es una parte o una porción de un producto que permite conocer la calidad del mismo. La muestra, por tanto, debe representar con la mayor exactitud al producto original.

Tipos de muestra:

- **Muestra simple:** es la muestra tomada en un solo punto o en un determinado momento. Por ejemplo, una única muestra de aceite obtenida de un determinado depósito.
- **Muestra compuesta o estratificada:** formada por varias unidades de muestra simple. Ejemplos de muestras compuestas son varios envases representativos de un mismo lote de fabricación o muestras de un producto a granel tomadas en diferentes zonas, por ejemplo, de un depósito.

## Muestreo

En estadística se conoce como muestreo a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población. El muestreo permite ahorrar recursos, aunque obteniendo resultados parecidos a los que se obtendrían si se realizase un estudio de toda la población.

Existen dos tipos de muestreo:

1. **Al azar:** cuando cualquier parte del alimento considerado (en este caso, un lote de producto envasado, un depósito o un saco de producto a granel) tienen la misma probabilidad de ser incorporados a la muestra.
2. **Selectivo:** cuando, por algún motivo, interesa alguna parte determinada del alimento considerado (botes alterados, sedimentos, etc.). Se realiza este muestreo en casos especiales teniendo en cuenta que la muestra puede no representar a la totalidad del producto.

## 4. REPRESENTATIVIDAD DE LAS MUESTRAS

A partir del análisis de una muestra se puede sacar la conclusión de que la población de la que se extrajo tendrá, con un determinado nivel de probabilidad, las mismas características que se han observado en el análisis.

Esta probabilidad es mayor cuanto más grande es el tamaño de la muestra ( $n^{\circ}$  de unidades de muestra, cantidad de muestra), pero como no es práctico, además de costoso, analizar grandes cantidades de muestra, es necesario establecer el tamaño que ésta ha de tener para poder seguir siendo representativa.

El tamaño de la muestra se escoge en función del tamaño de la población y del nivel de seguridad que se quiera que ofrezcan los análisis. A este respecto, en los planes de muestreo se suele partir de las Directrices Generales de muestreo elaboradas por la Comisión del Codex Alimentarius (*CAC/GL 50-2004 Directrices Generales sobre Muestreo*).

Aunque, sólo a título orientativo en los siguientes cuadros se muestran recomendaciones en cuanto al tamaño de las muestras:

- **Productos a granel**

Tamaño de la partida (TM)	Nº de porciones (kg/porción)
<1	3
Más de 1 hasta 2	4
Más de 2 hasta 5	5
Más de 5 hasta 10	6
Más de 10 hasta 20	7
Más de 20 hasta 50	9
Más de 50 hasta 100	10
>100	Raíz cuadrada del $n^{\circ}$ de TM

- **Productos envasados:**

Nº de envases	Unidades de muestra
<10	1
11-100	10
>100	Raíz cuadrada del $n^{\circ}$ de unidades



## 5. PLAN DE MUESTREO

Se entiende por plan de muestreo el procedimiento empleado para la selección, extracción, conservación, transporte y preparación de las muestras obtenidas de una población (en el caso de alimentos, la población puede ser un lote de fabricación o unas porciones de un alimento a granel). El objetivo de un plan de muestreo es obtener muestras representativas que reflejen adecuadamente las propiedades de interés de la población de procedencia.

El plan de muestreo depende de:

- Presentación del alimento: a granel, envasados, y en éstos últimos, formato de los envases.
- Representatividad que se exija de las muestras
- Tamaño de los lotes
- Criterios de aceptación/rechazo de los lotes

En un plan de muestreo se debe definir:

- Cantidad de muestra: unidades en el caso de producto envasado, cantidades (masa, volumen) en graneles.
- Tipo de muestra: simples/compuestas
- Tipo de muestreo: al azar/selectivo.
- Procedimiento de recogida, preparación, transporte, conservación y preparación en el laboratorio.
- Personal encargado de llevar a cabo el muestreo
- Periodicidad, momento del muestreo.

## 6. PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS DE TRABAJO PARA MUESTREO

El laboratorio debe elaborar un Procedimiento Normalizado de Trabajo (PNT) donde se detallen todas las actuaciones previstas en el plan de muestreo.

La estructura del PNT para toma de muestras debería ajustarse a la siguiente estructura:

- Objeto.
- Alcance
- Responsabilidades (personal técnico y personal facultativo)
- Fundamentos
- Muestras: tipo, cantidad, volumen, nº de unidades de muestra, manipulación, requisitos de aceptabilidad, transporte y almacenamiento
- Materiales para toma de muestras
- Requisitos de seguridad
- Procedimiento operativo
- Limitaciones del procedimiento y acciones a realizar.
- Anexos (en caso necesario). se puede ajustar a las recomendaciones que a este respecto aparecen en normas ISO

Además, cada página debe tener un título y / o pie donde se debe mencionar:

- fecha de aprobación y / o número de versión;
- un título único (abreviado si se desea);
- el número de PNT
- el número de página y el número total de páginas del PNT

También aparece el nombre y firma del autor, incluyendo la fecha de la firma, y el nombre y firma de la persona que autoriza la introducción de la PNT (incluyendo la fecha). También se recomienda incluir una lista de referencias.

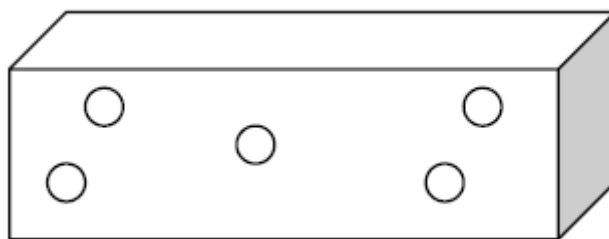
## 7. TÉCNICAS DE MUESTREO

### Producto envasado en muestreo aleatorio

Para hacer este muestreo se asigna un número a cada envase que compone la población y se escogen las unidades de muestreo usando una tabla de números aleatorios. En Excel es muy sencillo generar una tabla de números aleatorios.

### Muestreo geométrico

- Este tipo de muestreo es adecuado para muestras a granel y/o que se presentan en contenedores en los que es posible recoger unidades de muestreo de los extremos y del punto central. Por ejemplo en un camión que transporta patatas:



- En el caso de tanques donde se mantienen productos líquidos o sólidos de pequeño tamaño de partícula es conveniente (si es posible) realizar el muestreo a diferentes profundidades utilizando para ello muestreadores. Por ejemplo en un camión cargado de cebada o en un depósito de leche.

### Muestreo por producción/tiempo

- Este tipo de muestreo se hace cuando se necesita tomar la muestra directamente de la línea de producción a lo largo de toda la jornada de trabajo. En los planes de muestreo se debe indicar la periodicidad con la que se tomará cada muestra. Por ejemplo en una envasadora de leche, tomando una muestra cada hora a lo largo de toda la jornada de trabajo.

## 8. NORMAS OFICIALES Y ESTÁNDARES PARA LA REALIZACIÓN DE TOMAS DE MUESTRA

### Normas oficiales:

- Directrices Generales de muestreo elaboradas por la Comisión del Codex Alimentarius ([CAC/GL 50-2004](#) Directrices Generales sobre Muestreo)
- Reglamento (CE) 882/2004 sobre los controles oficiales efectuados para garantizar la verificación del cumplimiento de la legislación en materia de piensos y alimentos y la normativa sobre salud animal y bienestar de los animales.

## Estándares

- ISO 2859-0:1995 (E): Procedimientos de muestreo para inspección por atributos – Parte 0: Introducción al sistema ISO 2859 de muestreo por atributos
- ISO 2859-1:1999 (E): Procedimientos de muestreo para inspección por atributos – Parte 1: Planes de muestreo clasificados por nivel de calidad aceptable (NCA) para la inspección lote por lote
- ISO 2859-2:1985 (E): Procedimientos de muestreo para inspección por atributos – Parte 2: Planes de muestreo clasificados por nivel de calidad límite (CL) para inspección de lotes aislados
- ISO 3494:1976: Interpretación estadística de datos – Poder de las pruebas relativas a medias y varianzas
- ISO 3951:1989 (E): Procedimientos de muestreo y diagramas para la inspección por variables para determinar el porcentaje no conforme
- ISO 7002:1986 (E): Productos agroalimentarios – Configuración de un método normalizado de muestreo de un lote
- ISO 5725-1:1994 (E): Aplicación de estadísticas – Exactitud (conformidad y precisión) de los métodos de muestreo y sus resultados – Parte 1: Principios generales y definiciones
- ISO 8423:1991 (E): Planes sucesivos de muestreo para la inspección por variables para determinar el porcentaje no conforme (desviación típica conocida)
- ISO 8422:1991 (E): Planes sucesivos de muestreo para la inspección por atributos
- ISO/TR 8550:1994 (E): Guía para la selección de un sistema, esquema o plan de muestreo de aceptación para la inspección de elementos discretos en lotes
- ISO 10725:2000 (E): Planes y procedimientos de muestreo de aceptación para la inspección de productos a granel
- ISO/FDIS 11 648-1: Aspectos estadísticos de muestreo de productos a granel – Parte 1: Principios generales
- ISO/DIS 14 560: Procedimientos de muestreo de aceptación por atributos – Niveles de calidad expresados en elementos no conformes por millón

## 9. TOMA DE MUESTRA, IDENTIFICACIÓN Y TRASLADO

El procedimiento para la toma de muestras depende del producto. En el caso de muestras envasadas el procedimiento, obviamente es simple. Es más complejo en muestras a granel ya que frecuentemente implica la utilización de utillaje específico y en condiciones de total higiene para evitar la contaminación de las muestras.

En el muestreo es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- La toma de muestras deberá ser realizada por personal adecuadamente entrenado, capacitado y autorizado para esta labor.
- Al realizar la toma de muestras los alimentos deben encontrarse dentro de su vida útil, y con la suficiente antelación para que los análisis se hagan antes de que el alimento caduque.
- La toma de muestras debe hacerse evitando su contaminación. Para eso es necesario que el instrumental esté limpio, y en el caso de muestras a las que se vaya a hacer control microbiológico, se debe usar material esterilizado y protegido. Se deben tomar todas las precauciones de asepsia, conservando en todo momento las condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

Las muestras deben etiquetarse adecuadamente recién tomadas. En la etiqueta se indica un

código de identificación, y se debe asegurar que no se desprenda durante la manipulación y transporte de la muestra. Las muestras deben llevar un documento adjunto donde se consigne:

- Sitio de toma de muestra.
- Número de lote.
- Fecha de caducidad o consumo preferente del producto
  1. Persona responsable del muestreo.
  2. Día, hora y lugar en que se ha realizado la toma de muestras.
  3. Información sobre el N° del contenedor de muestra y las condiciones de conservación del producto por ejemplo: temperatura y humedad.
  4. Observaciones: cualquier información que considere puede orientar el tipo de análisis a realizar, Información sobre metodología de muestreo o situaciones presentadas durante la toma de muestras que puedan incidir en los resultados analíticos y en general toda observación que se considere relevante.
- Las muestras se deben enviar lo antes posible al laboratorio en contenedores o neveras limpios y desinfectados.
- En todo momento la muestra debe conservarse de tal forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de alteraciones que esta pueda experimentar antes del análisis.
- Se debe evitar la exposición de la muestra con el aire, la luz y la manipulación.

**EQUIPOS NECESARIOS:**

EQUIPOS	
Ropas	Mascarilla, bata, gorro y guantes desechables, botas de plástico (opcional)
Envases para muestras esterilizadas	Bolsas de plástico (desechables o tipo Whirl-pak) Frascos, Botellas
Instrumentos para recogida de muestras.	Cucharas, cucharones, cuchillos, pinzas, espátulas, tijeras, hisopos, sacabocados, brocas, etc., estériles o no, dependiendo del tipo de análisis
Equipos para transporte de muestras.	Nevera
Dispositivos de registro de temperatura	Termómetros
Equipo de Apoyo	Marcador indeleble, cinta adhesiva, papel de aluminio, etiquetas adhesivas
Agentes esterilizadores	Alcohol etílico (95%), mechero
Refrigerantes	Hielo, bolsas refrigerantes



Cucharas para toma de muestras



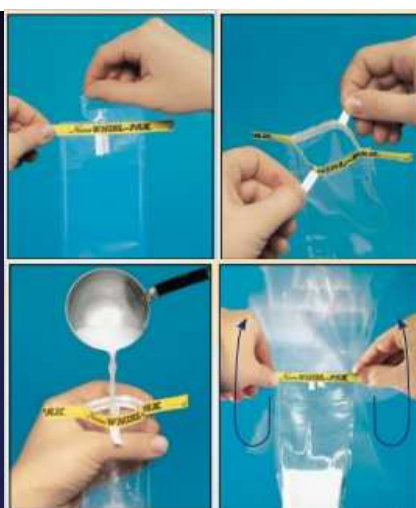
Sacabocados



Muestreadores: (1) para leche en polvo (2) para productos congelados y hielo



Contenedores para muestras



Bolsas whirl-pak<sup>R</sup> para muestras

**Imágenes de:**

[http://www.buerkle.de/es/shop/\\_muestreadores.html](http://www.buerkle.de/es/shop/_muestreadores.html)

<http://www.enasco.com/whirlpak/>

**El método a emplear para recoger muestras depende del alimento:**

**Alimentos sólidos:**

- Cortar porciones con un cuchillo limpio, sacabocados (por ejemplo, en quesos), cuchara (en semisólidos), etc.
- Transferir a un contenedor o bolsa de plástico especial para transporte
- Conservar a temperatura apropiada dependiendo del alimento.

**Alimentos líquidos:**

- Mezclar antes de la toma de muestras con un agitador estéril. Tomar la muestra empleando pipetas, vasos, cazos, etc. Los instrumentos de muestreo deben estar estériles. Posteriormente las muestras se mantienen refrigeradas hasta su llegada al

laboratorio se conservan refrigeradas o congeladas en caso de que sea necesario.

#### **Alimentos congelados:**

- Cuando estén envasados en envases pequeños, se llevan al laboratorio evitando que se descongelen y sin abrir.
- Cuando son bloques, las muestras se pueden recoger perforando con un taladro esterilizado de diámetro grande desde la parte superior del envase diagonalmente por el centro hasta la parte inferior del lado opuesto, colocando el contenedor o bolsa de recogida en la parte de salida, recogiendo los fragmentos producidos. Repetir en varios puntos hasta completar la cantidad a muestrear. Si no se dispone de taladro, se puede picar el material congelado con martillo y cincel esterilizado y recoger las astillas con un recipiente estéril, transferir a un envase estéril y transportar al laboratorio siempre congelado. En el laboratorio se conservan congeladas.

Las muestras se deben mantener congeladas usando nevera portátil o hielo seco.

#### **Alimentos Deshidratados:**

- Las muestras se extraen con cucharas, espátulas o muestreadores cilíndricos (sondas). Estos últimos se insertan de forma diagonal en el depósito o contenedor a muestrear. Una vez extraída la porción de alimento se transfieren a un envase estéril.
- Normalmente estos alimentos pueden transportarse a temperatura ambiente, y conservarse en lugar fresco y seco. En el caso de temperaturas ambientales muy altas se deben mantener refrigeradas hasta el momento del análisis.



**Muestreador para alimentos a granel sólidos en polvo o pequeño tamaño de partícula**  
(imagen de [http://www.buerkle.de/es/shop/\\_muestreadores.html](http://www.buerkle.de/es/shop/_muestreadores.html))

## **10. MANIPULACIÓN DE MUESTRAS. ERRORES EN LA MANIPULACIÓN DE MUESTRAS**

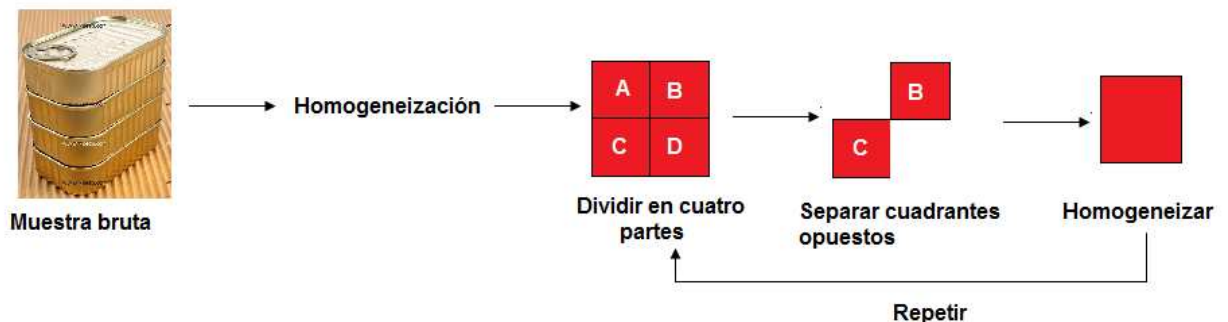
Normalmente la muestra está compuesta de submuestras o unidades de muestreo. Por ejemplo, varios envases de un lote de tomate frito o leche de diferentes puntos de un tanque. El conjunto de unidades de muestreo constituye la muestra bruta. Esta muestra se transporta al laboratorio en las condiciones descritas antes.

Una vez en el laboratorio se obtiene a partir de ellas la muestra de laboratorio, que es la que se someterá a los diferentes análisis. Como muestra de laboratorio se suelen dejar 1-2 kg.

Para obtener la muestra de laboratorio partiendo de la muestra bruta, se hace la mezcla de las diferentes unidades. Toda la mezcla se homogeneiza y de la muestra homogeneizada se toma una porción que constituirá la muestra de laboratorio. La técnica de homogeneización depende del alimento:

- En alimentos de humedad intermedia o alta en un homogeneizador.
- En alimentos líquidos agitando suavemente evitando formar espuma.
- En el caso de sólidos secos o en polvo por el método de los cuadrantes opuestos (ver esquema). Este método se repite hasta obtener la muestra de laboratorio.

El esquema de trabajo en sólidos secos es:



La muestra de laboratorio se guarda en un recipiente hermético a temperatura apropiada según el tipo de alimento.

Los principales problemas que pueden aparecer en la etapa de muestreo y durante el transporte y almacenamiento de las muestras son:

- **Mala conservación:** las muestras de alimentos deben refrigerarse inmediatamente (o congelarse en el caso de congelados), con la única excepción de alimentos de bajo contenido en agua como harinas, granos y legumbres en los que suele ser suficiente guardar en lugar fresco. Todas las muestras deben conservarse al abrigo de la humedad.
- **Contaminación:** Los contenedores de las muestras deben ser completamente estancos. Los cierres deben funcionar perfectamente para evitar contaminaciones del exterior. La toma de las muestras se debe realizar en condiciones de máxima asepsia en contenedores limpios y estériles. También durante la homogeneización se puede producir contaminación, por lo que se deben extremar las precauciones. Los materiales de los contenedores también son de gran importancia, pues pueden presentar permeabilidad a gases o ceder moléculas orgánicas o inorgánicas a la muestra, contaminándola.
- **Pérdidas de material:** sobre todo durante el transporte y conservación por un mal cierre de los envases, pero también durante la homogeneización si no se hace bien.

## 11. OPERACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Las muestras deben reducirse de tamaño antes de su análisis, pero esa reducción debe ser cuidadosa: la fricción producida durante las operaciones de molienda puede recalentarlas, y la reducción del tamaño de partícula aumenta la superficie expuesta al oxígeno, con lo que aumenta el peligro de oxidaciones. El método de reducción de tamaño depende del tipo de alimento:

- Alimentos secos y grasos como los quesos curados, chocolates o frutos secos es mejor

- rallarlos o molerlos a mano.
- Alimentos duros y secos como los cereales se mezclan uniformemente y se muelen finamente. Después se tamizan y se mezclan homogéneamente. La molienda debe proporcionar producto con un tamaño de partícula que atraviese un tamiz de 1mm<sup>2</sup>. La molienda debe hacerse rápidamente y con la mínima exposición al ambiente. Se debe evitar el sobrecalentamiento durante el molido. El molino debe estar perfectamente limpio.
  - Los tejidos como las carnes y pescados se desnervan con un cuchillo para eliminarles tendones, huesos, piel, etc. y se muelen en picadora.
  - Las frutas y hortalizas se pelan y/o pican con picadora.
  - Los productos líquidos como zumos o yogures se mezclan con una batidora.
  - Las muestras de grasas (aceite, manteca, mantequilla, etc.) pueden presentar turbidez. En este caso se funden y filtran sobre papel en caliente.
  - La muestra de laboratorio una vez mezclada y homogeneizada se divide en dos partes que se introducen en sendos frascos limpios. Una se guarda y la otra se empleará en los análisis y su tamaño deberá ser adecuado para la totalidad de las pruebas que se vayan a realizar.
  - Las muestras líquidas y semilíquidas deberán conservarse en frascos tapados y mezclarse perfectamente antes de su análisis.
  - Los materiales deberán conservarse en refrigeración o a temperaturas que eviten cambios en su composición. Muestras para análisis de vitaminas u otras sustancias sensibles a la luz se colocarán en recipientes de vidrio color ámbar.
  - Antes del análisis las muestras de laboratorio se muelen finamente, se tamizan y se mezclan homogéneamente. La molienda debe proporcionar producto con un tamaño de partícula que atraviese un tamiz de 1mm<sup>2</sup>. La molienda debe hacerse rápidamente y con la mínima exposición al ambiente. Se debe evitar el sobrecalentamiento durante el molido, así que los materiales sensibles al calor deben ser molidos a mano. El molino debe estar perfectamente limpio.
  - La muestra de laboratorio una vez mezclada y homogeneizada se divide en dos partes. Una se guarda y la otra se empleará en los análisis y su tamaño deberá ser adecuado para la totalidad de las pruebas que se vayan a realizar.
  - Las muestras líquidas y semilíquidas deberán conservarse en frascos tapados y mezclarse perfectamente antes de su análisis.
  - Los materiales deberán conservarse en refrigeración o a temperaturas que eviten cambios en su composición. Muestras para análisis de vitaminas u otras sustancias sensibles a la luz se colocarán en recipientes de vidrio color ámbar.

## 12. MEDIDAS DE SEGURIDAD LABORAL EN LA TOMA, CONSERVACIÓN, TRASLADO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras en ocasiones pueden ser peligrosas para la salud de la persona que lleva a cabo la toma. Las muestras pueden tener propiedades tóxicas, corrosivas, o ser vehículo de infecciones.

Una protección mínima implica el cuidado de los ojos, el uso de guantes de látex o de otro tipo, y de botas y ropa adecuadas. A veces puede ser necesario emplear mascarillas y puede ser necesario el uso de ropa protectora como batas o monos.



## 7. MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS
2. ETAPAS DE LAS DETERMINACIONES ANALÍTICAS
3. PRINCIPALES PARÁMETROS ANALIZADOS EN ALIMENTOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

### 1. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

La química analítica es la rama de la química encargada de analizar muestras de laboratorio con el fin de identificar y/o cuantificar sus componentes.

Dependiendo de si se pretende identificar o cuantificar sustancias, se pueden distinguir dos tipos de método de análisis:

- **Análisis cualitativo:** su finalidad es identificar sustancias. Por ejemplo, identificación de la presencia de cloruros en agua añadiendo nitrato de plata.
- **Análisis cuantitativo:** su finalidad es la de cuantificarlas. Por ejemplo, determinación del porcentaje de proteína en una carne.

También se pueden agrupar los métodos de análisis en función del método empleado:

1. **Análisis físico:** recurren a la investigación de propiedades físicas de las muestras. Son propiedades físicas:
  - Masa
  - Volumen
  - Densidad
  - Índice de refracción
  - Propiedades mecánicas como la viscosidad o dureza
  - Punto de fusión, punto de ebullición
  - Interacción entre radiaciones electromagnéticas y materia
2. **Análisis químico:** Investiga la composición de las muestras a través de las reacciones que pueden producir sus componentes. Por ejemplo, el estudio de reacciones ácido-base o de oxidación-reducción.
3. **Análisis físico-químico:** combinan reacciones químicas con medidas de parámetros físicos empleando instrumentos de medida.

Atendiendo a la escala de trabajo:

- **Macroanálisis:** Cuando se usan mas de 100 mg o más de 10 ml de muestra.
- **Semimicroanálisis:** Cuando se usan cantidades entre 10 y 100 mg o entre 1 y 10 ml de muestra.
- **Microanálisis:** Cuando se analizan entre 1 y 10 mg o 1-0,1ml de muestra.
- **Ultra microanálisis:** cuando se analizan entre 0,1  $\mu$  (microgramos, 1  $\mu$  =  $10^{-6}$  g) y 100  $\mu$ , o de 0,001 a 0,01 ml de muestra.
- **Subultramicroanálisis:** en el que se analizan cantidades menores de 0,1  $\mu$  o 0,01 ml de muestra.

Normalmente se hacen macroanálisis y semimicroanálisis.

Basándose en la forma de hacer las medidas:

- **Métodos Gravimétricos:** basados en determinaciones de masa. Por ejemplo, análisis de humedad o de cenizas.
- **Métodos Volumétricos:** basados en determinaciones de volumen. Por ejemplo, análisis de cloruros por el método de Mohr, calcio por complexometría, etc.
- **Métodos Instrumentales:** utilizan instrumentos de medida para cuantificar los cambios

en las propiedades químicas de la muestra que aparecen como consecuencia de reacciones químicas. Entre ellos, los más comunes son:

- Métodos Potenciométricos: miden cambios eléctricos causados por el analito.
- Métodos Ópticos: basados en la medida de las interacciones entre la luz y el analito o los componentes de la muestra. Entre ellos:
  - Espectroscopía de absorción y de emisión, colorimetría
  - Refractometría
  - Polarimetría
  - Turbidimetría, Nefelometría
- Métodos Cromatográficos: consistentes en la separación de componentes de una muestra y su análisis empleando algunos de los métodos instrumentales anteriores.
- **Otros:** Resonancia Magnético Nuclear, métodos radiométricos, etc.

## 2. ETAPAS DE LAS DETERMINACIONES ANALÍTICAS

1. **Toma de muestras:** La correcta toma de muestras es fundamental para obtener resultados fiables.
2. **Preparación de las muestras para su análisis:** consiste en transformar la muestra de forma que pueda ser analizada. Algunas técnicas de preparación son:
  - a. Reducción de tamaño
  - b. Disolución
  - c. Concentración, en el caso de analitos que se encuentran en pequeñas cantidades en la muestra analizada.
  - d. Eliminación de componentes que puedan interferir en el análisis, por ejemplo grasa o pigmentos.
3. **Análisis:** Realización de los análisis a alícuotas (cantidades iguales de muestra). Es necesario hacer siempre los análisis por duplicado o triplicado para evitar el riesgo de error grave si se analiza una única vez la misma muestra.
4. **Cálculos**
5. **Informe e interpretación:** El informe de análisis expresa los resultados, y puede expresar también el método seguido y el intervalo de resultados normales a modo de referencia. También hay que indicar la incertidumbre de medida. Los resultados se deben expresar de forma clara para evitar errores de interpretación.

## 3. PRINCIPALES PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ANALIZADOS EN ALIMENTOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

### 3.1. Humedad

Los métodos más usuales para medir la humedad son:

- **Gravimétrico:** por desecación en estufa a 105°C hasta pesada constante. También se puede hacer por otros métodos: por infrarrojos, microondas o a vacío.
- **Por destilación:** mediante el método Dean Stark, que consiste en un calentamiento del alimento junto con un disolvente orgánico volátil de punto de ebullición próximo al del agua e inmiscible con ella. El conjunto de disolvente y alimento se calienta y se destilan a la vez el disolvente y el agua del alimento. Se recogen ambos y se separan ya que son inmiscibles. Se mide el agua una vez que el proceso haya finalizado y se haya evaporado todo.
- **Método de Karl-Fisher:** mediante una reacción química. Empleado para muestras con contenidos en agua muy bajos.

### 3.2. Proteína bruta

El método más empleado en alimentos es el Kjeldahl. Es un método rápido y económico, aunque con el inconveniente de que determina nitrógeno total.

### 3.3. Grasa Bruta

El método más extendido es el Soxhlet, que es un método gravimétrico basado en la extracción de la grasa empleando un disolvente, pesándola después. Con este método, además de la grasa, se extraen también otros componentes liposolubles.

### 3.4. Fibra

La determinación de fibra se hace como fibra bruta o como fibra dietética.

### 3.4. Cenizas

Las cenizas son residuo inorgánico que queda tras eliminar totalmente los compuestos orgánicos existentes en la muestra por incineración. Corresponden a los minerales de la muestra

### 3.5. Hidratos de carbono

Normalmente se calculan por diferencia después del análisis de humedad, proteína bruta, lípidos (grasa bruta), fibra bruta y cenizas.

De entre los hidratos de carbono, también pueden determinarse los almidones tanto cuantitativa como cualitativamente, y monosacáridos y disacáridos, sobre todo mediante métodos enzimáticos.

### 3.6. pH

### 3.7. Acidez valorable total

Se determina valorando la muestra con hidróxido sódico y un indicador, o con un pH metro. Los resultados se dan en términos del ácido que predomina; por ejemplo, en la leche, como ácido láctico, en el vinagre como acético o en aceites de oliva como ácido oleico. En algunos casos, se expresa en términos de equivalencia de peso de un álcali determinado.

### 3.8. Alcohol

Se determina por destilación.

## 8. MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS DE ANÁLISIS

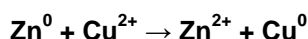
1. FUNDAMENTO DE LAS TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS DE ANÁLISIS
2. MEDIDA DE PH
3. MEDIDA DE IONES CON ELECTRODOS IÓN SELECTIVOS
4. MEDIDA DE CONDUCTIVIDAD

### 1. FUNDAMENTO DE LAS TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS DE ANÁLISIS

Las técnicas electroquímicas se basan en el fenómeno electroquímico, es decir en la relación que existe entre la electricidad y los cambios químicos que se producen en las sustancias.

Las reacciones redox son un tipo particular de reacción química caracterizada por el intercambio de electrones que se produce entre las sustancias que participan en la reacción. En toda reacción redox, hay una sustancia que se reduce (gana electrones), y otra que se oxida (pierde electrones).

Un ejemplo de este tipo de reacción es:



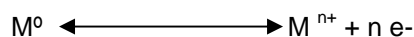
Esta reacción consta de dos semirreacciones:



El intercambio de electrones puede producirse, como cualquier otra reacción química, directamente entre los átomos o moléculas que participan en la reacción, pero también es posible separar físicamente las dos semirreacciones (oxidación y reducción) construyendo una célula electroquímica, en la que el intercambio de electrones se produce a través de un circuito externo a las disoluciones.

### La célula electroquímica

Cuando se introduce una varilla de un metal en una disolución que contenga iones de ese mismo metal, se produce la siguiente reacción de equilibrio:



$\text{M}^0$  = metal

$\text{M}^{n+}$  = forma oxidada

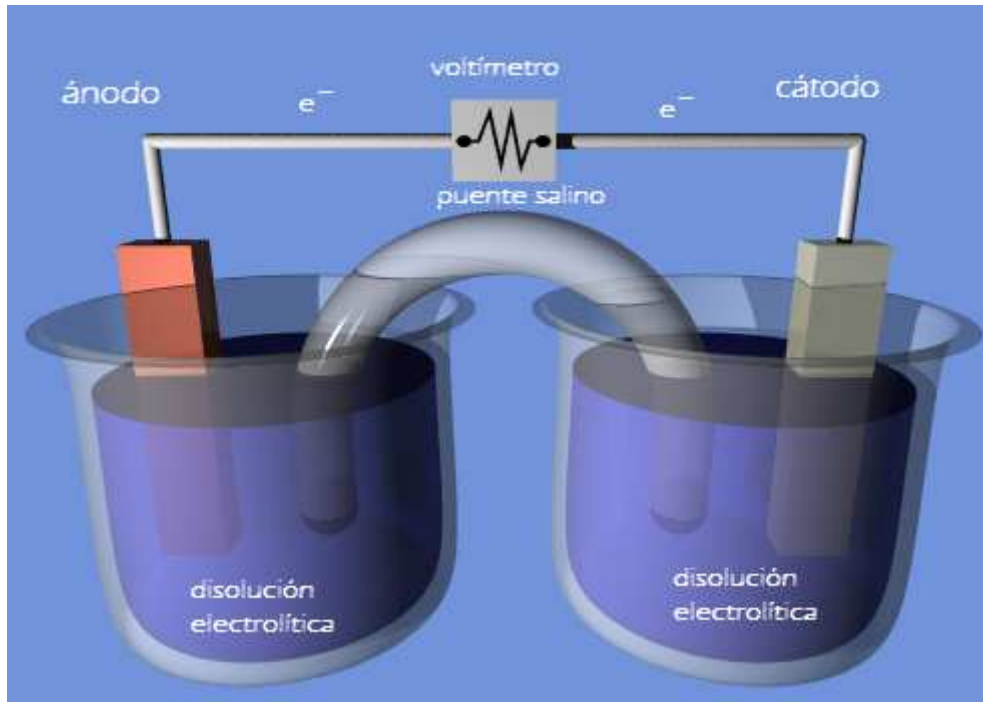
$n$  = nº de  $e^-$  implicados en la reacción.

Una célula electroquímica consta de dos semicélulas. Cada semicélula contiene un electrodo (varilla metálica) sumergida en una disolución iónica. Ambas disoluciones se encuentran separadas físicamente. Las dos varillas se encuentran unidas mediante un cable conductor de electricidad. Entre ambas semicélulas debe existir un puente salino, que es un tabique poroso que impide que los dos líquidos se mezclen, pero que permite el paso de iones

que restablezcan el equilibrio eléctrico.

En uno de los electrodos se producirá la ganancia de electrones (reducción), y en el otro la pérdida de aquellos (oxidación). Los electrones depositados en el electrodo donde se produce la oxidación pasan a través del cable al electrodo donde se produce la reducción, generándose una corriente eléctrica.

- Al electrodo donde se produce la ganancia de electrones se le denomina **cátodo**.
  - Al electrodo donde se produce la pérdida de electrones se le denomina **ánodo**.
- La corriente eléctrica producida fluye del ánodo al cátodo a través del cable conductor.



A diagram of an electrochemical cell. Author, [Alksub](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ElectrochemCell.png?uselang=es), made it in POV-Ray.  
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ElectrochemCell.png?uselang=es>

Todos los métodos electroquímicos de medida implican de un modo u otro el uso de la célula electroquímica. Algunos de los más usados en el laboratorio de análisis de alimentos son:

1. Medidas potenciométricas: pH, iones, mediante electrodos selectivos.
2. Medidas conductimétricas

Los instrumentos de empleados en las medidas potenciométricas y conductimétricas miden la señal eléctrica que se produce debido a los componentes de la muestra. Estos aparatos de medida constan de una semicélula de medida (electrodo de medida) y otra de referencia (electrodo de referencia).

## 2. MEDIDA DE PH

La medición de pH es una actividad muy importante y frecuente en el laboratorio y forma parte del contexto de la electroquímica. Los principios de la electroquímica sirven para desarrollar diferentes técnicas de laboratorio.

Existen muchas sustancias que se disuelven en el agua y, al hacerlo, modifican la

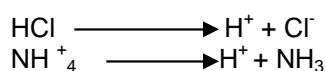
concentración de iones  $H^+$  y  $OH^-$  de la misma. A las sustancias que hacen aumentar la concentración de  $H^+$  se les llama ácidos, y a las que aumentan la concentración de  $OH^-$  se les llama bases o sustancias alcalinas.

Clásicamente, se dice que una sustancia ácida tiene sabor agrio, colorea en rojo el papel de tornasol y disuelve los metales, liberando hidrógeno.

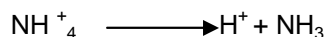


Foto: Francisco Benedito

Brönsted y Lowry definen así ácidos y bases: Ácido es toda sustancia molecular o iónica capaz de ceder un protón, y base es toda sustancia molecular o iónica capaz de aceptarlo. Ejemplos:



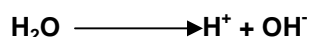
En 1923, Lewis ideó otra definición de ácido y base: "Ácido es toda especie química que actúa como aceptor de un par de electrones en una reacción, y base, la que actúa como dador, Pongamos un ejemplo:



## 2.1. Equilibrio ácido-base en el seno del agua

El agua actúa como disolvente y como electrolito y la cantidad de iones que libera influye de manera especial sobre los procesos químicos y biológicos que tienen lugar en su seno.

El agua pura se disocia según la ecuación siguiente:



El equilibrio químico se encuentra desplazado hacia la izquierda de la ecuación, es decir, hacia el agua sin disociar. Sin embargo, se encuentran, en una pequeña proporción, iones hidrógeno e hidroxilo en partes iguales.

Si  $[H^+]$  es la concentración de iones hidrógeno,  $[OH^-]$  la concentración de iones hidroxilo y  $[H_2O]$  la concentración molar de agua (moles/litro). Según la ley de acción de masas se establece que las tres formas están en equilibrio:

$$\frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 1,8 \cdot 10^{-16} = \text{constante}$$

Se considera también que  $[H_2O]$  es prácticamente constante, puesto que la concentración

de agua sin disociar es casi siempre la misma e igual a 55,5 moles/L (1000/18). Considerando [H<sub>2</sub>O] constante, podemos expresar la ecuación anterior de la forma siguiente:

$$[H^+] [OH^-] = [H_2O] \times 1,8 \cdot 10^{-16}$$

Y sustituyendo valores tendremos:

$$[H^+] [OH^-] = 55,5 \times 1,8 \cdot 10^{-16} = 0,999 \times 10^{-14} \sim 10^{-14}$$

A esta nueva constante (10<sup>-14</sup>) la llamaremos producto iónico del agua o también constante de disociación del agua.

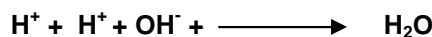
En el agua pura las concentraciones de H<sup>+</sup> y de OH<sup>-</sup> serán iguales, o sea:

$$[H^+] [OH^-] = 10^{-14}$$

Por tanto, podremos poner:

$$\begin{aligned} [H^+] &= 10^{-7} \\ [OH^-] &= 10^{-7} \end{aligned}$$

Cuando se añade un ácido al agua pura, al aumentar la concentración de H<sup>+</sup>, el equilibrio se desplaza hacia la formación de agua:



Luego para soluciones ácidas, se cumplirá que:

$$\begin{aligned} [H^+] &> 10^{-7} \\ [OH^-] &< 10^{-7} \end{aligned}$$

Del mismo modo, si al agua pura le añadimos una base, la concentración de OH<sup>-</sup> aumentaría por encima de 10<sup>-7</sup>. Por tanto, análogamente, para soluciones alcalinas se cumplirá que:

$$\begin{aligned} [H^+] &< 10^{-7} \\ [OH^-] &> 10^{-7} \end{aligned}$$

## 2.2. Concepto de pH

Para expresar la concentración de [H<sup>+</sup>] de forma sencilla, Sorensen propuso la notación pH, iniciales de potencial de hidrógeno, y que se define como: "El logaritmo decimal cambiado de signo de la concentración de H<sup>+</sup>."

$$pH = -\log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]}$$

De aquí se deduce que:

- **El pH de una disolución neutra tomará el valor 7**, puesto que  $pH = -\log 10^{-7} = -(-7) = 7$
- **El pH de una disolución ácida tomará un valor inferior a 7** ya que aumenta la concentración de H<sup>+</sup>, alcanzando ésta valores por encima de 10<sup>-7</sup> (de 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-7</sup>).
- **El pH de una disolución alcalina tomará un valor superior a 7**, ya que disminuye la concentración de H<sup>+</sup>, alcanzando ésta valores por debajo de 10<sup>-7</sup> (de 10<sup>-7</sup> a 10<sup>-14</sup>).

## 2.3. PH-metro

Es un instrumento que se utiliza para medir el pH de una muestra y consta básicamente de

un electrodo de referencia y un electrodo de medición que se sumergen en la solución a medir, y un sistema de lectura de datos.

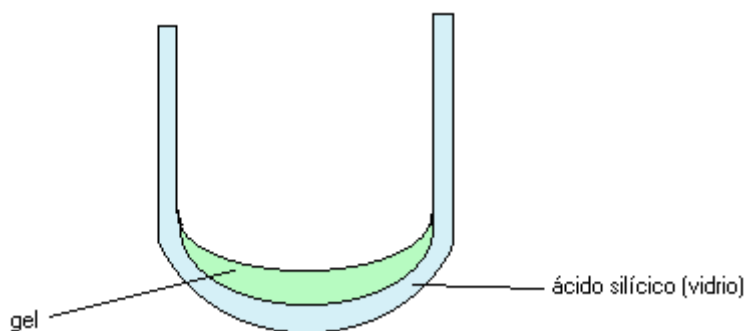
**Electrodo de referencia**

Es un electrodo de potencial conocido a cuyo potencial se le da, arbitrariamente, valor cero, de modo que se puede conocer el potencial producido en el otro electrodo comparándolo con este.

En la actualidad, se utiliza el electrodo de plata /cloruro de plata (Ag/AgCl). Este electrodo está sumergido en una solución de KCl, que puede difundir hacia la muestra a través de un orificio (diafragma) tapado con material cerámico poroso que solo deja pasar iones de pequeño tamaño K+, Cl-), ejerciendo la función de puente salino.

**Electrodo de medida**

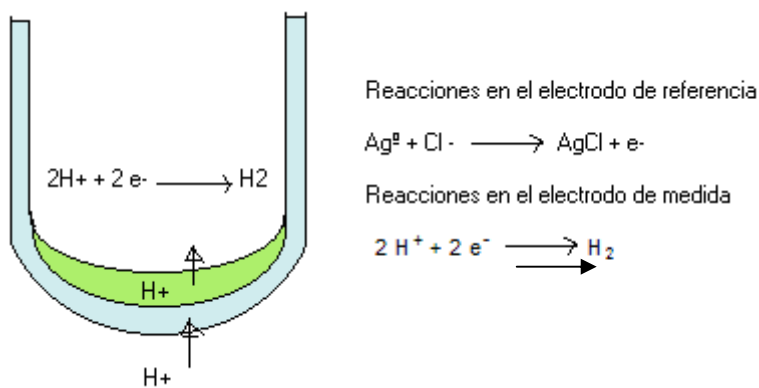
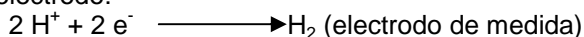
Actualmente utiliza el electrodo de vidrio, que es una fina ampolla de vidrio que en uno de sus extremos se halla revestida de una fina capa de gel.



En su interior hay una disolución de HCl 1N en contacto con un electrodo de Ag/AgCl. La parte externa de la ampolla de vidrio queda en contacto con la disolución problema.

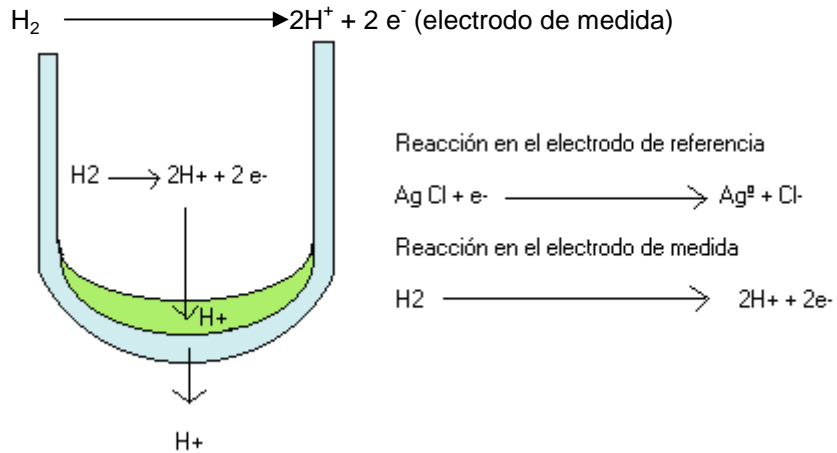
Si se sumerge un electrodo de vidrio en una disolución que contenga protones se establece una diferencia de potencial entre la superficie del vidrio y la disolución, que es proporcional a la concentración de protones:

- En medio ácido: Se produce un movimiento de protones desde la muestra hacia la membrana del electrodo:



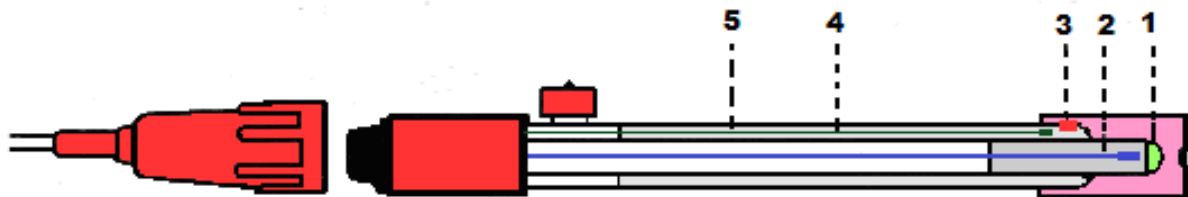


- En medio alcalino: Se produce un movimiento de protones desde la membrana del electrodo hacia la muestra.



De este modo vemos como en función del pH de la disolución, varía el potencial creado, y esa variación es proporcional a la concentración de protones.

La mayoría de los pH-metros empleados en la actualidad tienen los dos electrodos en la misma pieza (electrodo combinado). En este caso, basta con introducir el electrodo único en la disolución problema.



*electrodo combinado de pH*

Partes del electrodo combinado:

- **Membrana**. sensible a  $H^+$
- **Líquido interno**, inaccesible
- **Diafragma**: elemento cerámico poroso que permite un pequeño flujo de electrolito hacia el exterior del electrodo, estableciéndose así el circuito eléctrico necesario para la medición
- **Elemento de referencia** (varilla de plata recubierta de AgCl)
- **Electrolito de referencia**

## 2.4. Calibración del pH-metro

Una correcta medida del pH implica una calibración utilizando disoluciones tampón de pH conocido.

Los parámetros de calibración pueden sufrir modificaciones a lo largo del tiempo. En general se recomienda como mínimo 1 calibración diaria, y verificar el calibrado intercalando patrones entre las muestras.

Como el valor del pH varía con la temperatura, hay que verificarla e indicársela al aparato antes de realizar cualquier medida.

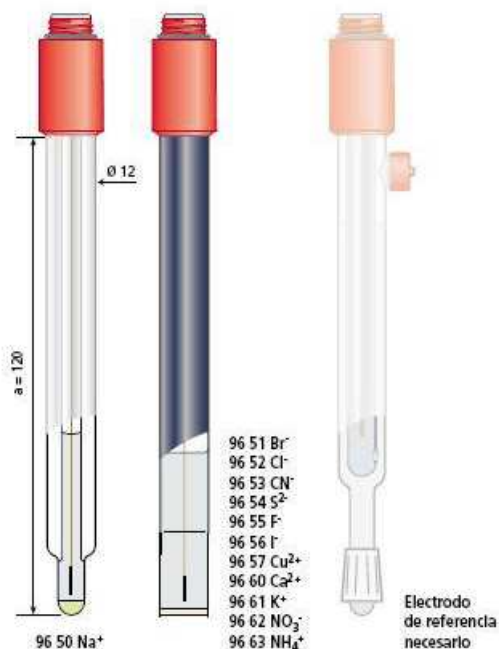
### 3. MEDIDA DE IONES CON ELECTRODOS IÓN SELECTIVOS (ISE)

Estos electrodos funcionan de forma parecida a como lo hacen los electrodos de pH, aunque adaptados a la medida de un ión concreto. Por ejemplo, el electrodo de para medida de iones sodio tiene una membrana de vidrio sensible a estos iones sodio.

Para todas estas mediciones es también necesario utilizar un electrodo de referencia. El electrodo de referencia consiste en un filamento de plata sumergido en una disolución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1M.

El funcionamiento es similar al del electrodo de pH: al introducir el electrodo en una disolución que contenga iones sodio (en el caso de un electrodo ión selectivo para sodio), se produce una corriente eléctrica proporcional a la concentración de sodio en la muestra.

Para conocer la concentración es necesaria una calibración con patrones de concentración conocida. Tanto la calibración como las mediciones se deben hacer siempre dentro del rango de medida del electrodo.



<http://www.ictsl.net/productos/021b07961a0ad1e34/02e34698b40e4a301.html>

En las mediciones con electrodo selectivo es importante tener en cuenta:

1. Temperatura: ha de ser constante durante toda la medición. Todos los ISE además trabajan dentro de un rango de temperaturas.
2. Interferencias: en la muestra puede haber sustancias que reaccionen con el ión a medir (analito), afectando a los resultados, o que atraviesen la membrana dando lugar a una señal eléctrica que no corresponde a la concentración de analito. Por ejemplo, el electrodo ISE de nuestro laboratorio es sensible a interferencias por  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$
3. pH: algunos electrodos ISE solo son sensibles dentro de un estrecho margen de pH, Por ejemplo, el electrodo ISE de nuestro laboratorio debe trabajar en un rango de pH de 8 a 11.
4. Soluciones ISA: Son soluciones que se añaden a las muestras y estándares en la misma proporción con el fin de fijar un coeficiente de actividad, ajustar el pH, y para eliminar interferencias.

## 4. MEDIDA DE LA CONDUCTIVIDAD

Cuando se aplica corriente eléctrica mediante unos electrodos a través de una disolución de electrolito, se produce la migración de los iones cargados positivamente hacia el cátodo (polo negativo) y los cargados negativamente hacia el ánodo (polo positivo).

### Técnicas conductimétricas

La conductimetría puede dar lugar a dos técnicas:

1. Mediciones conductimétricas directas
2. Valoraciones conductimétricas.

Las medidas conductimétricas directas tienen sus aplicaciones más importantes en la determinación de la pureza y salinidad del agua y de la constante de disociación de electrolitos débiles en disolución acuosa.

La base de las valoraciones conductimétricas es la Ley de KOHLRAUS de la independencia de las movilidades iónicas: "la conductancia en las disoluciones diluidas es la suma de las conductancias de los iones individuales".

Estas medidas tienen una aplicación muy limitada debido al carácter no selectivo de esta propiedad: solo dice si hay más o menos iones en una disolución pero no el tipo o la cantidad de ión.

#### Unidades:

- **Conductancia** es la medida de la conducción de una corriente eléctrica a través de la disolución electrolítica cuando se aplica a ésta una fuerza eléctrica mediante unos electrodos. Es una magnitud inversa a la resistencia eléctrica. La unidad empleada para la conductancia es el **Siemens** y se abrevia S.
- **Conductividad**: es la conductancia correspondiente a un prisma de una disolución de  $1\text{m}^2$  de sección y 1m de altura. La unidad empleada es el **Siemens /centímetro** ( $\text{S cm}^{-1}$ ). En disoluciones diluidas se emplean unidades submúltiplo: microsiemens y milisiemens.

La conductancia depende directamente del número de partículas cargadas en la disolución. Todos los iones contribuyen al proceso de conducción, pero no en la misma proporción.

La cantidad de corriente transportada por una especie dada está determinada por:

1. Su concentración
2. Su movilidad en el medio

La velocidad con que migran los iones depende:

- Del potencial aplicado: el potencial aplicado es constante en todo momento, por tanto, no influye sobre la conductancia. A mayor potencial, mayor aceleración de los iones.
- De la carga de los iones: la movilidad de los iones mayor cuanto mayor sea la carga del ión, al ser atraído con mayor intensidad.
- De la temperatura de la disolución: la movilidad aumenta con la temperatura. En disoluciones diluidas la energía calorífica se transforma en energía cinética. En disoluciones de elevada concentración al aumentar la temperatura aumenta mucho las fuerzas de fricción y esto hace que disminuya la conductancia. La medida de conductancia debe hacerse a temperatura constante. Para estandarizar la medición de la conductividad eléctrica se referencia a una temperatura de medida, generalmente a 20 ó a 25 °C
- De las fuerzas de fricción generadas en el movimiento: a mayor concentración mayores

fuerzas de fricción, lo que supone una menor velocidad de migración y por tanto una menor conductancia. Por todo ello, en la práctica se trabaja con disoluciones lo más diluidas posible (no más de 0,1N) para que la concentración y no otras fuerzas sea la principal responsable de la variación de la conductancia. Es decir, no haya interferencias en su medida.

### Descripción del conductímetro

El conductímetro es un instrumento de precisión capaz de realizar rápidas medidas de conductividad en un amplio margen de esta magnitud. El conductímetro puede constar de:

- Una celda de conductividad. Puede utilizarse una técnica de cualquier tipo que permita buena agitación del contenido y facilidad en el vertido del reactivo. Contiene dos electrodos platinados de sección  $1 \text{ cm}^2$
- Multiméetro digital. Se utiliza uno con indicación directa en mili Siemens, o en micro Siemens. Poseen compensación automática de temperaturas entre 0 a 50 °C.
- Registrador. El equipo se puede completar con un registrador que representará las curvas de valoración con el punto final.
- Circuito eléctrico- electrónico.

### Mantenimiento preventivo

3. Las celdas que no se han utilizado durante largo tiempo deben limpiarse con alcohol y después se lavan con abundante agua destilada. Para disoluciones de baja conductancia es aconsejable lavar cada celda un par de veces con la propia disolución, antes de tomar las medidas.
4. Durante su empleo debe asegurarse de que no hay burbujas adheridas a las placas.
5. Después de cada medida de celda ha de lavarse a fondo con agua destilada para eliminar todos los residuos de los análisis anteriores.
6. Las celdas contaminadas deben limpiarse con un disolvente adecuado si se trata de materia orgánica, y con HCl diluido o ácido crómico si la contaminación es inorgánica. Posteriormente se lavan con agua destilada.
7. Para periodos de tiempo cortos las celdas se pueden guardar en agua destilada que se debe renovar con frecuencia. Para periodos de tiempo superiores a una semana, las celdas se guardarán limpias y secas.

### Ejemplo: Determinación de la mineralización global del agua

Existe una relación entre el contenido de sales disueltas de un agua y su conductividad, aunque a veces, la mineralización obtenida por pesada del extracto seco no es rigurosamente idéntica a la obtenida por conductividad. Sin embargo, la mineralización global de un agua se puede calcular rápidamente por la fórmula siguiente:

$$\text{Mineralización (mg/l)} = 0.688 \times \text{conductividad } (\mu\text{S/cm}) \text{ a } 20^\circ\text{C}.$$

El valor 0.688 puede variar según el grado de conductividad conseguido.

La medida de la conductividad permite evaluar rápida pero muy aproximadamente la mineralización global del agua. Para las necesidades urgentes, facilitará la eliminación de las aguas de mineralización demasiado elevada.

En el caso de un control de distribución de agua potable, el interés de este método no reside en una sola medida, sino en una serie de determinaciones que permitan descubrir las

variaciones de composición que pueden sobrevenir debido a las infiltraciones de aguas superficiales de mineralizaciones diferentes y bastante a menudo contaminadas. En las aguas superficiales y en los vertidos de aguas residuales, las modificaciones importantes de la conductividad pueden intervenir rápidamente en el curso del río.

La reglamentación francesa relaciona la conductividad y la mineralización de la siguiente forma:

	Conductividad < 100 $\mu\text{S/cm}$	Mineralización muy débil
100 $\mu\text{S/cm}$ <	" < 200 $\mu\text{S/cm}$	" débil
200 $\mu\text{S/cm}$ <	" < 333 $\mu\text{S/cm}$	" media acentuada
333 $\mu\text{S/cm}$ <	" < 666 $\mu\text{S/cm}$	" media
666 $\mu\text{S/cm}$ <	" < 1000 $\mu\text{S/cm}$	" importante
	" > 1000 $\mu\text{S/cm}$	" excesiva

Además, una conductividad eléctrica del agua superior a 1500  $\mu\text{S/cm}$  hace considerar a un agua como no utilizable para riego.

## PRÁCTICA

Se pide formar tres disoluciones de NaCl en agua y hallar su conductividad.

### Procedimiento:

Preparar tres disoluciones de NaCl en tres matraces aforados:

- 100 ml con una concentración de 0,1g/l
- 100 ml con una concentración de 1g/l
- 100 ml con una concentración de 5g/l

Echar en tres vasos de precipitados 50 ml de cada una de las disoluciones procurando que el líquido cubra el electrodo, observar y anotar la lectura indicada por el aparato y anotarla.

Limpia el electrodo con agua destilada.

A partir del valor obtenido calcular la mineralización empleando la fórmula:

$$\text{Mineralización (mg/l)} = 0.688 \times \text{conductividad } (\mu\text{S/cm}) \text{ a } 20^\circ\text{C}.$$

Por otra parte, medir la conductividad de:

- Agua de la red
- Agua mineral (comparar con lo indicado en la etiqueta de la botella)
- Agua de ósmosis inversa

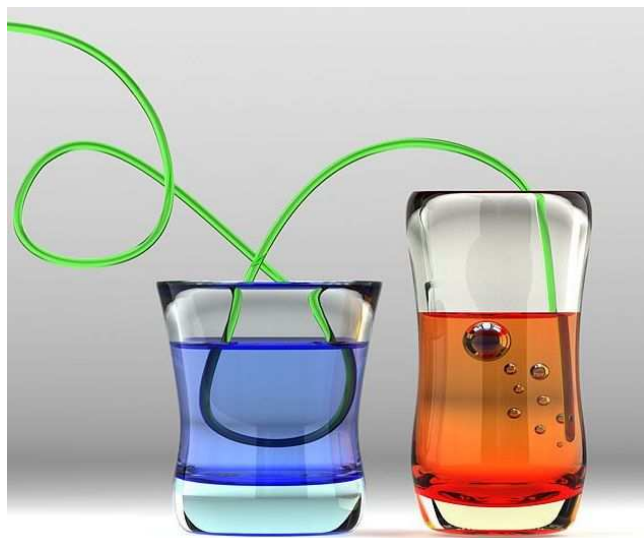
Empleando la fórmula anterior, calcular la mineralización de cada muestra de agua.

## 9: MÉTODOS REFRACTOMÉTRICOS

1. INTRODUCCIÓN
2. FUNDAMENTO
3. APLICACIÓN: MEDIDA DE GRADOS BRX

### 1. INTRODUCCIÓN

Todos hemos visto alguna vez lo que ocurre cuando introducimos una cucharilla o una pajita en un vaso con agua: la parte sumergida no coincide con la que queda fuera del líquido. Es como si se cortara, algo así como la imagen que aparece a continuación:



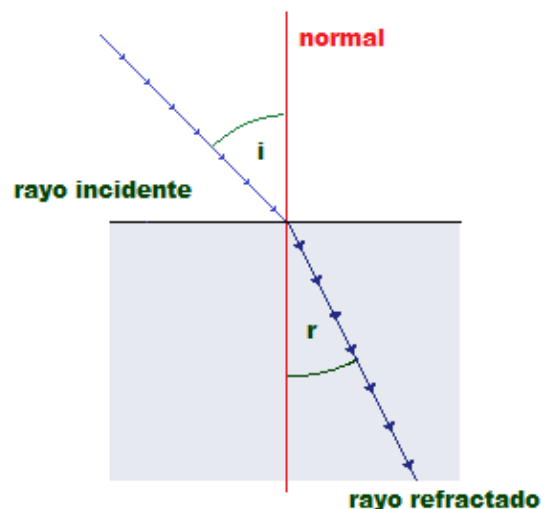
Refracción al pasar la luz a través de diferentes medios (autor: Mehran Moghtadai)  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glass\\_is\\_Liquide.jpg?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glass_is_Liquide.jpg?uselang=es)

### 2. FUNDAMENTO

La explicación de este fenómeno es que cuando un rayo luminoso discurre oblicuamente desde un medio hacia otro de diferente densidad, la dirección del mismo varía al traspasar la superficie que separa ambos medios. A este fenómeno se le denomina refracción. La causa fundamental de este cambio en la dirección se debe al cambio en la velocidad de la luz que se hace más lenta cuanto más denso sea el medio por el que pasa el haz.

Si el segundo medio es ópticamente más denso que el primero, el rayo se acercará más a la línea perpendicular a la superficie (recta normal).

El ángulo formado por el rayo incidente y la normal en el primer medio se llama ángulo de incidencia ( $i$ ), mientras que el ángulo formado en el segundo medio se conoce con el nombre de ángulo de refracción ( $r$ ).



El índice de refracción expresa el cambio en la velocidad de la luz al pasar del vacío al medio estudiado, y se calcula como:

$$n = \frac{c_0}{v}$$

n= índice de refracción  
 c<sub>0</sub>= velocidad de la luz en el vacío  
 v= velocidad de la luz en el medio en cuestión

Como la velocidad de la luz en cualquier medio es siempre menor que en el vacío, n es siempre mayor que 1. No se comete gran error operando en el aire, en lugar del vacío (índice de refracción del aire frente al vacío: 1,0003).

El índice de refracción de una disolución es directamente proporcional a la cantidad de sustancias disueltas en la misma. Esta relación varía dependiendo de características como la concentración de sustancias disueltas, tipo de disolvente, temperatura, presión y longitud de onda de la luz incidente. Como el índice de refracción es característico para cada sustancia o mezcla de sustancias, su determinación puede aplicarse en el análisis cualitativo y cuantitativo de sustancias transparentes.

La refractometría es la medición del índice de refracción. Se puede utilizar para confirmar la identidad de las sustancias, analizar mezclas, determinar el peso específico y valorar el tamaño, la forma y el peso molecular de un polímero.

### 3. APLICACIÓN: MEDIDA DE GRADOS BRUX

#### Refractómetros

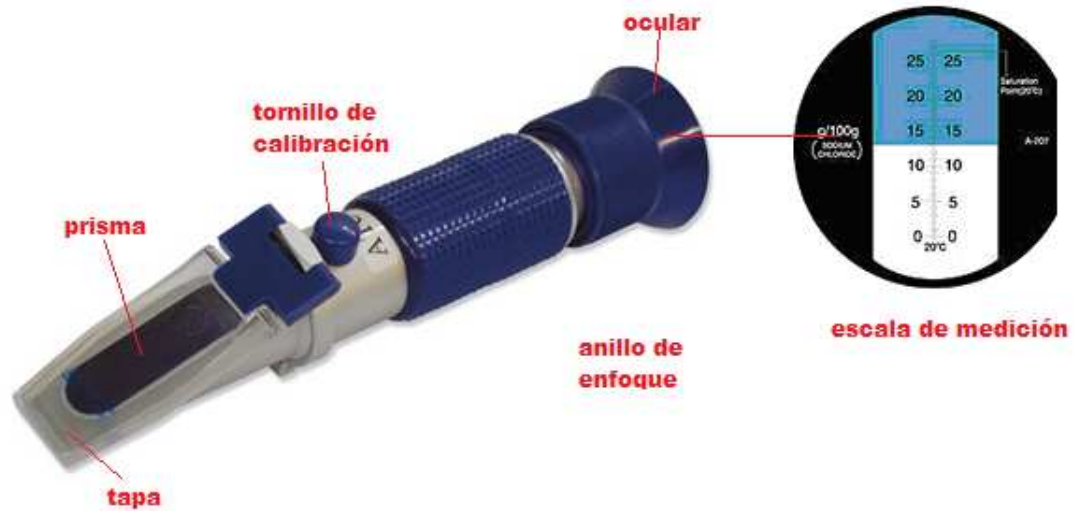
Se puede conocer la concentración total en sólidos solubles de una disolución basándose en el fenómeno físico de la refracción y el aparato empleado para conocer el índice de refracción es el refractómetro. Los refractómetros más habituales suelen dar la lectura en grados Brix y los más usuales son los digitales, manuales, y de proceso, que se colocan en la industria en conducciones para tener un control continuo.



A: refractómetro digital; B: refractómetro manual digital; C: refractómetro de proceso  
<http://www.kruess.com/laboratorio/>

El refractómetro manual consiste en un prisma partido en dos, en el interior del cual se coloca una gota de sustancia a analizar y se mantiene contra la luz, enfocando nítidamente la

escala con el ocular; sobre la misma, se observa el límite del campo oscuro que indica directamente el valor de la medición.



**Refractómetro manual**

[http://www.labotienda.com/es/catalogo/refractometros\\_de-mano.aspx](http://www.labotienda.com/es/catalogo/refractometros_de-mano.aspx)

El campo de aplicaciones es muy amplio:

- Industria azucarera
- Vitivinicultura
- Industria de elaborados a partir de frutas
- Extractos de productos alimenticios constituidos principalmente por azúcar.

**La escala en grados brix**

El grado Brix (°Bx) expresa el porcentaje en peso de sacarosa en disolución acuosa, de forma que 1°Bx equivale a un 1% de sacarosa en disolución. Por tanto, cuando se miden los °Bx de una disolución de azúcar se obtiene exactamente su concentración.

Pero la mayoría de los alimentos son sistemas complejos que contienen sales, azúcares, proteínas, etc. Muchos de estos componentes de alimento afectan también al índice de refracción y en ellos el grado Brix representa el porcentaje en peso de todos los sólidos solubles (azúcar, sal, proteínas, ácidos, alcoholes, etc.). Por esta razón, el °Bx se emplea sobre todo para medida en alimentos con un predominio de azúcares (en fruta o elaborados a partir de éstas). Los refractómetros se emplean también para conocer la concentración de soluciones con otros componentes (etanol en vinos, sal en salmueras). En estos casos es necesario utilizar tablas de conversión para conocer la equivalencia entre el °Bx y las concentraciones de otros solutos.

En la tabla de la siguiente página se expresan las equivalencias entre °Baumé, °Bx y °alcohólico



Densidad (g/L)	°Baumé	°Brix	°Alcohol	Densidad (g/L)	°Baumé	°Brix	°Alcohol
1012	1.70	0.20	0.11	1057	7.78	12.2	7.2
1013	1.84	0.47	0.23	1058	7.91	12.4	7.3
1014	1.98	0.73	0.43	1059	8.03	12.7	7.5
1015	2.12	1.10	0.59	1060	8.16	13.0	7.6
1016	2.27	1.26	0.70	1061	8.29	13.2	7.8
1017	2.41	1.53	0.88	1062	8.42	13.5	7.9
1018	2.55	1.80	1.06	1063	8.55	13.8	8.1
1019	2.68	2.06	1.18	1064	8.67	14.0	8.2
1020	2.82	2.33	1.35	1065	8.80	14.3	8.4
1021	2.91	2.59	1.47	1066	8.93	14.6	8.6
1022	3.10	2.86	1.65	1067	9.06	14.8	8.7
1023	3.24	3.13	1.82	1068	9.18	15.1	8.9
1024	3.37	3.39	1.94	1069	9.31	15.4	9.0
1025	3.51	3.66	2.21	1070	9.43	15.6	9.2
1026	3.65	3.92	2.30	1071	9.56	15.9	9.3
1027	3.79	4.19	2.41	1072	9.68	16.2	9.5
1028	3.92	4.46	2.69	1073	9.81	16.4	9.6
1029	4.06	4.72	2.77	1074	9.93	16.7	9.8
1030	4.20	5.00	2.95	1075	10.06	17.0	10.0
1031	4.33	5.27	3.06	1076	10.18	17.2	10.1
1032	4.47	5.54	3.24	1077	10.31	17.5	10.3
1033	4.60	5.80	3.42	1078	10.43	17.8	10.5
1034	4.74	6.07	3.54	1079	10.56	18.0	10.6
1035	4.88	63.3	3.71	1080	10.68	18.3	10.8
1036	5.01	6.6	3.7	1081	10.80	18.6	10.9
1037	5.15	6.9	4.0	1082	10.93	18.8	11.0
1038	5.28	7.2	4.2	1083	11.05	19.1	11.2
1039	5.41	7.4	4.4	1084	11.18	19.4	11.4
1040	5.50	7.6	4.5	1085	11.30	19.6	11.5
1041	5.68	8.0	4.7	1086	11.42	19.9	11.7
1042	5.81	8.2	4.8	1087	11.55	20.2	11.9
1043	5.95	8.4	5.0	1088	11.67	20.4	12.0
1044	6.08	8.7	5.1	1089	11.79	20.7	12.2
1045	6.21	9.0	5.3	1090	11.91	21.0	12.3
1046	6.34	9.2	5.4	1091	12.03	21.2	12.5
1047	6.48	9.5	5.6	1092	12.15	21.5	12.6
1048	6.61	9.8	5.7	1093	12.27	21.8	12.8
1049	6.74	10.0	5.9	1094	12.39	22.0	12.9
1050	6.87	10.3	6.0	1095	12.52	22.3	13.1
1051	7.00	10.6	6.2	1096	12.64	22.6	13.3
1052	7.13	10.8	6.3	1097	12.76	22.8	13.4
1053	7.26	11.1	6.5	1098	12.87	23.1	13.6
1054	7.39	11.4	6.7	1099	12.99	23.4	13.8
1055	7.52	11.6	6.8	1100	13.11	23.6	13.9
1056	7.65	11.9	7.0				

Tabla de equivalencias entre densidad, Baumé, °Bx y °alcohólico

## 10. MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

1. GENERALIDADES
2. CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS
3. MECANISMOS DE SEPARACIÓN
4. TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS
5. PARÁMETROS

### 1. GENERALIDADES

La cromatografía es un procedimiento que permite separar las sustancias componentes de una muestra, identificarlas, y si se incorporan procesos adicionales de medida, cuantificarlas.

En toda separación cromatográfica intervienen dos elementos o fases. Los componentes de la muestra se separan según sea su tendencia a unirse a una u otra fase:

- *Fase estacionaria*: es el soporte físico a través del que fluye la muestra arrastrada por la fase móvil.
- *Fase móvil*: Es el fluido que sirve a la muestra de vehículo.

En la cromatografía, la muestra diluida o arrastrada por la fase móvil, recorre la fase estacionaria. La separación se produce porque los distintos componentes de la muestra quedan retenidos en la fase estacionaria o avanzan unidos a la fase móvil según sea su capacidad de unirse a una u otra.

### 2. CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS

Basándose en el mecanismo por el que produce la separación:

- Cromatografía de adsorción
- Cromatografía de partición
- Cromatografía de intercambio iónico
- Cromatografía de penetrabilidad o exclusión molecular
- Cromatografía de afinidad

Según la forma de presentación de la fase estacionaria:

- Cromatografía sobre papel
- Cromatografía en columna
  - Convencional
  - Empaquetada
- Cromatografía en capa fina
- Cromatografía de gases

### 3. MECANISMOS DE SEPARACIÓN

#### 3.1. Cromatografía de adsorción

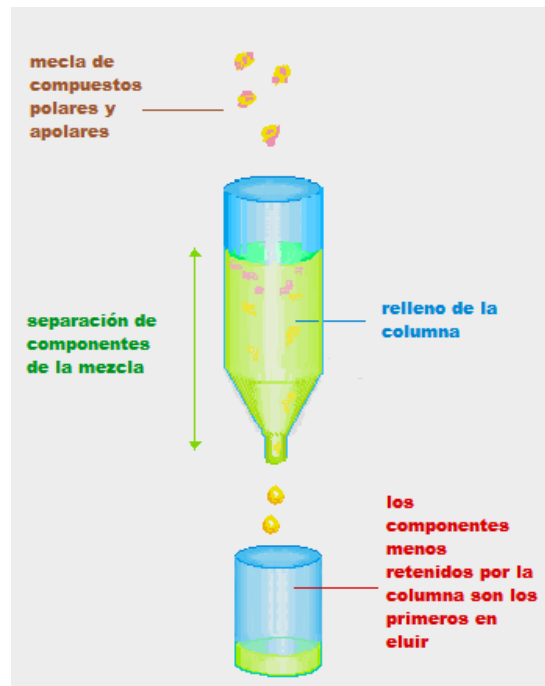
Este mecanismo de separación se establece por interacción de tipo electrostático (atracción de cargas opuestas) o por puente de hidrógeno entre la muestra y la fase estacionaria. La fase estacionaria se elige en función de los solutos que se pretenda separar. Los compuestos que tienen mayor afinidad por la fase estacionaria son retenidos con mayor fuerza. Los menos afines son arrastrados con más rapidez por la fase móvil.

### 3.2. Cromatografía de partición

En este caso, los componentes de la muestra se separan en función de su polaridad. La fase estacionaria suele ser polar (agua, NH<sub>3</sub>...), mientras que la fase móvil suele ser una mezcla de disolventes con diferente grado de polaridad (etanol, butanol, acetona, ciclohexano...).

En este tipo de cromatografía, los componentes más polares quedan más fuertemente retenidos que los más apolares, que avanzan más rápido.

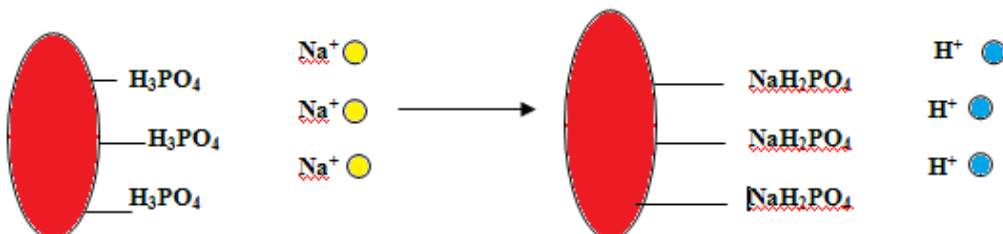
Un tipo especial de cromatografía de partición es la cromatografía en fase reversa, donde la fase estacionaria es apolar, y la móvil, polar. En este tipo de cromatografía, los componentes más apolares quedan más fuertemente retenidos que los más polares, que avanzan más rápido.



### 3.3. Cromatografía de intercambio iónico

Separa iones. En este tipo de cromatografía, la fase estacionaria es una resina de intercambio iónico, que lleva unidos grupos cargados (con carga + ó -), mientras que la fase móvil es un tampón con un determinado pH.

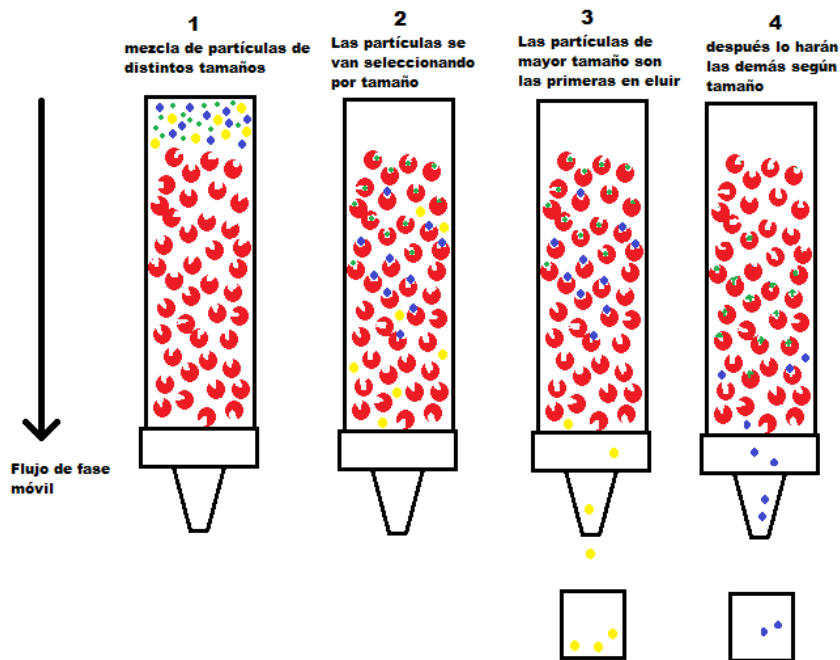
Los iones de la muestra se intercambian con grupos cargados del intercambiador (grupos con la misma carga). Por ejemplo:



Los iones se fijan con diferente fuerza a los grupos cargados de la fase estacionaria. La fuerza de la unión depende del tipo de molécula y del pH de la fase móvil. Variando el pH se consigue que las moléculas retenidas vayan eluyendo.

### 3.4. Cromatografía de penetrabilidad, gel filtración o exclusión molecular

Separa los componentes de la muestra en función de su tamaño. La fase estacionaria es un gel con tamaño de poro pequeño y conocido. Cuanto más pequeños son los componentes a separar, más tiempo tardan en recorrer la fase estacionaria, ya que se cuelan dentro de los poros. Las moléculas mayores salen con más rapidez.



### 3.5. Cromatografía de afinidad

La separación se consigue por fenómenos de especificidad tipo antígeno-anticuerpo, enzima-sustrato, hormona-receptor, etc.

## 4. TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS

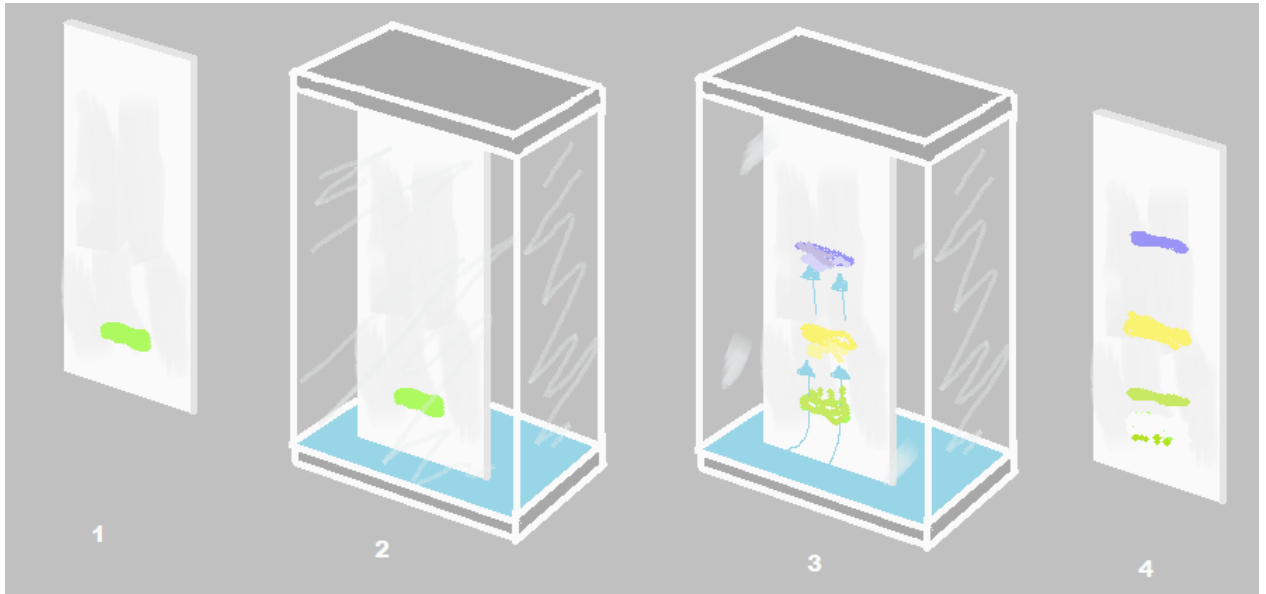
### 4.1. Cromatografía sobre papel

Es la técnica más sencilla y antigua.

- La fase estacionaria es celulosa embebida en agua.
- La fase móvil es una mezcla de disolventes de distinta polaridad.

La muestra se coloca en la base de una tira de papel (1). La base de la tira se coloca en contacto con la fase móvil (2), que asciende por capilaridad y arrastra a los componentes de la muestra que avanzan según su polaridad (3). Finalmente se tiene un cromatograma donde cada

mancha se corresponde con un compuesto.



#### 4.2. Cromatografía en capa fina, o tlc (thin layer chromatography)

Esta técnica es muy parecida a la cromatografía en papel. Las placas para TLC constan de un soporte de vidrio, aluminio o plástico, recubierto de una fina capa de la sustancia que forma la fase estacionaria (p.ej.: gel de sílice). La fase estacionaria suele ser una mezcla de disolventes de diferente polaridad. La separación es, pues, por partición.

En estos dos tipos de cromatografía, la identificación de los componentes separados se hace directamente en el caso de que tengan color propio. Si no es así, se puede recurrir a aplicar sustancias reveladoras, o en algunas sustancias, la visualización se hace iluminándolas con rayos ultravioleta.



<http://www.dcnessler.com/Marcas-Cat%C3%A1logos/Whatman/Cat%C3%A1logo%20Whatman-05-Cromatograf%C3%ADa-2010.pdf>

#### 4.3. Cromatografía en columna

En este tipo de cromatografía, la fase estacionaria se haya contenida en el interior de un tubo. Hay dos tipos de cromatografía en columna: convencional y de alta resolución o HPLC.

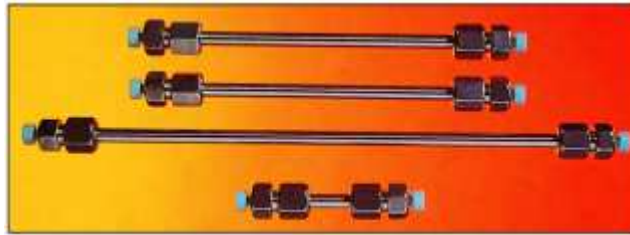
En ambos tipos de cromatografía, la composición de la fase estacionaria y de la fase móvil depende del tipo de separación que se pretenda.

### HPLC (High Performance Liquid Chromatography) o cromatografía líquida de alta eficacia

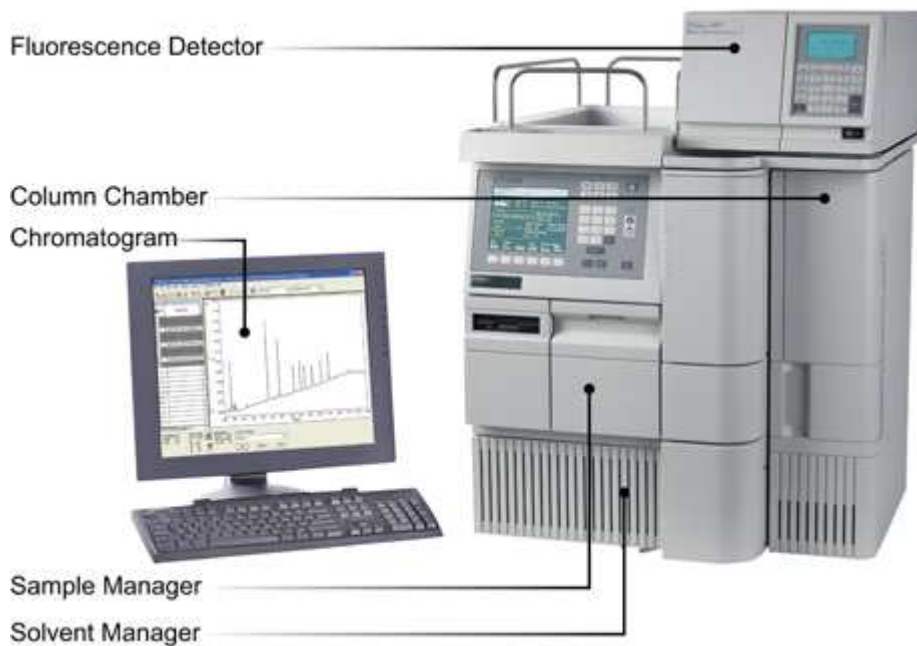
Esta técnica se emplea ampliamente en la actualidad para identificar y cuantificar solutos que se encuentran a concentraciones muy bajas (ppm, ppb).

Tiene las siguientes características:

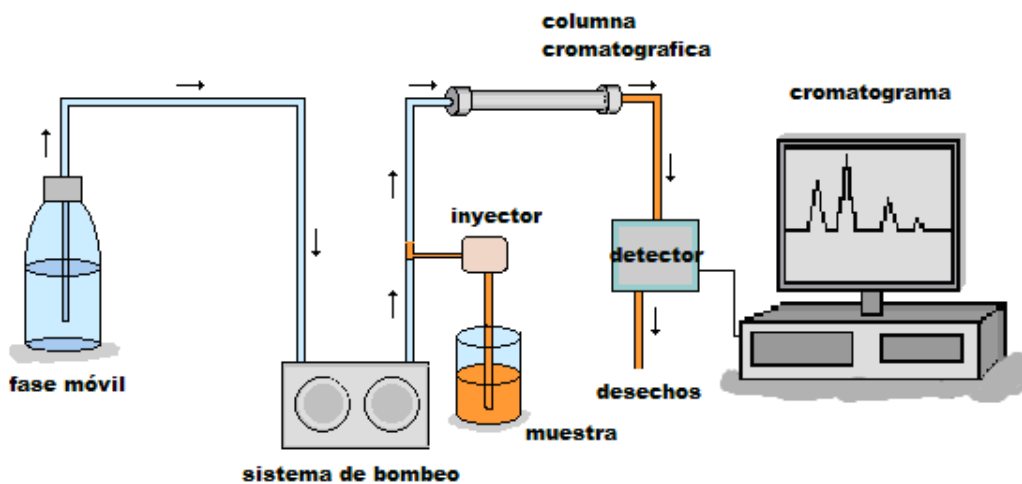
- Emplea columnas de acero de diámetro muy reducido (unos 4 mm) rellenas con
- partículas de diámetro muy reducido.



- Se utiliza una bomba de alta presión, que permite mantener un flujo constante a través de la columna, y conseguir una separación más rápida (se acorta a unos minutos lo que en una cromatografía convencional puede durar horas).
- Conforme los componentes de la muestra van saliendo separados, pasan por un detector, que proporciona una representación gráfica en la que cada uno de los componentes separados aparece como un pico.



[http://www.waters.com/waters/nav.htm?locale=es\\_MX&cid=10049055](http://www.waters.com/waters/nav.htm?locale=es_MX&cid=10049055)



### Cromatografía de gases (CG)

Esta cromatografía se diferencia de las demás en que tanto la fase móvil como la muestra se encuentran en estado gaseoso.

Esta técnica permite detectar concentraciones muy bajas, aunque no sirve para las sustancias que al volatilizarse pierden o ven modificadas sus propiedades fisicoquímicas.

Antes de la aparición del HPLC, la CG era la única técnica de alta resolución.

La fase estacionaria se halla empaquetada en el interior de unas columnas que, en realidad son unos tubos capilares de 0,1-0,2 mm de diámetro y 100 m de longitud (van enrolladas en forma de muelles).

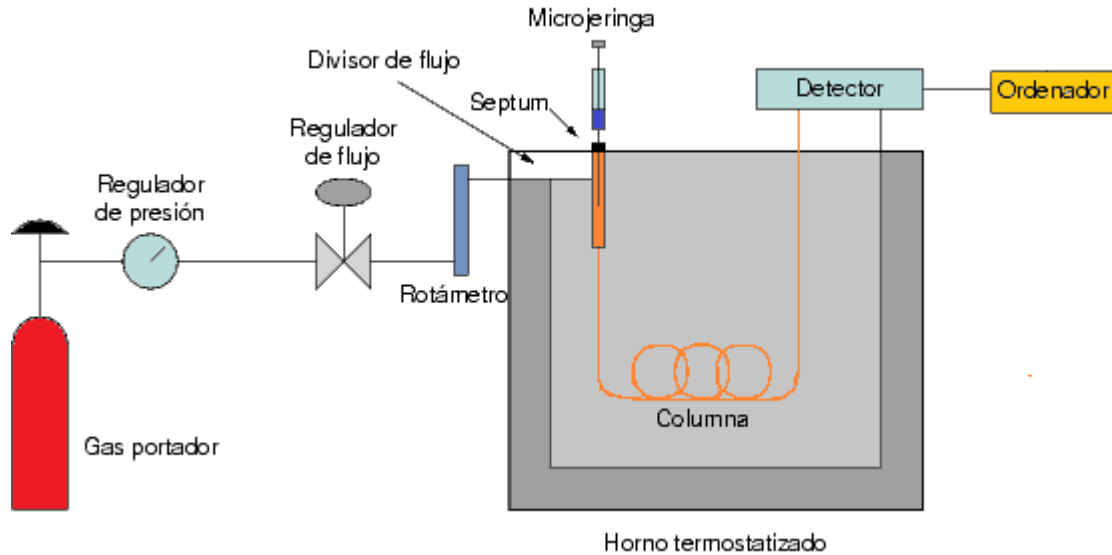


[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antofagasta\\_3\\_118.JPG?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antofagasta_3_118.JPG?uselang=es)

La fase móvil es un gas inerte (p.ej.: nitrógeno), que arrastra la muestra a través de la fase estacionaria.

La muestra ha de pasar en estado gaseoso, para lo cual se inyecta en el interior de una cámara previamente calentada, donde se volatiliza. Entonces la fase móvil la arrastra a lo largo de la estacionaria.

El mecanismo de separación es la adsorción o la partición. Al igual que en el HPLC, el aparato proporciona una lectura en forma de picos.



Arona. Diagrama esquemático de un cromatógrafo de gases

[http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa\\_de\\_gases](http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_de_gases)

## 5. PARÁMETROS

### 5.1. Para identificar

#### R<sub>f</sub> o factor de retención

Se emplea para identificar sustancias en las cromatografías de soportes planos (papel y capa fina). Establece la relación entre la distancia recorrida por cada mancha respecto de la distancia máxima que recorre el disolvente.

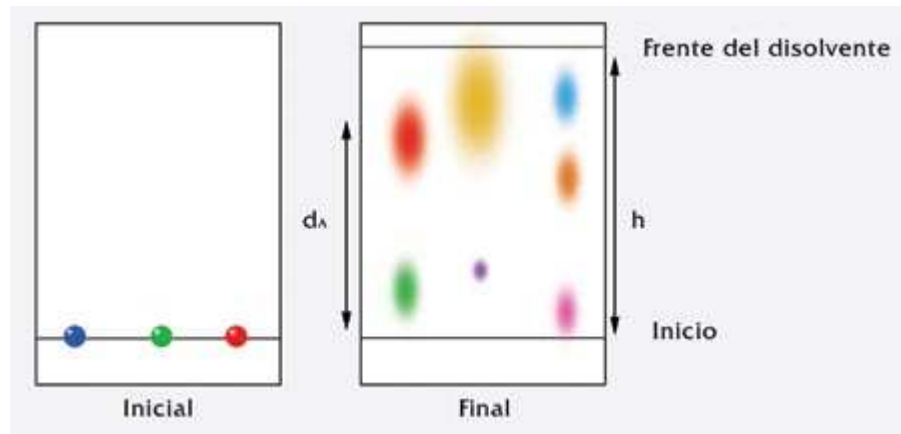
$$R_f = \frac{d_A}{h}$$

$d_A$  = distancia, en cm, desde el punto de aplicación hasta el centro de la mancha del compuesto.

$h$  = Distancia, en cm, desde el punto de aplicación hasta el frente del eluyente.

Este parámetro, en condiciones estándar, es característico de cada sustancia. Utilizando patrones, se pueden identificar los distintos componentes de la muestra.





<http://www.panreac.es/spanish/practicas/practicas26.htm>

### Tiempo de retención

Es el tiempo que tarda un elemento en salir eluido. En el cromatograma, es el tiempo que tarda el máximo de cada pico en salir.

En condiciones estándar, cada compuesto tiene un tiempo de retención característico. Analizando patrones, se pueden identificar los distintos componentes de la muestra.

## 5.2. Para cuantificar

### En los métodos planos

- Recortando las manchas, diluyéndolas y midiendo en espectrofotómetro (aunque la verdad es que esto no lo hace nadie).
- Por densitometría (empleando un aparato especial para leer las cromatografías en capa fina).

### En los métodos en columna

- Se mide el área contenida debajo de cada pico. Los cromatógrafos integran esta área y dan este valor junto con otros, como p.ej.: el tiempo de retención, o incluso el valor de la concentración.

## 5.3. Parámetros de calidad

### Resolución

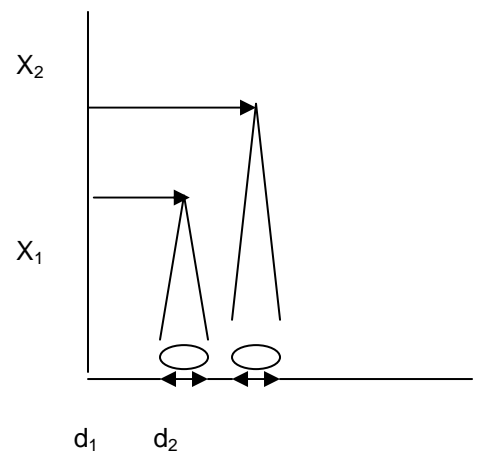
Un cromatograma tiene buena resolución cuando los diferentes picos queden bien individualizados entre ellos.

Para calcularla:

$$R = \frac{X_2 - X_1}{\frac{1}{2}(d_1 + d_2)}$$

$X_1$  y  $X_2$  = tiempos de retención de dos picos contiguos

$d_1$  y  $d_2$  = diámetros inferiores de dos picos contiguos



**Ancho de banda**

Es la anchura de cada pico en la base ( $d_1$  y  $d_2$ ) en la gráfica superior.

## 11. MÉTODOS ÓPTICOS

1. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS
2. FENÓMENOS DE INTERACCIÓN ENTRE LA LUZ Y LA MATERIA
3. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN UV/VIS
4. FOTOMETRÍA DE LLAMA
5. FLUORIMETRÍA
6. TURBIDIMETRÍA Y NEFELOMETRÍA

### 1. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

<http://ntic.educacion.es//w3/eos/MaterialesEducativos/mem2004/Ondas/index.htm>

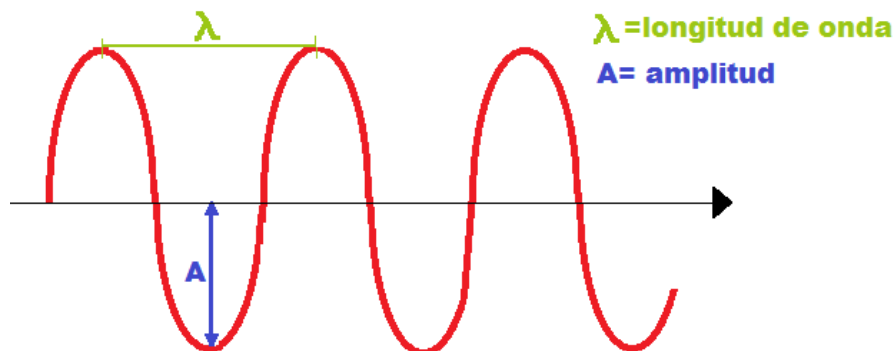
Una onda es una perturbación que se propaga en el espacio. Las ondas materiales necesitan un medio físico para propagarse. Son ondas materiales el sonido o las ondas sísmicas. Las ondas electromagnéticas son formas de transmisión de energía electromagnética que se producen por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Estas ondas:

- Se transmiten a la velocidad de la luz (300.000 Km/seg)
- Siguen una trayectoria sinusoidal, y poseen todas las propiedades típicas del movimiento ondulatorio,
- no necesitan de un medio material para propagarse: pueden moverse por el vacío, pero también atravesar cuerpos materiales.
- Se pueden comportar como corpúsculos, ya que son capaces de arrancar electrones a cuerpos materiales cuando chocan contra ellos.

#### 1.1. Características de las ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas tienen una serie de parámetros característicos:

- Ciclo: Es la mínima porción no repetitiva de una onda.
- Longitud de onda ( $\lambda$ ): Es la distancia en línea recta que mide un ciclo entero. Se expresa en unidades de longitud. Las longitudes de onda van desde billonésimas de metro hasta muchos kilómetros.



- Frecuencia ( $\nu$ ): Es el nº de ciclos que describe una onda en un segundo. Se mide en Hertzios (Hertz). Frecuencia y longitud de onda son parámetros inversos:

$$\lambda = C / \nu$$

Donde C= velocidad de la luz.

- Período (T) Es el tiempo que tarda una onda en efectuar un ciclo entero. Frecuencia y

periodo son inversos.

$$T = 1 / \nu$$

- Amplitud: Es la máxima altura que alcanza una onda. La amplitud determina la intensidad con que se puede detectar una onda electromagnética.
- Energía: La energía que llevan las ondas está relacionada con su frecuencia y su longitud, de modo que cuanto mayor es la longitud de onda, menor es la energía que lleva.

$$E = h \cdot \nu$$

Donde h es la constante de Planck (6,62.10-27 erg/seg)

## 1.2. Espectro electromagnético

Las radiaciones electromagnéticas tienen longitudes de onda muy diversas. El conjunto de todas ellas constituye el espectro electromagnético. Dentro del espectro electromagnético, las ondas con menor longitud son del orden de unos pocos nanómetros. Es el caso de los rayos  $\gamma$  (emitidos por partículas radiactivas) y los rayos cósmicos. En el extremo contrario se encontrarían las ondas de radio, cuyas longitudes de onda pueden llegar a ser del orden de Km.

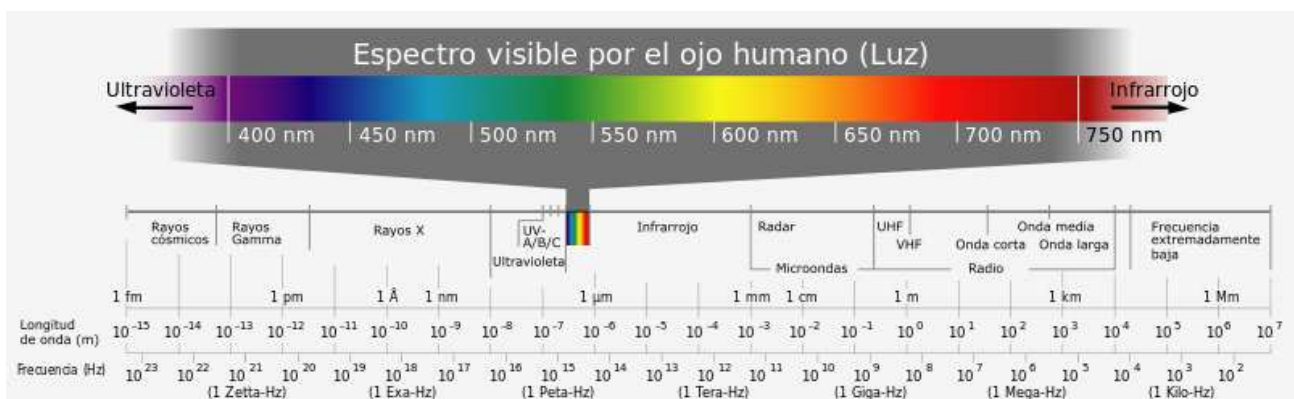


Imagen de Ignacio Icke [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic\\_spectrum-es.svg?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum-es.svg?uselang=es)

De todas las radiaciones que componen el espectro electromagnético, solo unas pocas son visibles por el ojo humano, constituyendo el espectro visible o luz visible. La luz visible está compuesta por radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda comprendidas entre 380 y 750 nm.

Si se hace pasar luz blanca por un prisma, se descompone en 7 colores. Cada uno de estos colores corresponde a un intervalo de longitudes de onda.

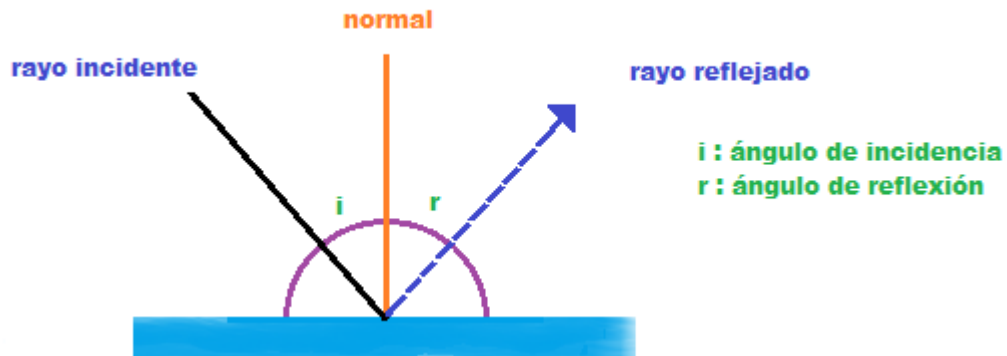
Los cuerpos materiales están compuestos de moléculas capaces de absorber determinadas longitudes de onda del espectro visible. Las radiaciones no absorbidas son las responsables del color con que nuestros ojos ven el mundo. Así, por ejemplo, un objeto color naranja refleja solamente las radiaciones de longitudes de onda que van del rojo al amarillo.

El color blanco se debe a que todas las radiaciones del espectro visible son reflejadas, mientras que un cuerpo es negro porque absorbe toda la luz visible que le llega. El color gris corresponde a una absorción y reflexión de luz de todas las longitudes de onda en la misma proporción.

## 2. FENÓMENOS DE INTERACCIÓN ENTRE LA LUZ Y LA MATERIA

Cuando las ondas electromagnéticas inciden sobre un cuerpo pueden ocurrir cuatro fenómenos:

- **Reflexión:** Se denomina reflexión de una onda al cambio de dirección que experimenta ésta cuando choca contra una superficie lisa y pulimentada sin cambiar de medio de propagación. En la reflexión se cumple que el ángulo de incidencia es igual que el ángulo de reflexión.



- **Difusión:** Cuando las ondas inciden sobre un cuerpo rugoso las ondas incidentes saldrán formando ángulos diferentes al de incidencia. Los cuerpos de color difunden el 100% de la radiación incidente.



- **Refracción:** Cuando una onda electromagnética pasa de un medio a otro con una densidad diferente se produce una desviación en su trayectoria y un cambio de velocidad. Se denomina refracción de una onda al cambio de dirección y de velocidad que experimenta ésta cuando pasa de un medio a otro medio con diferente densidad. Cada medio se caracteriza por su índice de refracción.
- **Absorción:** Se produce cuando las ondas inciden sobre un cuerpo capaz de absorberlas. En el caso de las ondas del espectro visible, cuando son absorbidas de forma selectiva dan lugar a que se perciban los objetos en color. Si se absorben en su totalidad, el cuerpo aparecerá de color blanco.

La radiación absorbida puede en unos casos originar un cierto calentamiento. En otros casos la energía absorbida puede producir una excitación de electrones de los átomos que forman el cuerpo que ha presentado la absorción. Los electrones excitados pueden “saltar” a niveles de mayor energía. Cuando cesa la excitación, los electrones pueden volver a su nivel energético inicial, liberándose la energía absorbida en forma de onda electromagnética de mayor longitud de onda que la que originó la excitación.

Basándose en estos fenómenos existen diferentes técnicas de análisis instrumental en el laboratorio:

1. **Técnicas basadas en la absorción:** Espectrofotometría de absorción atómica y molecular.
2. **Técnicas basadas en la emisión:** Fotometría de llama, espectrometría de absorción atómica y fluorimetría.
3. **Técnicas basadas en la dispersión:** turbidimetría y nefelometría.

### 3. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN UV/VIS

El material en estudio de esta técnica son sustancias en disolución que son capaces de absorber radiaciones del espectro comprendido entre los 220 y los 800 nm.

Esta técnica se basa en el fenómeno de la absorción. La absorción está gobernada por la ley de Beer.

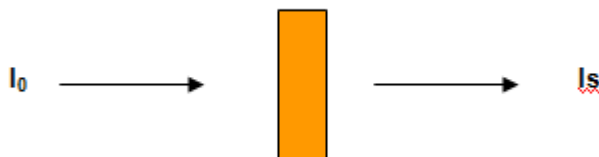
#### Ley de beer

Supongamos un tubo que contiene un líquido coloreado transparente. Si consideramos despreciables los fenómenos de reflexión y de difusión, los fenómenos más significativos serán la absorción y la transmisión.

El líquido coloreado absorberá radiaciones del espectro visible, aunque habrá una  $\lambda$  para la que la absorción será máxima.

Cuanto mayor sea la concentración de la sustancia coloreada, mayor será la absorción de radiaciones del espectro visible para las que la absorción era máxima.

Supongamos entonces que un haz de luz de la  $\lambda$  para la que la absorción es máxima, y de intensidad  $I_0$  incide sobre el tubo. Una parte de la luz será absorbida y otra parte atravesará el tubo por lo que al otro lado podríamos detectar una intensidad menor ( $I_s$ ).



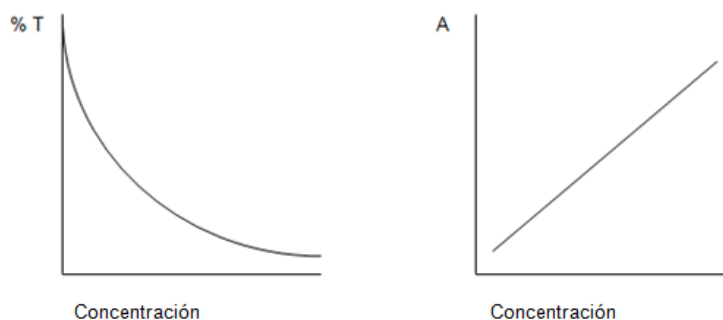
Se denomina transmitancia a la relación entre la luz incidente y la luz transmitida.

$$T = I_s / I_0$$

Aunque en la práctica se emplea el %T.

$$\%T = ( I_s / I_0 ) 100$$

Si se representa gráficamente %T frente a concentración, se observa que entre ambas existe una relación inversa y logarítmica. Si se calcula el log inverso de la transmitancia entonces se obtiene otro valor que es la absorbancia, que es una medida de la luz absorbida y cuya relación con la concentración es directamente proporcional.



La relación entre transmitancia y absorbancia es inversa y logarítmica:

$$A = \log 1/T$$

La ley de Beer establece cual es la relación entre absorbancia y concentración. Según esta ley, la absorbancia de una disolución cuando es atravesada por un haz de luz es proporcional a la concentración y a la longitud de paso de la luz o camino óptico.

$$A = a b c$$

Donde:

A= absorbancia

a = coeficiente de absorción o absorptividad

b = longitud de paso de la luz (cm)

c = concentración

Los valores de absorbancia no tienen unidades.

El coeficiente de absorción, cuando b se expresa en cm y c en moles/l, se denomina "coeficiente de absorción molar". Este coeficiente está relacionado con la naturaleza química del soluto, y es constante para un compuesto dado cuando se fijan las condiciones de  $\lambda$ , pH, disolvente, temperatura y otras condiciones de la prueba. Sus unidades son l/mol cm.

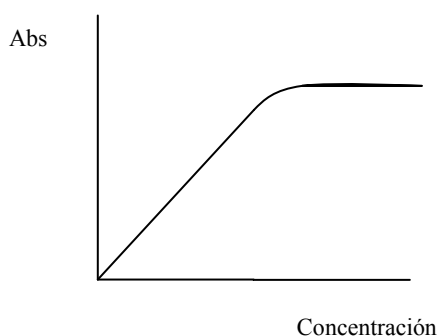
La relación entre transmitancia y concentración es:

$$T = e^{-abc}$$

### Curvas de calibración

Mediante una curva de calibración podemos conocer la relación entre absorbancia y concentración para una determinada sustancia, dado que según la ley de Beer, la relación entre ambas es lineal.

Para hacerla, tenemos que preparar una serie de disoluciones con diferente concentración de la sustancia a analizar. Se mide la absorbancia de cada una de esas disoluciones y se representa gráficamente absorbancia frente a la concentración correspondiente. De este modo obtenemos una curva de calibración que nos relaciona absorbancia con concentración.



Como podemos observar en el esquema de curva anterior, la relación lineal entre absorbancia y concentración se cumple para un determinado intervalo de concentraciones. A ese intervalo se le conoce como “rango de linealidad”. A concentraciones por encima del límite superior del rango de linealidad, deja de cumplirse la ley de Beer.

Ahora, cuando queramos conocer la concentración de una sustancia problema, podemos hacer una curva de calibración, preparar la muestra de forma análoga a como hicimos con las diluciones de calibración y medir del mismo modo en el espectrofotómetro. De este modo podremos conocer su absorbancia y yéndonos a la curva patrón, la concentración correspondiente al valor de absorbancia. Si la concentración de la sustancia está por encima de la establecida en el rango de linealidad, tendremos que diluir el problema y medir de nuevo su absorbancia.

Otra forma de conocer la concentración de un problema es mediante la comparación con un patrón de concentración conocida.

En este caso, se mide la absorbancia de ambas, conociendo la concentración del patrón y sabiendo la relación de proporcionalidad entre absorbancia y concentración, hacemos:

$$\text{Absorbancia del problema} / \text{Absorbancia del patrón} = \text{Concentración del problema} / \text{Concentración del patrón}$$

Y de este modo podremos conocer la concentración del problema.

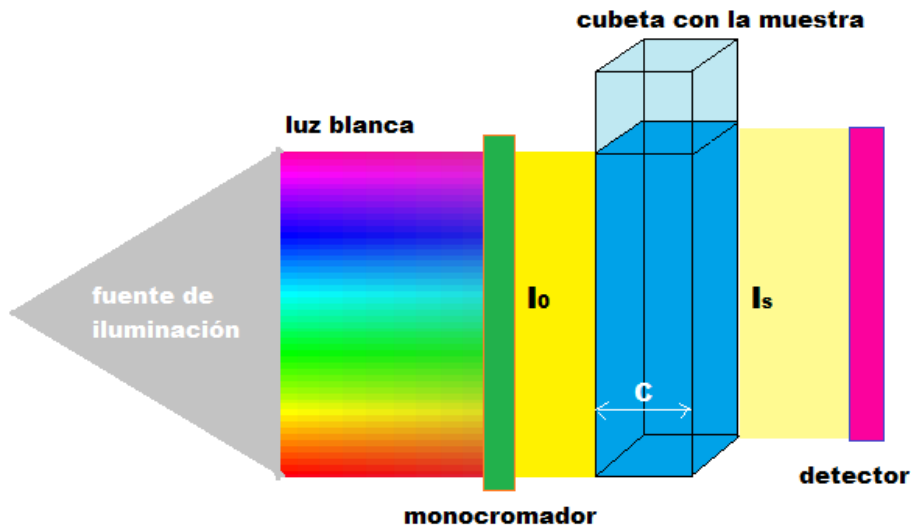
## Instrumentación

Los aparatos empleados para la medida de absorbancia y transmitancia son los espectrofotómetros y los colorímetros o fotómetros.

Estos aparatos constan de las siguientes partes:

- Fuente de luz: se emplean lámparas de tungsteno (más anticuadas), halógenas y de mercurio para luz visible. Para ultravioleta se emplean lámparas de deuterio.
- Sistema de selección de longitud de onda: su finalidad es seleccionar la longitud o el intervalo de longitudes de onda de trabajo. Pueden ser filtros o monocromadores. Los filtros son de vidrio transparente coloreado, mientras que los monocromadores suelen ser sistemas de prismas que descomponen la luz blanca en todo su espectro y seleccionan solo las longitudes de onda elegidas.
- Cubeta para la muestra, de plástico, vidrio o cuarzo (estas últimas son las únicas válidas para medir en ultravioleta).
- Detector de energía radiante, que detectan la luz que ha atravesado la cubeta conteniendo la muestra y que no ha sido absorbida.
- Sistema de presentación de datos.





Los espectrofotómetros y los colorímetros o fotómetros se diferencian en sistema de selección de longitud de onda y en el intervalo de longitudes de onda a las que pueden trabajar:

- Los fotómetros solo miden a longitudes de onda comprendidas dentro del espectro visible. No miden en ultravioleta ni en infrarrojo. Por otra parte, como sistemas de selección de la longitud de onda emplean filtros coloreados que proporcionan luz monocromática a longitudes de onda discretas. Por ejemplo, si un colorímetro puede medir a 300, 350, 400, 450, 500, 550 y 600 nm, en el no podremos realizar medidas a, por ejemplo, 525 nm.
- Los espectrofotómetros emplean monocromadores como sistemas de selección de la longitud de onda, que permiten seleccionar cualquier valor dentro del espectro visible y del ultravioleta.

#### 4. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

##### Principio

Cuando se proporciona suficiente energía a los átomos, sus electrones se excitan pasando desde orbitales de menor energía a otros de mayor energía. Cuando cesa el estímulo, ese "exceso" de energía que les había permitido saltar de orbital es emitido en forma de radiación. Cada elemento químico emite radiación de una  $\lambda$  característica.

Esta técnica se basa en que los átomos en estado de reposo, no ionizados ni excitados, son capaces de absorber radiación de la misma  $\lambda$  que emiten cuando se excitan. La relación entre absorción y concentración sigue la ley de Beer.

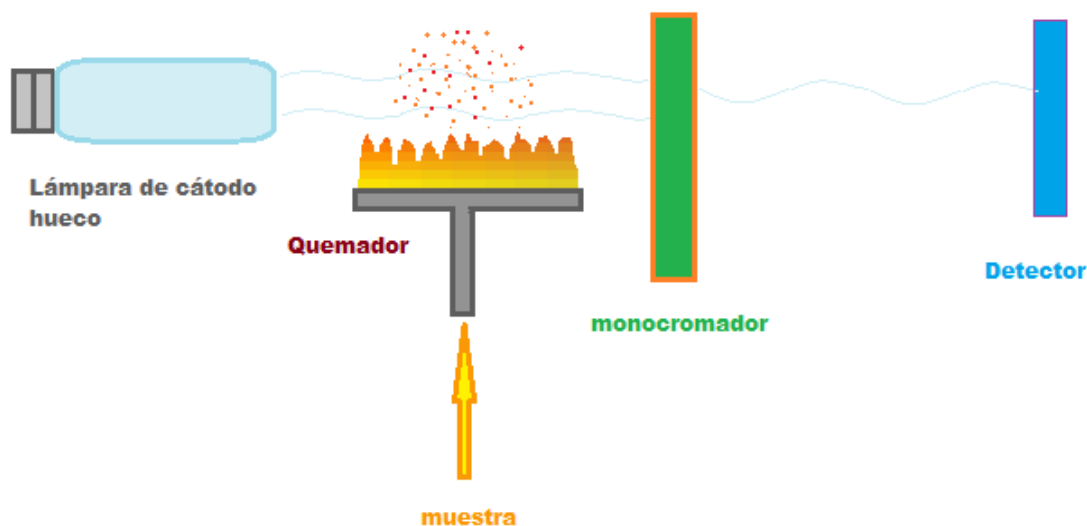
La Espectrofotometría de absorción atómica se emplea para la determinación de Ca, Mg, Zn, y metales pesados como Pb, Cd y Hg.

##### Instrumentación

Los aparatos empleados para realizar este tipo de medida son los espectrofotómetros de absorción atómica, que constan de una lámpara especial (Lámpara de cátodo hueco). En su interior hay un filamento de metal que al ponerse incandescente emite su espectro característico. Los espectrofotómetros de absorción atómica tienen varias de estas lámparas, ya que para cada elemento se debe emplear una lámpara construida con el mismo metal a

analizar. P. Ej., para analizar niveles de Pb, se emplea una lámpara de cátodo hueco de Pb.

La muestra es vaporizada en la llama de un mechero (quemador) que la calienta y vaporiza, pero sin llegar a excitarla. De este modo, cuando le llega la luz procedente de la lámpara, la absorbe. La luz que no es absorbida llega a un detector tras pasar por un monocromador.



## 5. FOTOMETRÍA DE LLAMA

### Fundamento

Esta técnica se basa en la excitación de los electrones de un átomo cuando se les suministra energía suficiente. Cuando cesa el estímulo, ese “exceso” de energía que les había permitido saltar de orbital es emitido en forma de radiación. Cada elemento químico emite radiación de una  $\lambda$  característica.

Por ejemplo:

Elemento	$\lambda$ (nm)
Na	589
K	768
Ca	623/554
Li	671

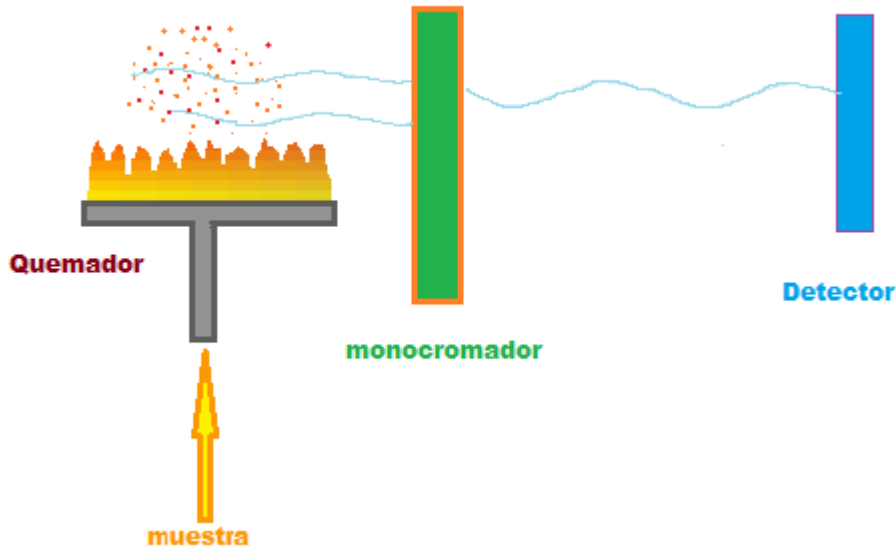
La fotometría de llama se utiliza en el laboratorio para la determinación de elementos como Li, Na, K, y Ca, ya que son los más fáciles de excitar con la llama de un mechero ordinario de laboratorio. Cada uno de ellos, en contacto con la llama da a la llama un color característico (rojo-anaranjado para Li, amarillo para Na, etc.).

En condiciones constantes y controladas la intensidad luminosa emitida es proporcional al nº de átomos, y por lo tanto, a la concentración.

## Instrumentación

Para este tipo de medidas se emplean los fotómetros de llama, en los que la muestra se atomiza sobre la llama de un mechero de modo que los átomos presentes en la muestra se excitan y emiten radiación. Estos aparatos carecen de lámpara, pues la fuente de luz es la propia muestra. Tienen un monocromador que selecciona la radiación de la  $\lambda$  correspondiente a la emitida por el elemento analizado.

Al detector llega la luz emitida por el analito, cuya intensidad es proporcional a su concentración.



## 6. FLUORIMETRÍA

### Principio

La fluorescencia es un fenómeno producido por ciertas sustancias (fluoróforos) cuyos electrones son capaces de excitarse con luz y que, al volver a su posición inicial, emiten luz de  $\lambda$  menor a la que originó la excitación (fluorescencia).

La fluorimetría se basa en este fenómeno. Esta técnica es mucho más sensible que la espectrofotometría de absorción UV-VIS, aunque tiene la limitación de que solo puede utilizarse para medir compuestos capaces de emitir fluorescencia (p. Ej.: vitaminas), a no ser que se prepare previamente al compuesto a medir "acoplándolo" a compuestos que sí la emitan.

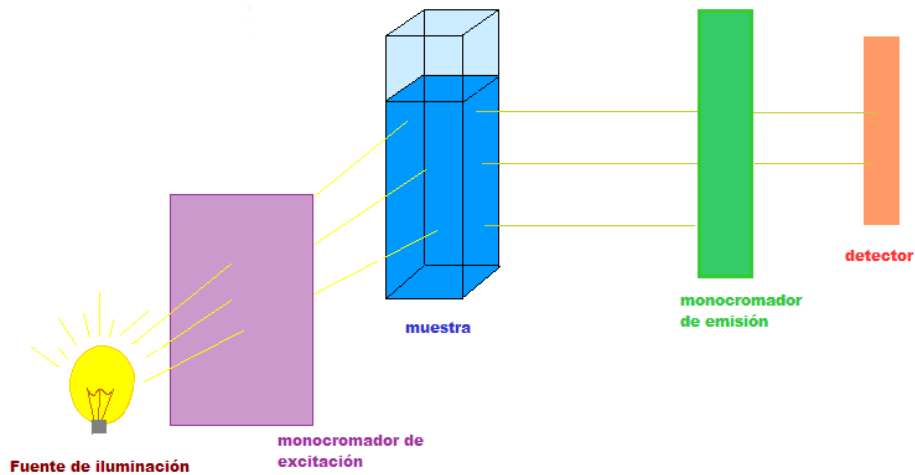
La intensidad de la fluorescencia emitida y la concentración de la sustancia capaz de emitirla siguen la ley de Beer.

### Instrumentación

Los instrumentos empleados para este tipo de medidas son los fluorímetros y espectrofluorímetros, que constan de:

- Lámpara
- Rendijas
- 2 monocromadores: de excitación y de emisión.
- Cubetas, que nunca deben ser de plástico.
- Detector
- Sistema de lectura.

La relación entre la intensidad de la fluorescencia emitida y la concentración de la sustancia capaz de emitirla sigue la ley de Beer.



## 7. NEFELOMETRÍA Y TURBIDIMETRÍA

### Fundamento

Ambas técnicas se basan en el fenómeno de la dispersión de la luz. Se recurre a ellas para medir concentración de sustancias de tamaño medio, como las proteínas. Estas medidas se hacen con luz de las siguientes longitudes de onda:

- 320-380 nm
- 500-600 nm
  - *Turbidimetría*: detecta la presencia de partículas en suspensión en función de la luz transmitida.
  - *Nefelometría*: mide la presencia de partículas en función de la luz dispersada.

### TURBIDIMETRÍA

#### Principio

Cuando un haz de luz incide sobre una suspensión de partículas, parte de la luz es absorbida, otra parte se dispersa y otra parte se transmite. Por tanto, la turbidimetría permite conocer la concentración de una suspensión de partículas por medio de la intensidad de la luz transmitida a su través.

El aparato que se emplea para estas medidas es el espectrofotómetro de absorción. En este caso se hacen medidas de transmitancia.

La relación entre concentración y transmitancia es inversa y logarítmica:

$$C = K \log T / P_m$$

C = concentración

T = transmitancia

K= cte

P<sub>m</sub> = peso molecular de la molécula medida.

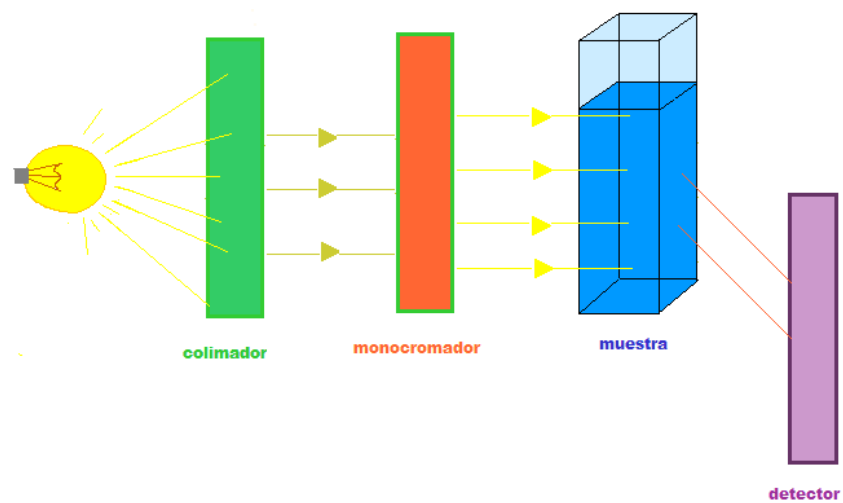
## NEFELOMETRÍA

### Fundamento

Cuando un haz de luz incide sobre una suspensión de partículas, parte de la luz se dispersa en diferentes ángulos. En las medidas nefelométricas se mide la luz dispersada en ángulos diferentes al de incidencia.

### Equipos

Para realizar estas medidas se emplean nefelómetros, que son muy parecidos a los espectrofotómetros. Se diferencian en que tienen un colimador (filtro que deja pasar rayos de luz paralelos), y en que el detector se coloca a  $30^\circ$  ó  $90^\circ$  respecto al haz de luz incidente. En algunos equipos, en lugar de colimador, tienen una fuente de rayos láser (haces de luz paralelos).



## Tema 12: CALIDAD EN EL LABORATORIO

1. INTRODUCCIÓN
2. GARANTÍA DE CALIDAD
3. CONTROL DE CALIDAD
  - a. En la fase preanalítica
  - b. En la fase analítica
4. NORMAS DE COMPETENCIA TÉCNICA EN EL LABORATORIO. OBJETIVOS Y APLICACIONES.

### 1. INTRODUCCIÓN

La misión de un laboratorio es proporcionar unos resultados que permitan conocer la calidad de lo analizado (alimentos, aguas, materias primas, etc).

Pero al laboratorio no debe bastarle con la mera realización de los análisis. El trabajo en condiciones inapropiadas, con equipos en malas condiciones, o con personal poco preparado puede dar lugar a que se obtengan resultados poco fiables, a pérdidas económicas debidas a la necesidad de repetir análisis, al mayor gasto de reactivos, a que se genere un mayor volumen de residuos y a la pérdida de credibilidad ante el cliente.

Por tanto, los objetivos que debe fijarse cualquier laboratorio son:

- La obtención de resultados fiables
- La optimización del gasto económico
- Reducción en los tiempos de respuesta (que el cliente disponga de los resultados en el menor plazo posible)
- Seguridad laboral para los trabajadores
- Prácticas medioambientales seguras

La forma de conseguir esos objetivos es:

- Haciendo una profunda revisión de todas las variables que influyen en las actividades del laboratorio
- Estableciendo procedimientos sistematizados para la realización de todas esas actividades
- Llevando a cabo un proceso de seguimiento y mejora continua.
- Documentando todos los procedimientos y registrando el resultado de todas las actividades realizadas.

Una forma sistematizada y documentada de hacerlo es implantando un programa de **Garantía de Calidad** o **Sistema de Calidad**.

### 2. GARANTÍA DE CALIDAD

Podemos definir la Garantía de Calidad como el conjunto de actividades planificadas y sistematizadas necesarias para generar confianza de que la información que proporciona es idónea para el fin a que está destinada. Dicho de otra forma, un programa de Garantía de Calidad permite al laboratorio asegurar a su cliente que los resultados que obtiene son fiables.

Ventajas de la implantación de un programa de garantía de calidad:

- Permite conocer la trazabilidad de todo el proceso analítico.
- Ofrece al cliente pruebas que le permitan confiar en los resultados del laboratorio
- Mejoras en los tiempos y coste de los análisis al reducirse las pérdidas económicas debidas a errores en los procesos del laboratorio.

- Además, los sistemas de calidad con control externo (por ejemplo, Normas ISO 17025) son para el laboratorio una garantía en caso de litigio.
- Competitividad y reconocimiento para el laboratorio.

Un programa de Garantía de Calidad implica un profundo análisis de todas las variables que inciden en la calidad del trabajo del laboratorio. El programa de Calidad se recoge en una serie de documentos:

- Manual de Calidad: es el documento que sirve de soporte al Sistema. En el Manual de Calidad se incluyen:
  - Objetivos del programa de Garantía de Calidad en el laboratorio
  - Descripción del laboratorio: localización dentro de la estructura de la empresa,
  - Organigrama, descripción de puestos y responsabilidades de los trabajadores de cada puesto.
  - Cualificación del personal del laboratorio
  - Descripción de las diferentes actividades que se realizan en el laboratorio.
  - Control de todas las variables externas al análisis (equipos, personal, instalaciones, procedimientos administrativos, etc), que también repercuten en la calidad de los resultados.
  - Programa de seguimiento y control del sistema de Garantía de Calidad.
  - Establecimiento de medidas correctoras.
- Procedimientos operativos, para cada una de las actividades del laboratorio:
  - Recogida
  - Recepción, manipulación de muestras
  - Análisis
  - Calibraciones
  - Procedimientos de compra: selección de proveedores.
  - Emisión de informes.
  - Relación con el cliente.
  - Procesos administrativos
- Procedimientos para el control de calidad del trabajo realizado en el laboratorio.
- Formatos: documentos estándar para recogida de datos en las actividades del laboratorio que así lo requieran
- Registros: con datos de cada actividad. Los registros son formatos cumplimentados.

### 3. CONTROL DE CALIDAD

Para garantizar la calidad de las determinaciones que realiza, un laboratorio debe utilizar técnicas de control de calidad. No se debe confundir Garantía de Calidad y Control de Calidad. Mientras que el programa de Garantía de Calidad es el conjunto de objetivos y acciones previstas para obtener unos resultados fiables, el Control de Calidad son los procedimientos que se aplican en la práctica para conseguir esos objetivos.

Toda medida cuantitativa es afectada por factores que la apartan del verdadero valor. El laboratorio debe controlar tanto la fase preanalítica como la analítica para prevenir la aparición de errores.

#### a. Control de calidad en la fase preanalítica

- La fase preanalítica es la que transcurre entre la toma de muestras y su análisis. Los principales aspectos que deben controlarse son:
  - Aspectos relacionados con el muestreo:
    - Obtención de las muestras
    - Transporte al laboratorio
    - Recepción
    - Identificación
    - Conservación antes del análisis
    - Separación y distribución de las muestras

- Personal
- Instalaciones

**b. Control en la fase analítica**

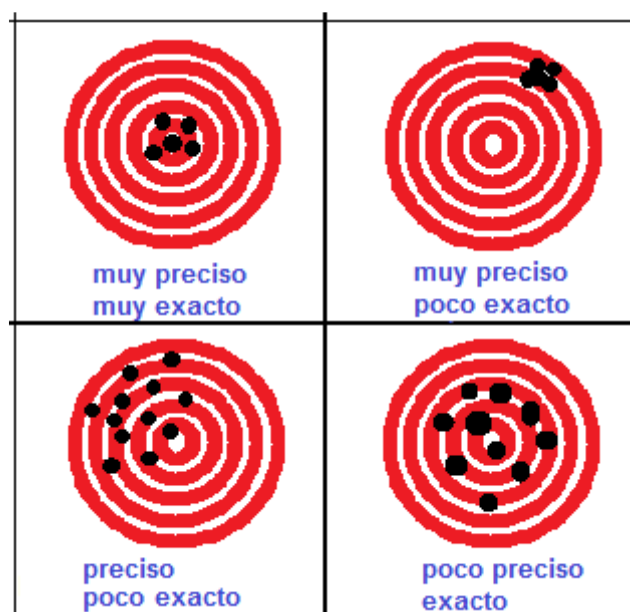
El control durante esta fase es fundamental para la fiabilidad de los resultados.

Durante la fase analítica se pueden producir dos tipos de error: aleatorio y sistemático.

- Error aleatorio: ocurre de forma esporádica. Se puede deber a lecturas incorrectas de los instrumentos, cálculos equivocados, patrones y reactivos preparados de forma incorrecta. Afectan a la precisión de los resultados, pero no a la media. Estos errores se evitan con una manipulación cuidadosa.
- Error sistemático: ocurre constantemente y siempre en la misma dirección. Se deben a factores instrumentales, errores de método o de operación. Estos errores afectan a la media de los resultados y a su exactitud, pero no a la variabilidad de los resultados. Las técnicas de control de calidad son muy útiles para su detección.

Los procedimientos para control en la fase analítica son:

- **Calibración:** Los equipos del laboratorio deben calibrarse con patrones o materiales de referencia certificados. Cada instrumento de medida debe tener su procedimiento de calibración donde se recoge todo el procedimiento, criterios de aceptación y acciones a tomar ante un fallo de calibración.
- **Validación de los procedimientos de medida:** son el conjunto de determinaciones para demostrar que las características técnicas del método cumplen los requisitos especificados en el manual de calidad del laboratorio. Para conocer la validez de un procedimiento de medida se deben utilizar procedimientos que permitan verificar las siguientes características técnicas:
  - **Especificidad analítica:** o la capacidad para poder determinar un constituyente de una mezcla compleja sin que interfieran otros componentes de la muestra.
  - **Intervalo de medida:** es el intervalo de valores de una magnitud en el que el procedimiento de medida es aplicable sin modificaciones.
  - **Límite de detección:** es el menor resultado individual que, con una cierta probabilidad, puede distinguirse de un blanco adecuado.
  - **Límite de cuantificación:** es la concentración mínima de un constituyente que puede determinarse con un nivel aceptable de inexactitud y de imprecisión.
  - **Exactitud:** grado de concordancia entre el valor obtenido y el valor verdadero.
  - **Precisión:** grado de concordancia entre los resultados obtenidos al aplicar el proceso experimental repetidas veces bajo condiciones establecidas.





- **Control interno de calidad:** consiste en la realización de medidas sobre materiales de control. En un sistema de calidad se debe determinar el intervalo entre controles, materiales de control, validación del procedimiento de control y los límites de aceptabilidad de los resultados de los controles.
- **Control externo de calidad:** participando en programas interlaboratorios para evaluación externa de la calidad. Consiste en analizar materiales de control certificados que también analizan otros laboratorios. El control externo permite conocer la inexactitud de los resultados del laboratorio y verificar la imprecisión.

Todos los procedimientos para el control durante esta fase deben también estar documentados.

#### 4. NORMAS DE COMPETENCIA TÉCNICA EN EL LABORATORIO. OBJETIVOS Y APLICACIONES.

¿Cómo saber qué laboratorios tienen un programa de Garantía de Calidad capaz de asegurar unos resultados fiables?

##### Norma ISO/IEC 17025

Los laboratorios pueden implantar un sistema de Garantía de Calidad normalizado: la **Norma ISO/IEC 17025**. Esta norma, además de requisitos de competencia técnica exige que el laboratorio disponga de un sistema de gestión de la calidad definido por la propia norma, asegurando de esta manera a los clientes que los resultados de las pruebas, calibración o medición proporcionados por el laboratorio o servicio de inspección son correctos y fiables.

Para conseguir la acreditación mediante esta Norma, el laboratorio que desee implantarla debe someterse a auditorías a cargo de asesores técnicos especializados, que en España son auditores de ENAC (Entidad Nacional de Acreditación), que efectúan una evaluación minuciosa de todos los factores que afectan a los resultados del laboratorio.

Los factores relevantes de la competencia técnica incluidos en la Norma ISO/IEC 17025 incluye:

- La competencia técnica del personal
- Validez y adecuación de las pruebas
- Trazabilidad de mediciones y calibraciones a una norma nacional
- Aptitud, calibración y mantenimiento del equipo
- Medio ambiente conducente para efectuar pruebas
- Muestreo, manejo y transporte de productos en que se efectuarán pruebas
- Aseguramiento de la calidad de resultados de pruebas y calibración.

##### Normas BPL

Las Buenas Prácticas de Laboratorio son un sistema de calidad que afecta a la organización de un laboratorio de investigación y que establece las condiciones bajo las cuales se planifican, realizan, controlan, registran, archivan e informan los estudios no clínicos de seguridad sanitaria y medioambiental. El objetivo de dichos estudios es la obtención de datos sobre la seguridad para las personas y el medio ambiente. Son de obligado cumplimiento para el registro y autorización de productos farmacéuticos, plaguicidas, aditivos destinados a la alimentación humana y animal, cosméticos, medicamentos veterinarios, así como para la regulación de las sustancias químicas industriales.

El objetivo de las BPL es asegurar la calidad de los datos en los estudios realizados, lo que constituye la base de su aceptación mutua entre distintos países.

Estas normas se consideran de obligado cumplimiento para asegurar la calidad e integridad de los datos producidos en determinados tipos de investigaciones o estudios. El organismo que ha desarrollado una normativa relativa a las BPL ha sido la [OCDE](#) la cual ha sido asumida por la

UE en las Directivas 87/18, 99/11 y 2004/10/CE y recogida en la legislación española en el RD 1369/2000.

Los principios de las BPL son:

- 1. Facilidades Adecuadas. Para que se pueda trabajar en condiciones adecuadas** se debe contar con espacio suficiente. Se debe tener en cuenta en el diseño del laboratorio el tipo de actividades que se van a desarrollar en el laboratorio.
- 2. Personal Cualificado.** Es importante contar con personal cualificado.
- 3. Equipamientos Mantenidos y Calibrados.** Emplear equipos mantenidos y calibrados de manera apropiada. Además disponer de los registros de los mantenimientos.
- 4. Procedimientos Estándares de Operación (SOPs).** El laboratorio debe contar con procedimientos operacionales estándares escritos. Se debe considerar que: **sólo lo que está escrito existe.**

## Bibliografía

- **Babor, J.A.; Ibarz, José.** Química general moderna. 8a. ed. Marín, 1979.
- **Comité de Garantía de Calidad y Acreditación de Laboratorios.** Dirección: F. Ramón Bauzá: Recomendaciones para la acreditación de laboratorios clínicos (volumen I). Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular. Barcelona, 1996.
- **Comité de Garantía de Calidad y Acreditación de Laboratorios.** Dirección: F. Ramón Bauzá: Recomendaciones para la acreditación de laboratorios clínicos (volumen II). Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular. Barcelona, 1999.
- **González de Buitrago, J.M.** Tecnología y métodos del laboratorio clínico. Salvat Editores. Barcelona, 1990.
- **Harris, D.** Análisis químico cuantitativo. 3ª Ed. Reverté, Barcelona. 2007.
- **Helbing, W; Burkart, A.** Tablas químicas para laboratorio e industria. Reverté. Barcelona. 1985.
- **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** Guía técnica para la utilización de los trabajadores en el trabajo de los Equipos de Protección Individual.
- **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** NTP 677: "Seguridad en el laboratorio. Vitrinas de gases de laboratorio: utilización y mantenimiento.
- **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** NTP 480. "Gestión de residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación"
- **Leiva Guzmán, M.** Materiales de referencia y comparaciones interlaboratorios. Herramientas para control de calidad en laboratorios de ensayo. Manuel A. Leiva Guzmán. Santiago de Chile. 2006
- **Métodos oficiales de análisis de los alimentos.** AMV Ediciones Mundiprensa libros S.A. Madrid. 1994.
- **R.D. 833/1988, de 20 de Julio,** por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. (BOE nº 182, de 30 de Julio de 1988).
- **Orden de 13 de Octubre de 1989** por la que se determinan los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos. (BOE nº 270, de 10/11/89).
- **R.D. 1078/1993, de 2 de julio,** por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos. (BOE nº 216 de 9/9/93).
- **R.D. 363/1995, de 10 de marzo** por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. (BOE nº 133 de 5/6/95)
- **Skoog, Douglas A., West, Donald M:** Introducción a la química analítica. Paraninfo. 1996. Reimpresión 2002. Sevilla.
- Técnicas de laboratorio químico 4. Edebé. 1978, Barcelona
- **Valcárcel, M; Ríos, A.** La calidad en los laboratorios analíticos. Reverté. Barcelona. 1992. Reimpresión 2002.
- Real decreto 822/1993, de 28 de mayo, que establece los Principios de Buenas Practicas de Laboratorio y su aplicación en la realización de estudios no clínicos sobre Sustancias y productos químicos. (BOE núm. 128, de 29 mayo [RCL 1993, 1646])
- **Editorial Aranzadi S.A.**
- Manuales para el control de calidad de los alimentos. 14. la garantía de la calidad en el laboratorio químico de control de los alimentos. FAO. 1996
- Guía de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio. Centro Politécnico Superior. Universidad de Zaragoza.

### Direcciones Web

<http://www.boe.es/>  
[www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)  
[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/atom\\_o/estructura.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/atom_o/estructura.htm)  
[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/tabla\\_period/tabla.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/tabla_period/tabla.htm)  
[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/enlaces/enlaces1.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/enlaces/enlaces1.htm)  
[http://echa.europa.eu/clp/clp\\_regulation/transition\\_es.asp](http://echa.europa.eu/clp/clp_regulation/transition_es.asp)  
[www.eis.uva.es/~qgintro/atom/atom.html](http://www.eis.uva.es/~qgintro/atom/atom.html)  
<http://eur-lex.europa.eu/es/index.htm>  
[www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S13.htm](http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S13.htm)  
[www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S02.htm](http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S02.htm)  
[www.fao.org/docrep/014/T0845S/T0845S.pdf](http://www.fao.org/docrep/014/T0845S/T0845S.pdf)  
[www.heurema.com/QG8.htm](http://www.heurema.com/QG8.htm)  
[www.icmsf.org/](http://www.icmsf.org/)  
[www.insht.es/portal/site/RiesgosQuimicos/](http://www.insht.es/portal/site/RiesgosQuimicos/)  
[www.madridsalud.es/salud\\_publica/seguridad\\_alimentaria/alimentos.php](http://www.madridsalud.es/salud_publica/seguridad_alimentaria/alimentos.php)  
<http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2004/Ondas/index.htm>  
[www.panreac.es/es/servicios/publicaciones](http://www.panreac.es/es/servicios/publicaciones)  
[www.portalcalidad.com/](http://www.portalcalidad.com/)  
[www.scharlab.com/index.php?idioma=ES](http://www.scharlab.com/index.php?idioma=ES)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Valoraci%C3%B3n\\_%C3%A1cido-base](http://es.wikipedia.org/wiki/Valoraci%C3%B3n_%C3%A1cido-base)

### Catálogos web

[www.buerkle.de/es/shop/\\_zone-sampler-spiralus.html](http://www.buerkle.de/es/shop/_zone-sampler-spiralus.html)  
[www.enasco.com/whirlpak/](http://www.enasco.com/whirlpak/)  
[www.dcnessler.com/](http://www.dcnessler.com/)  
[www.ictsl.net/](http://www.ictsl.net/)  
[www.kruess.com/laboratorio/](http://www.kruess.com/laboratorio/)  
[www.labotienda.com/es/catalogo/refractometros\\_de-mano.aspx](http://www.labotienda.com/es/catalogo/refractometros_de-mano.aspx)  
[www.panreac.es/es/noticias/notas-de-prensa/164-nuevo-catalogo](http://www.panreac.es/es/noticias/notas-de-prensa/164-nuevo-catalogo)  
[www.scharlab.com/web\\_soporte.php?idioma=ES&tipo=CAT](http://www.scharlab.com/web_soporte.php?idioma=ES&tipo=CAT)  
[www.waters.com/waters/home.htm](http://www.waters.com/waters/home.htm)

Para cualquier información complementaria, pueden dirigirse a:

**Consejería de Agricultura y Agua**

• **Servicios Centrales**

Plaza Juan XXIII, s/n. - 30008 Murcia – [www.carm.es/cagric](http://www.carm.es/cagric)

• **Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica**

Teléfonos: 968 39 59 37 - 968 39 59 39 – Fax: 968 39 59 38 – [www.fyta.es](http://www.fyta.es)

• **Centros Integrados de Formación y Experiencias Agrarias**

**Jumilla**

Ingeniero La Cierva, s/n.  
Telf.: 968 78 09 12 • Fax: 968 78 30 11

**Lorca**

Ctra. Águilas, km. 2  
Telf.: 968 46 85 50 • Fax: 968 46 84 23

**Molina de Segura**

Gutiérrez Mellado, 17 Avda.  
Telf.: 968 38 90 36 • Fax: 968 64 34 33

**Torre Pacheco**

Gerardo Molina, s/n.  
Telf.: 968 57 82 00 • Fax: 968 57 82 04

• **Oficinas Comarcales Agrarias**

**Jumilla**

Avda. Reyes Católicos, 2  
Telf.: 968 78 02 35 • Fax: 968 78 04 91

**Molina de Segura**

Ctra. Fortuna, s/n.  
Telf.: 968 61 04 07 • Fax: 968 61 61 12

**Caravaca de la Cruz**

C/. Julián Rivero, 2  
Telf.: 968 70 76 66 • Fax: 968 70 26 62

**Murcia**

Plaza Juan XXIII, s/n.  
Telf.: 968 39 59 24 • Fax: 968 39 59 45

**Mula**

B.º Juan Viñeglas Avda.  
Telf.: 968 66 01 52 • Fax: 968 66 01 80  
(Ext. 64024)

**Torre Pacheco**

Gerardo Molina, s/n.  
Telf.: 968 57 84 06 • Fax: 968 57 76 68

**Lorca**

Ctra. de Águilas, s/n.  
Telf.: 968 46 73 84 • Fax: 968 46 73 57

**Cartagena**

C/. Jara, 29  
Telf.: 968 50 81 33 • Fax: 968 52 95 71

**Alhama**

C/. Acisclo Díaz, s/n.  
Telf.: 968 63 02 91 • Fax: 968 63 19 82

**Fuente Álamo - Mazarrón**

Gran Vía, 44 - 2ª planta  
Telf.: 968 59 74 21 • Fax: 968 59 83 53

**Cieza**

Ctra. Murcia, s/n.  
Telf.: 968 76 07 05 • Fax: 968 76 01 10

**Organizaciones Profesionales Agrarias  
Federaciones de Cooperativas Agrarias**



**AGROALIMENTARIA**

Región de Murcia

**INICIACIÓN A LA APICULTURA**

**29**

**FORMACION**




**AGROALIMENTARIA**

Región de Murcia

**PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LOS CÍTRICOS EN LA REGIÓN DE MURCIA**

**30**

**FORMACION**



Periodo crítico • Estados más vulnerables  
Métodos de seguimiento • Umbrales de intervención • Control químico y biológico

**AGROALIMENTARIA**

Región de Murcia

**SEGURIDAD LABORAL EN EXPLOTACIONES GANADERAS**

**31**

**FORMACION**




**AGROALIMENTARIA**

Región de Murcia

**APLICACIÓN DEL AUTOCONTROL BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE APPCC EN EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS E INDUSTRIAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS (NIVEL 1)**

**32**

**FORMACION**



**AGROALIMENTARIA**

Región de Murcia

**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOCONTROL APPCC EN INDUSTRIAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS (NIVEL 2)**

**33**

**FORMACION**




**AGROALIMENTARIA**

Región de Murcia

**LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR NITRATOS PROCEDENTES DE FUENTES DE ORIGEN AGRARIO**

**34**

**FORMACION**



## PUBLICACIONES DE LA SERIE FORMACIÓN AGROALIMENTARIA

- Nº 1.- Manipulador de productos fitosanitarios. Nivel Básico (Manual del profesor).
- Nº 2.- Poda y sistemas de formación en los frutales de hueso.
- Nº 3.- Recomendaciones de buen uso y seguridad en los equipos de tratamiento fitosanitario.
- Nº 4.- Manipulador de productos fitosanitarios. Nivel Básico (Manual del alumno).
- Nº 5.- Manipulador de productos fitosanitarios. Nivel Cualificado (Manual del profesor).
- Nº 6.- Manipulador de productos fitosanitarios. Nivel Cualificado (Manual del alumno).
- Nº 7.- Prevención de Riesgos Laborales en el puesto de trabajo. Manejo seguro del tractor.
- Nº 8.- Manipulador de plaguicidas de uso ganadero. Nivel Básico (Manual para el alumno).
- Nº 9.- Manipulador de plaguicidas de uso ganadero. Nivel Básico (Manual para el profesor).
- Nº 10.- Normas básicas de la condicionalidad.
- Nº 11.- Plagas y enfermedades de limón y pomelo en la Región de Murcia.
- Nº 12.- Bienestar animal en el transporte.
- Nº 13.- Técnica de atomización según volumen vegetativo (T.R.V.).
- Nº 14.- La fertirrigación del limonero.
- Nº 15.- Plagas y enfermedades de la vid en la Región de Murcia.
- Nº 16.- Manejo y mantenimiento de instalaciones de riego localizado.
- Nº 17.- Iniciación a la cata de vinos.
- Nº 18.- Sistemas de gestión de calidad en explotaciones agrícolas.
- Nº 19.- Manual del curso de manipulador de frutas y hortalizas.
- Nº 20.- Sistemas de gestión de calidad y seguridad en centrales hortofrutícolas.
- Nº 21.- Prevención de Riesgos Laborales en el puesto de trabajo. Manejo seguro de carretillas elevadoras.
- Nº 22.- Valoración morfológica en ganado caprino lechero. Cabra murciano-granadina.
- Nº 23.- Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) en explotaciones agrícolas.
- Nº 24.- Guía de Primeros Auxilios en el sector agrario y agroalimentario.
- Nº 25.- Transporte y almacenamiento de productos químicos para uso agrario.
- Nº 26.- Ecoeficiencia energética en las empresas agroalimentarias.
- Nº 27.- Obligaciones medioambientales en explotaciones agrarias y centrales hortofrutícolas.
- Nº 28.- Aceite de oliva virgen. Guía básica para catar.
- Nº 29.- Iniciación a la Apicultura.
- Nº 30.- Plagas y enfermedades de los cítricos en la Región de Murcia.
- Nº 31.- Seguridad laboral en explotaciones ganaderas.
- Nº 32.- Aplicación del autocontrol basado en los principios de APPCC en Explotaciones Agrícolas e Industrias de Frutas y Hortalizas (nivel 1).
- Nº 33.- Aplicación del sistema de autocontrol APPCC en Industrias de Frutas y Hortalizas (nivel 2)
- Nº 34.- La contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes de origen agrario.







**Consejería de Agricultura y Agua**

