

ANÁLISIS EN LABORATORIO

**ING. EDGAR MARCELO MORALES REVOLLO
CONSULTORÍA KADES**

RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS

- La o el recepcionista verificará que las muestras se encuentren correctamente codificadas de acuerdo con el acta presentada al laboratorio, con su respectivas características de la muestra, como ser hora, lugar y otros.



CUARTO FRÍO



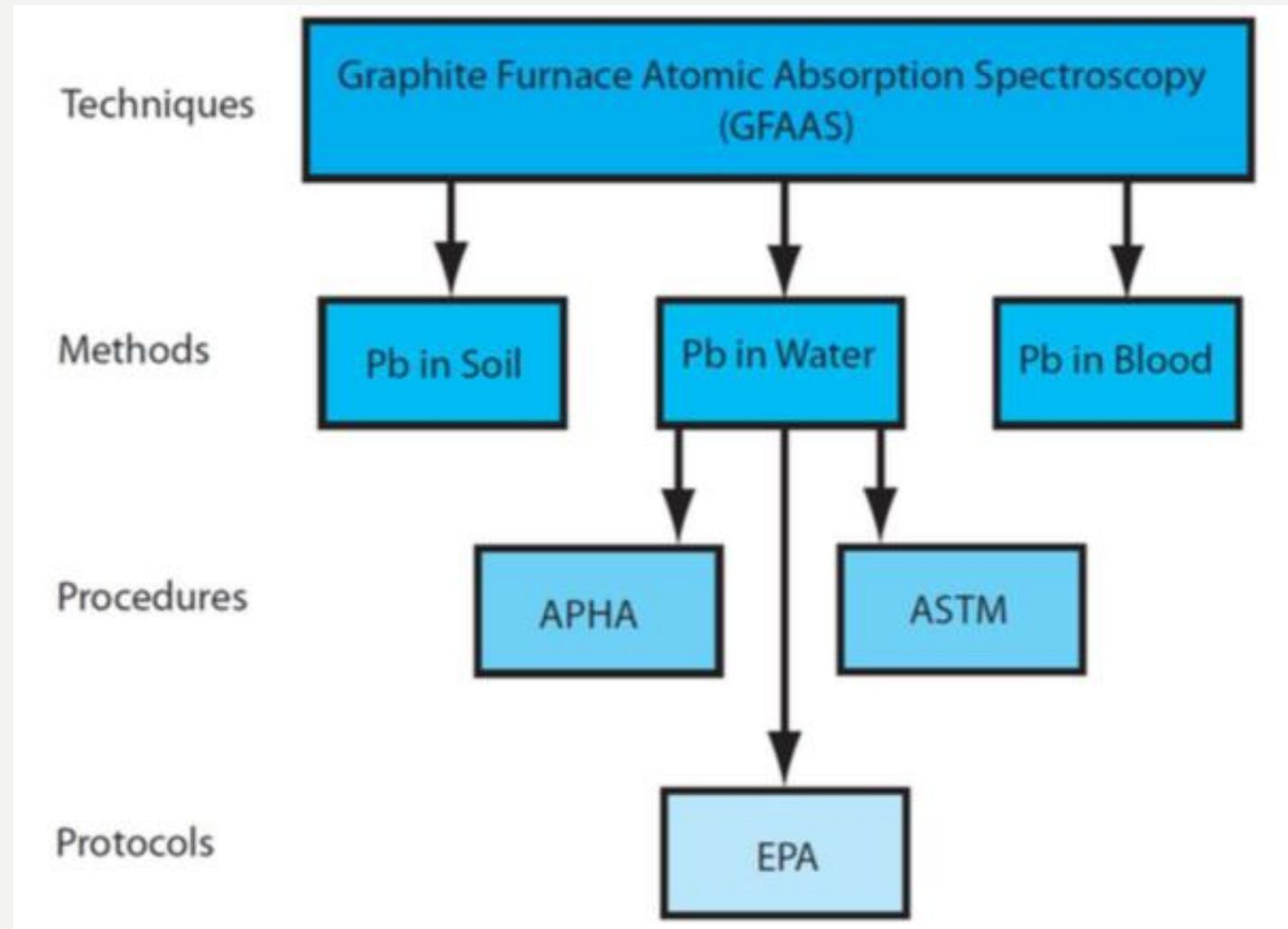
- Una vez que las muestras sean aceptadas para su análisis en el laboratorio, estas pasan a ser responsabilidad total del laboratorio.
- Dichas muestras pasan al “Cuarto Frio” el cual se encuentra a 4° C, con la finalidad de preservar las muestras
- Estas muestras no deben encontrarse demasiado tiempo en este cuarto, ya que sus propiedades pueden alterarse, afectando a los resultados.

A CONTINUACIÓN ...

- Una vez que llega el momento del análisis, hay que tener muy en cuenta que los laboratorios cuentan con técnicas, métodos y procedimientos que deben estar bajo normas.
- Usualmente en nuestro medio, se usa la ISO 17025, la cual acredita a los laboratorios que cumplen con los correctos ensayos.

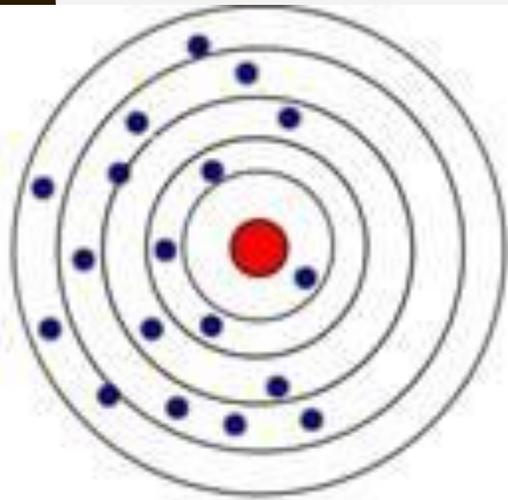


- Por ejemplo para la determinación de la calidad de agua para el consumo humano, como se había mencionado previamente, los laboratorios deben usar un protocolo especificado por la autoridad competente, o por la norma a los que se rigen:



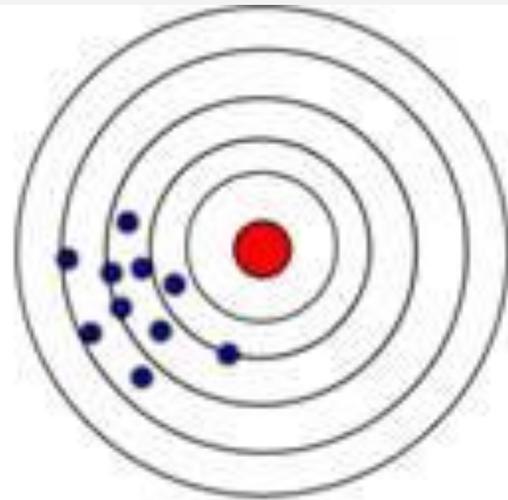
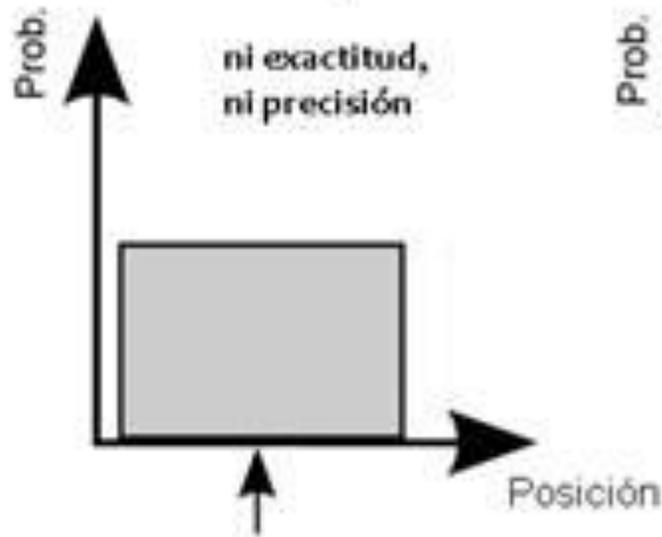
**ANTES DE UN ANÁLISIS ES IMPORTANTE
SABER LOS SIGUIENTES ASPECTOS**





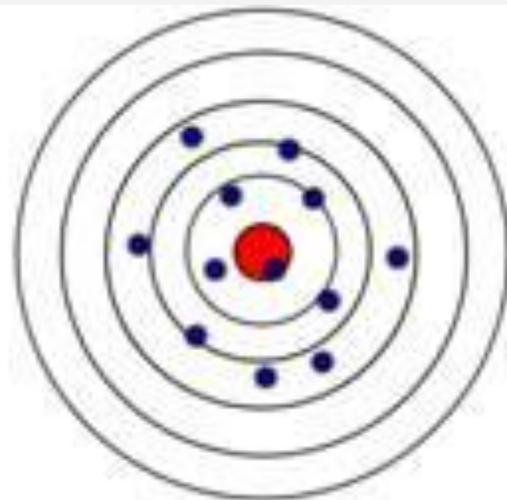
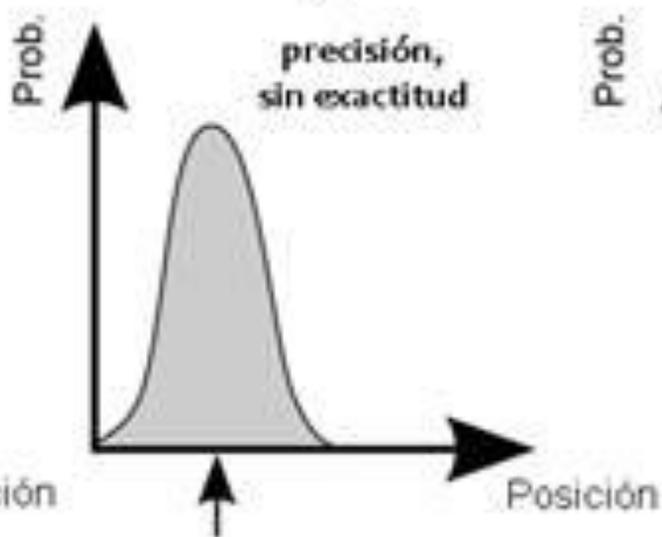
1

ni exactitud,
ni precisión



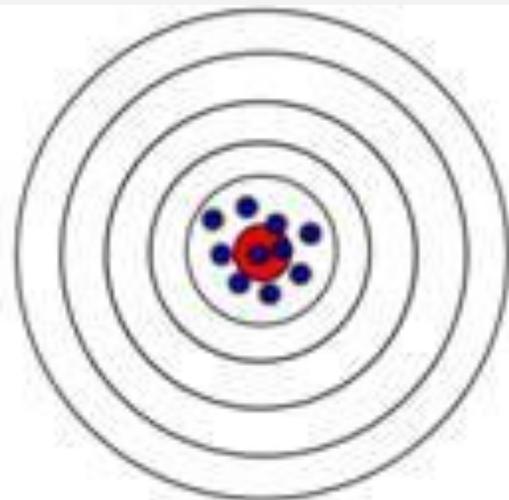
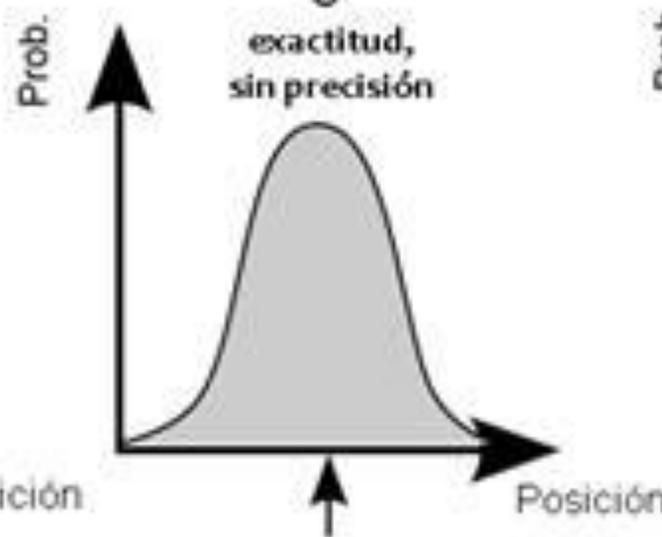
2

precisión,
sin exactitud



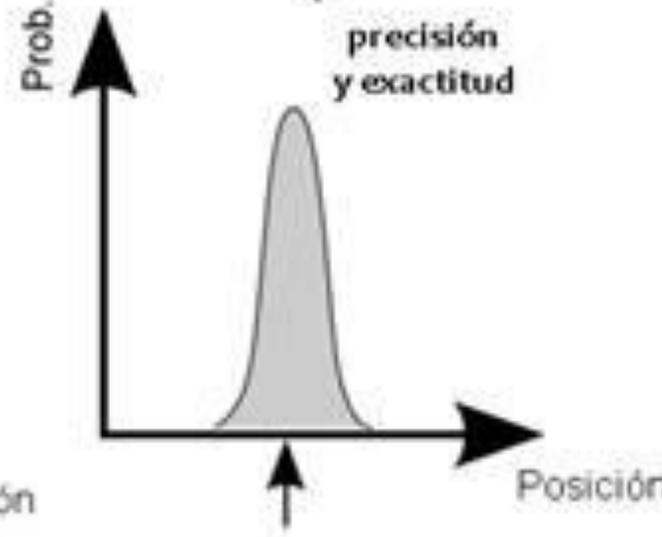
3

exactitud,
sin precisión

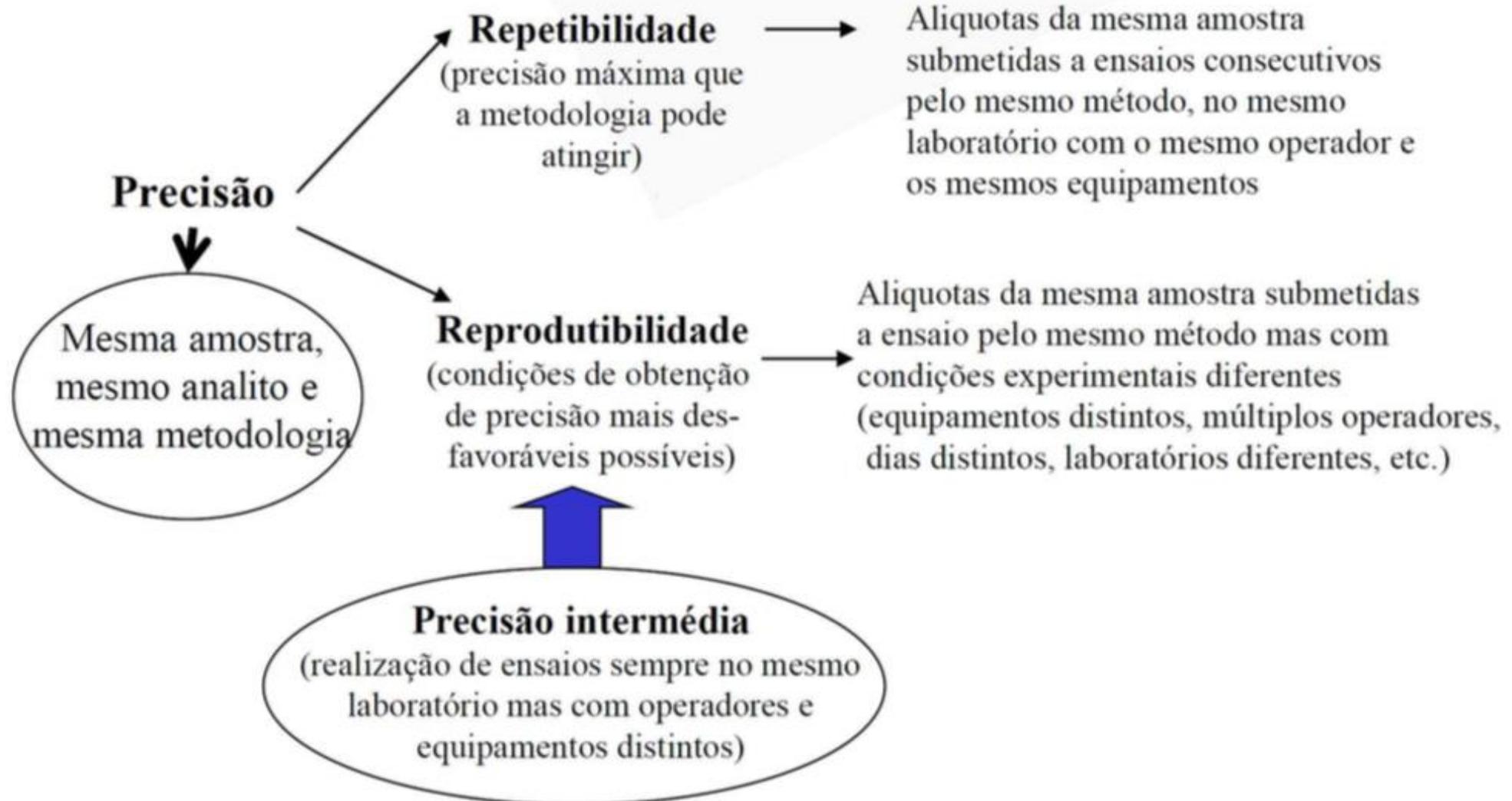


4

precisión
y exactitud



• Reproducibilidade y Reproducibilidad



CONCENTRACIÓN

- Es el monto relativo que constituye en una muestra expresada en concentración
- Hay muchas maneras de expresar la concentración, la mas común es por molaridad, porcentaje de peso, porcentaje de volumen, **relación entre masa sobre volumen**. Partes por millón/billón/trillón.

Ejemplo: si disolvimos 10 gramos de azúcar en 1 L (Litro) de agua, decimos que tenemos una solución de azúcar cuya concentración es de 10 g/l (se lee "diez gramos por litro").

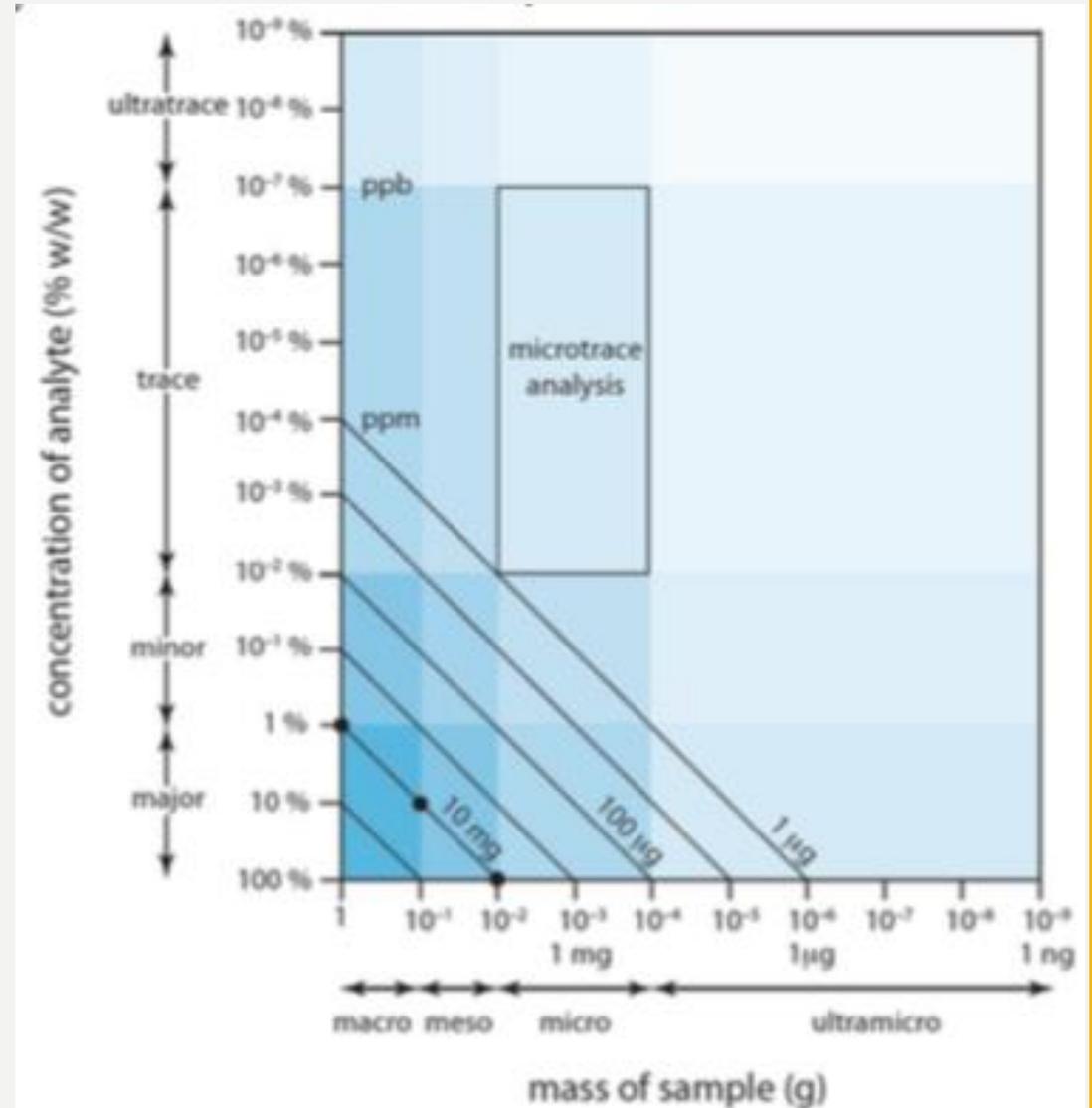
$$Con = \frac{mg}{L} = \frac{mg}{kg}$$



ESCALA DE OPERACIÓN:

Una de las formas para escoger el método de análisis, es considerar tres limitaciones potenciales:

- El monto de muestra para el análisis
- La concentración esperada del analito en las muestras
- El mínimo monto de analito que es medido por la señal



ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y MEDICIÓN

- Es importante recalcar que un análisis nos genera información química y física de una muestra
- El componente de interés en la muestra es llamado el **ANALITO**, donde el restante de la muestra es la **MATRIZ**

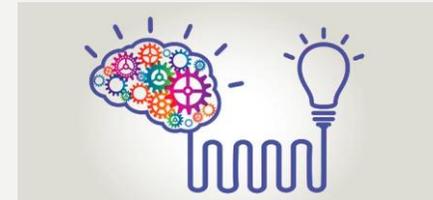


TÉCNICAS, MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS Y PROTOCOLOS

- La **TECNICA** es cualquier principio químico o físico que podemos usar para estudiar un analito



- El **METODO** es la aplicación de la técnica para un específico analito en una específica matriz



- El **PROCEDIMIENTO**, es donde se encuentran escritas las direcciones, indicándonos como aplicar el método en una particular muestra.



- El **PROTOCOLO**, es un conjunto riguroso de pautas especificando el procedimiento que debe ser seguido. (ISO 17025)



Techniques

Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy
(GFAAS)

Methods

Pb in Soil

Pb in Water

Pb in Blood

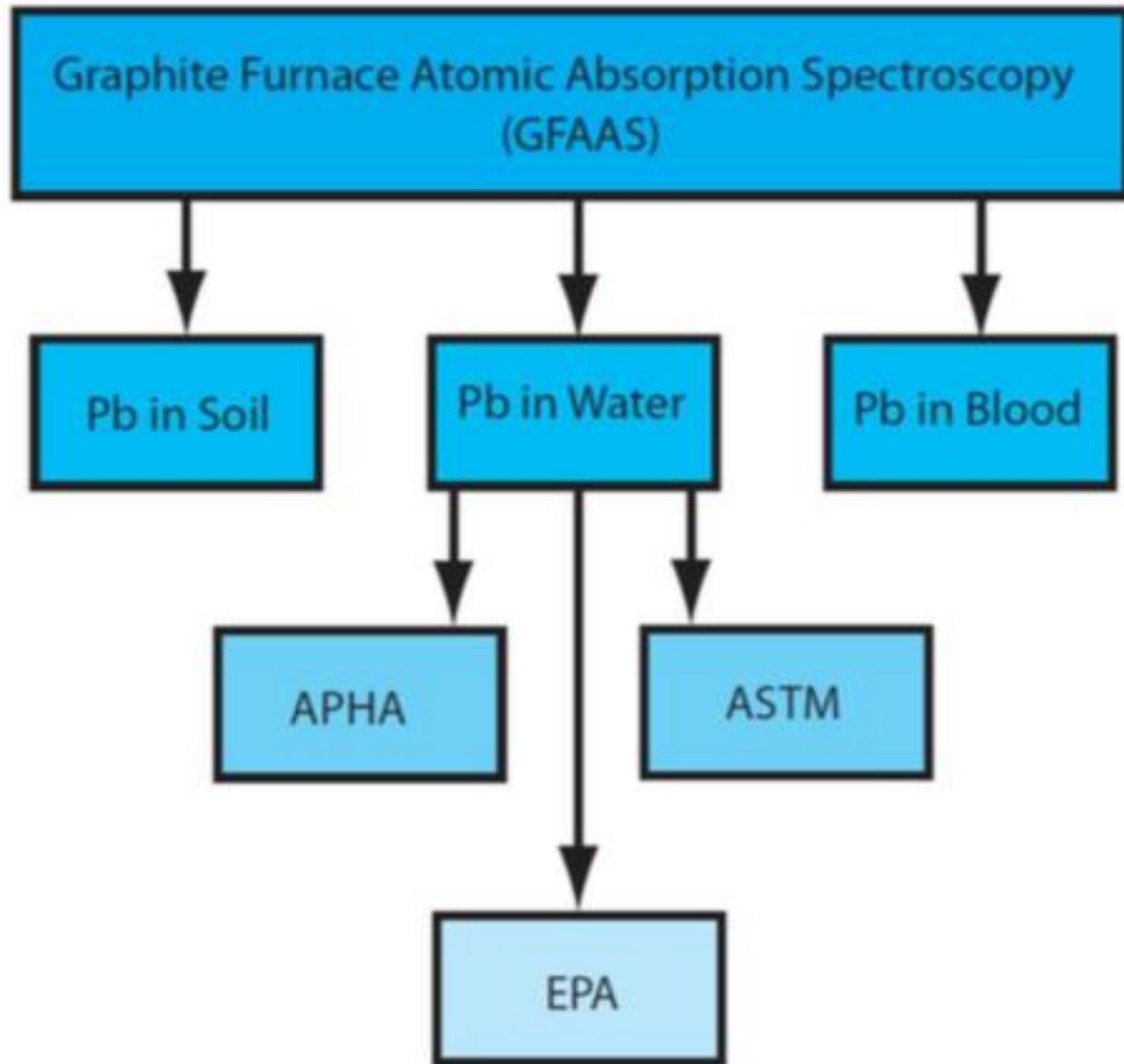
Procedures

APHA

ASTM

Protocols

EPA



EQUIPOS, TIEMPO Y COSTO



- Finalmente, podemos comparar métodos analíticos respecto a las necesidades de equipos que vamos a utilizar, el tiempo para completar el análisis y el costo por muestra.
- Métodos confiables en instrumentación son equipos intensivos y tal vez requieran un operador capacitado



TOMAR LA ULTIMA DECISIÓN

- Trabajar con pequeñas muestras o mejorando la selectividad usualmente trae un desgaste en la precisión
- Minimizando los costos de análisis y tiempo, tal vez genere una baja en la exactitud de los resultados
- Seleccionar un método cuidadosamente requiere un balance en el criterio del analista
- Usualmente, el criterio más importante se basa en la obtención de la exactitud, por lo que el mejor método es el que nos dará el resultado mas exacto a lo que queremos llegar.

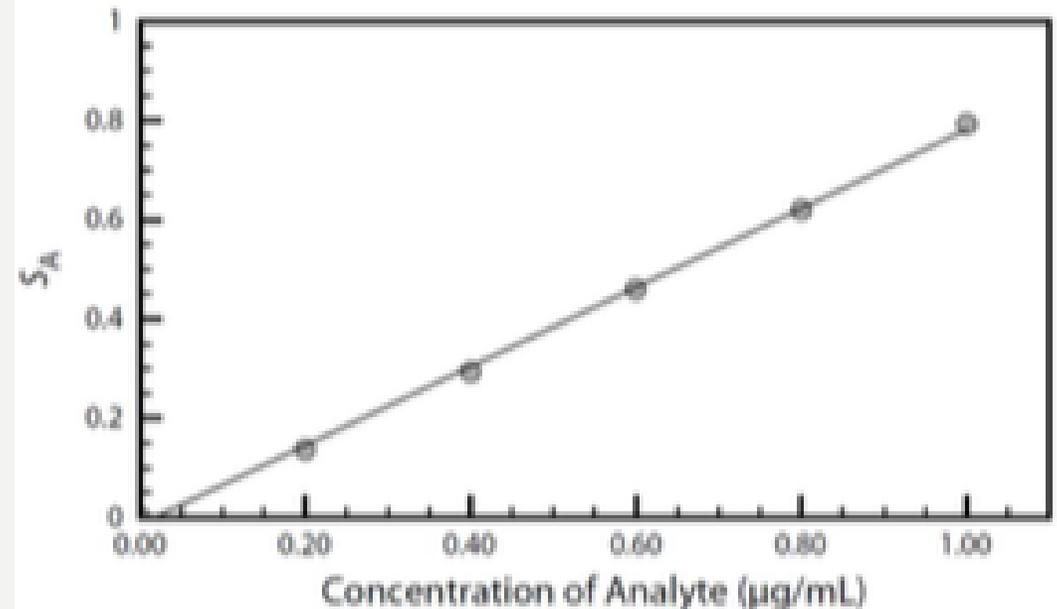


CALIBRACIÓN

- Una simple definición de la cantidad del método analítico es que el mecanismo para convertir la medición, la señal, en un monto de analito en la muestra.
- Asumiendo que podemos corregir el método con el método del blanco y que compensara las interferencias.

$$S_A = k_A C_A$$

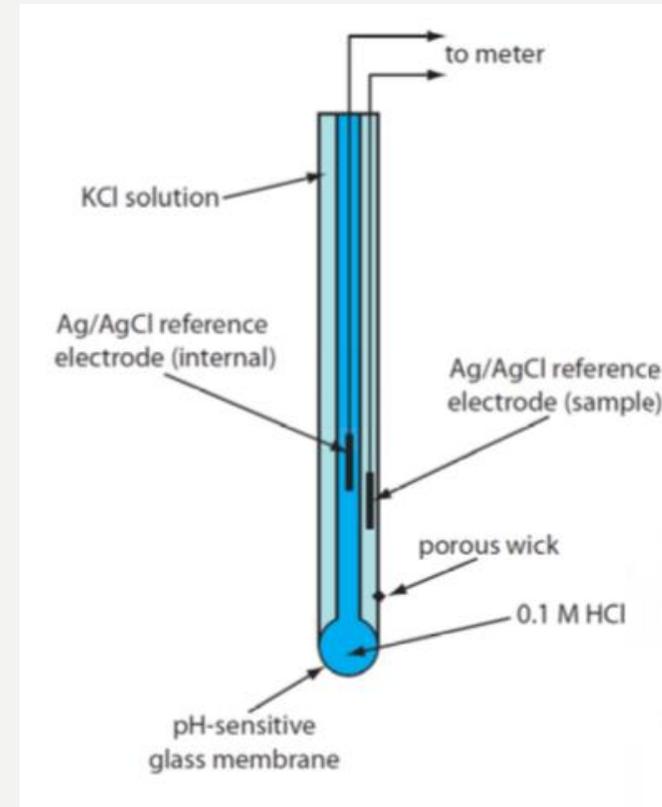
- Una Calibración es el proceso de la experimentación que determina el valor de K_A , mediante la medición de la señal por uno o mas muestras padrón o estándares, las cuales contienen una concentración de analito conocida



USO DEL PHMETRO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDROGENO

- El principio básico de la medida electrométrica del pH es la determinación de la actividad de los iones hidrogeno con medidas potenciométricas mediante un electrodo estándar de hidrogeno y un electrodo de referencia

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



INTERFERENCIA DEL METODO

- La temperatura afecta la medida del pH al influir en las condiciones de los equilibrios químicos y en las propiedades mecánicas del electrodo; por lo tanto, debe informarse la temperatura cada vez que se mide el pH

ALCANCE DEL METODO

- Se aplica a la determinación de pH en aguas para consumo humano y se extiende también para muestras de agua superficial, residual (domestica e industrial) y aguas subterráneas.
- Se recomienda realizar la lectura in situ



CALIBRACION DEL PHMETRO

- Para la calibración del pHmetro lo primero que se debe es, contar con las soluciones buffer que ya vienen con un pH conocido, por lo que al mezclar con un agua pura, esta debe tomar el pH mencionado. Posteriormente se debe calibrar el phmetro

[En el siguiente video podemos observar de mejor manera como se calibra un pHmetro](#)



PROCEDIMIENTO DE USO DEL PHMETRO

1. Encienda el aparato y permita la estabilización de la lectura



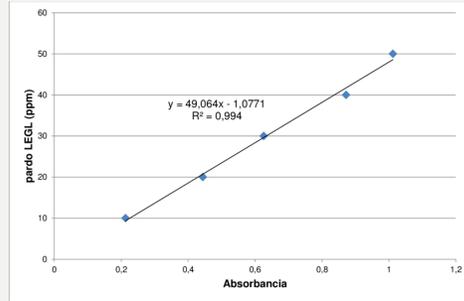
2. Saque los electrodos, de la solución de almacenamiento para electrodos



3. Lave los electrodos con suficiente agua (destilada) y séquelos con cuidado, con papel de arroz o una toalla de papel



4. Realice una curva de calibración con las soluciones reguladoras preparadas o estándares de referencia con pH 4, 7 y 10, graficando pH leído (y) vs pH referencia (x)



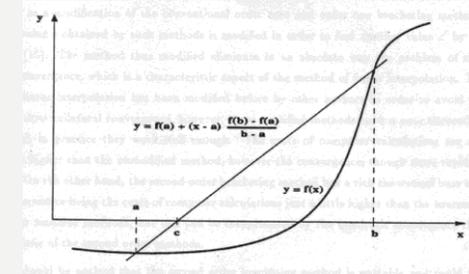
5. Lave nuevamente los electrodos con abundante agua y séquelos



6. Permita que la lectura se estabilice asegurando que la membrana de intercambio este completamente sumergida y que las condiciones de agitación sean homogéneas



7. Registre el valor del pH de la muestra analizada, interpólole en la curva de calibración realizada y regístrelo en el formato de registro de datos correspondiente



8. Saque los electrodos de la muestra de agua, lávelos con abundante agua y séquelos, para proceder a las siguientes lecturas



9. Lave cuidadosamente los electrodos al terminar las mediciones de las muestras

10. Introduzca los electrodos en la solución de almacenamiento para electrodos, apague el equipo y cúbralo contra agentes externos mientras no este en uso



CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

- Es una expresión numérica de la capacidad de una solución acuosa para conducir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, su concentración total, la movilidad, la valencia, las concentraciones relativas y la temperatura de medición





ALCANCE DEL METODO

- Es un método aplicable a la determinación de conductividad en aguas para consumo humano y se extiende también por muestras de agua superficial, residual (domestica e industrial) y aguas subterráneas. Se recomienda realizar la lectura in situ

[Video de medición de la conductividad](#)

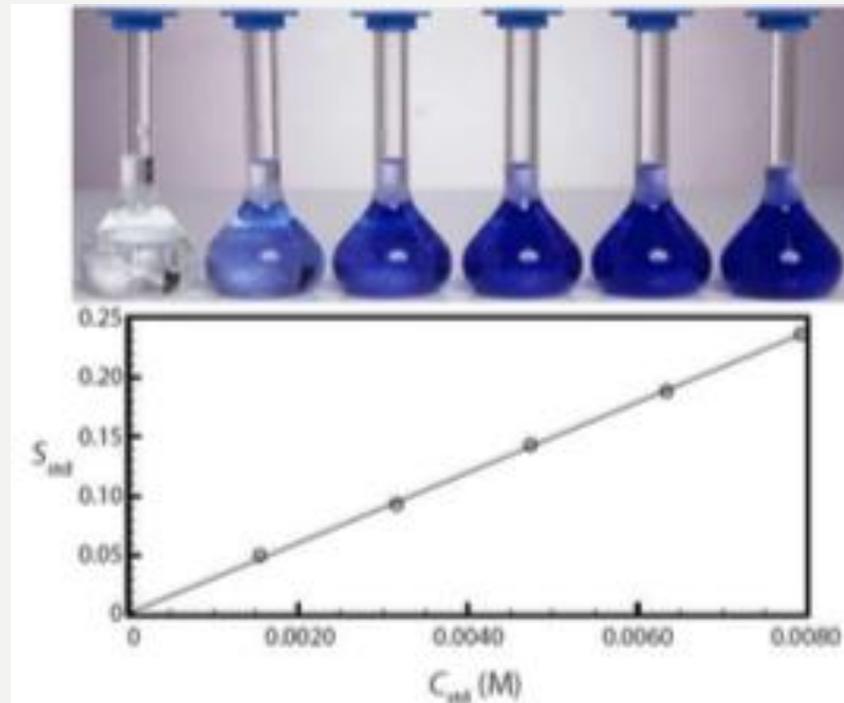
DETERMINACIÓN DE LA SENSIBILIDAD

$$S_A = k_A C_A$$

- Se debe determinar el valor de k_A mediante el análisis de uno o mas soluciones estándares o patrón.
- A continuación, se ilustrara los dos métodos mas usados comúnmente. Los de Múltiples estándares externos y los estándares de Adición

MÚLTIPLES ESTÁNDARES EXTERNOS

- Se trata de preparar una serie de estándares, de los cuales cada uno contiene una concentración diferente de analito.
- Este método debe contar con al menor tres estándares, mientras mas mejor.
- Aquí se tendrá la grafica de S_{std} versus la C_{std} , la cual es conocida como la curva de calibración.

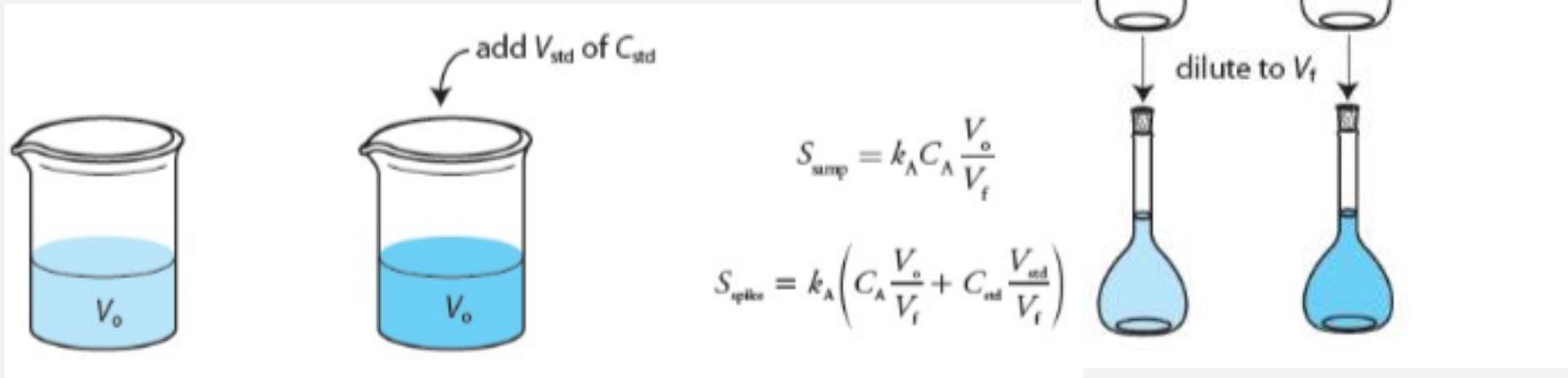


Para Practicar:

En la Calibración de un método espectrofotométrico para la determinación de hierro II en agua, se obtiene una recta con la siguiente ecuación $Abs = 0,296 \times C_{Fe(II)} + 0,003$. Sabiendo que para una solución muestra, preparada con 20,00 mL de una muestra de agua en un balón volumétrico de 50,00 mL, se midió una absorbancia de 0,397. Calcule la concentración de Hierro (II) en el agua.

ADICIONES DE ESTÁNDAR

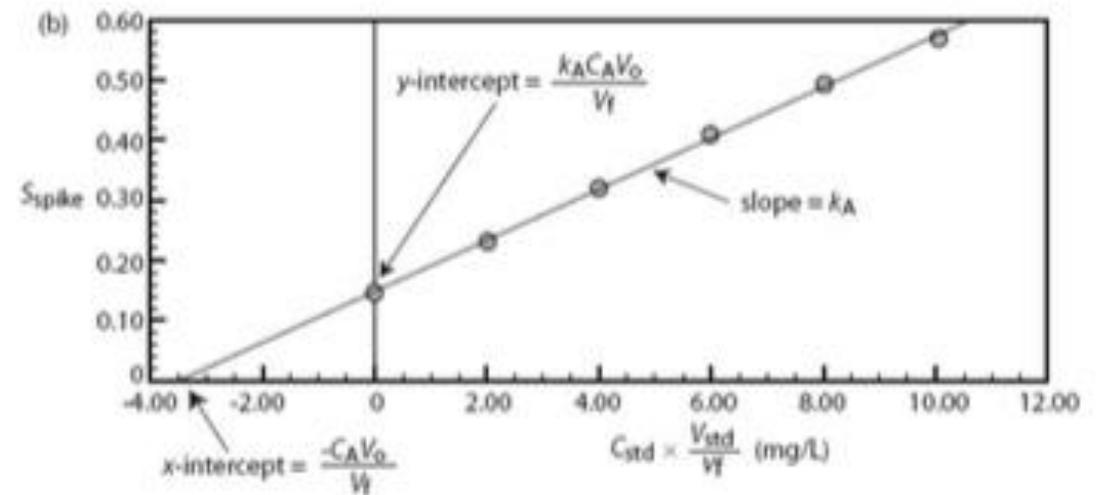
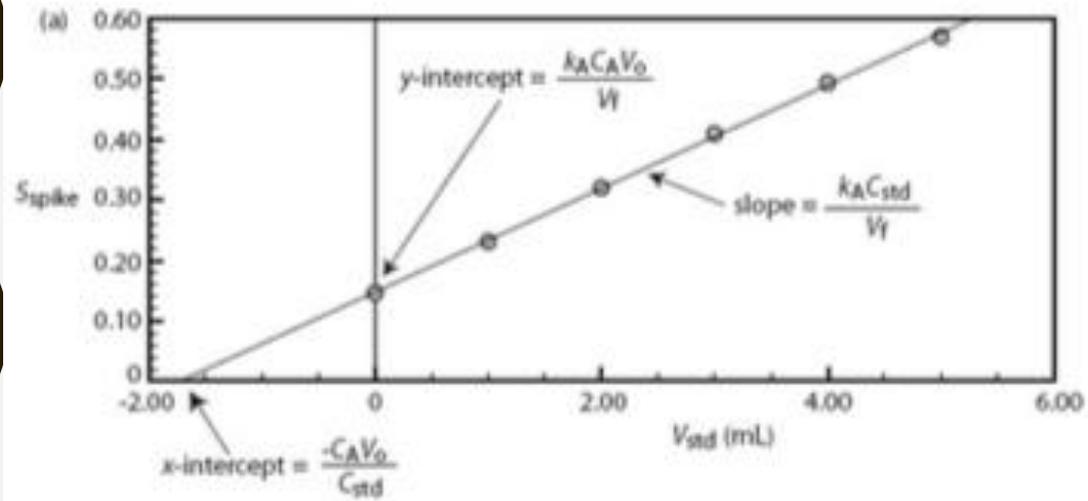
- Podemos evitar la complicación de emparejar la matriz de los estándares a la matriz de la muestra, mediante la puesta del estándar necesario en la muestra.



The diagram illustrates the process of standard addition. It shows two beakers: the first contains volume V_o , and the second contains V_o plus an added volume V_{std} of standard concentration C_{std} . Below this, two flasks show the addition of V_o of sample concentration C_A and V_{std} of standard concentration C_{std} , followed by dilution to a final volume V_f .

$$S_{\text{sample}} = k_A C_A \frac{V_o}{V_f}$$
$$S_{\text{spike}} = k_A \left(C_A \frac{V_o}{V_f} + C_{\text{std}} \frac{V_{\text{std}}}{V_f} \right)$$

MULTIPLE STANDARD ADDITIONS

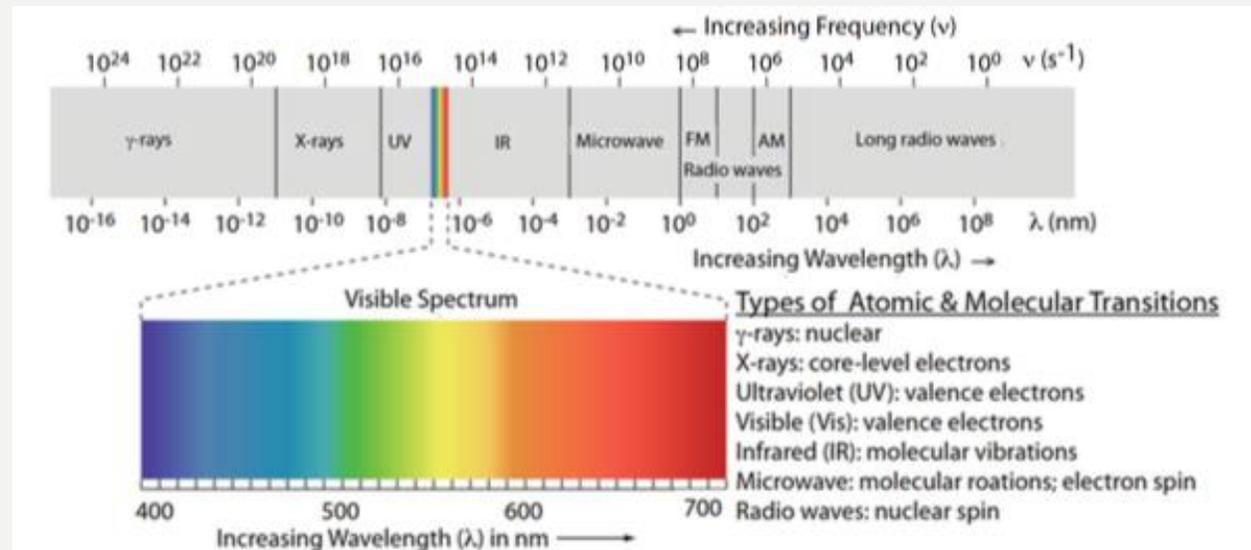


Para determinar que método utilizar, es importante tener en cuenta que cuando queremos usar el método externo de estandarización, nosotros asumimos que la matriz no afecta al valor k_A

TÉCNICAS

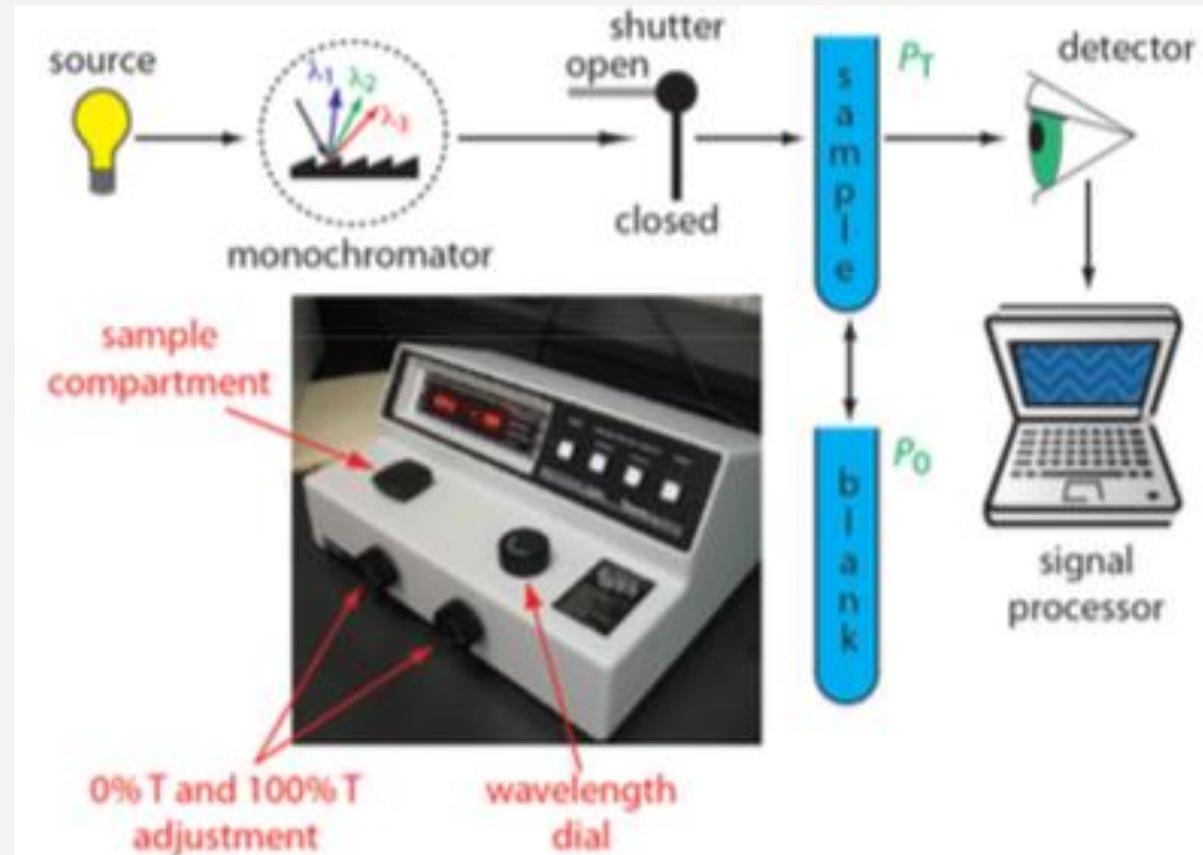
ESPECTROSCOPIA UV VISIBLE

- Radiación Electromagnética (luz): es una forma de energía, donde el comportamiento es descrito por las propiedades tanto de las ondas y las partículas.
- Consiste en la oscilación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio linear y con una velocidad constante.
- Por lo tanto, el Espectro Electromagnético está basado en el tipo de transición molecular o atómica que da el crecimiento de la absorción o emisión de fotones.



Procedimiento del equipo:

- La luz pasa a través de la muestra, su intensidad decrece ya que esta es absorbida por la muestra. Esta radiación es descrita cuantitativamente por dos separados, pero relacionado con los términos de Transmitancia y absorbancia.



APLICACIONES CUANTITATIVAS:

- La determinación de la concentración del analito esta basada en la absorción ultravioleta o radiación visible. Es uno de los métodos analíticos cuantitativos más frecuentemente usados
- Una de las razones de su popularidad es que muchos compuestos inorgánicos y orgánicos tienen una absorción fuerte en UV.
- Algunos analitos no absorben la radiación UV visible, o tienen una muy débil, usualmente se usa reactivos que con otras especies la absorbancia es mas fuerte, por ejemplo el uso de fenantrolina.

APLICACIONES AMBIENTALES:

| Analyte | Method | λ (nm) |
|---------------------|--|----------------|
| <i>Trace Metals</i> | | |
| aluminum | react with Eriochrome cyanide R dye at pH 6; forms red to pink complex | 535 |
| arsenic | reduce to AsH_3 using Zn and react with silver diethyldithiocarbamate; forms red complex | 535 |
| cadmium | extract into $CHCl_3$ containing dithizone from a sample made basic with NaOH; forms pink to red complex | 518 |
| iron | reduce to Fe^{2+} and react with <i>o</i> -phenanthroline; forms orange-red complex | 510 |

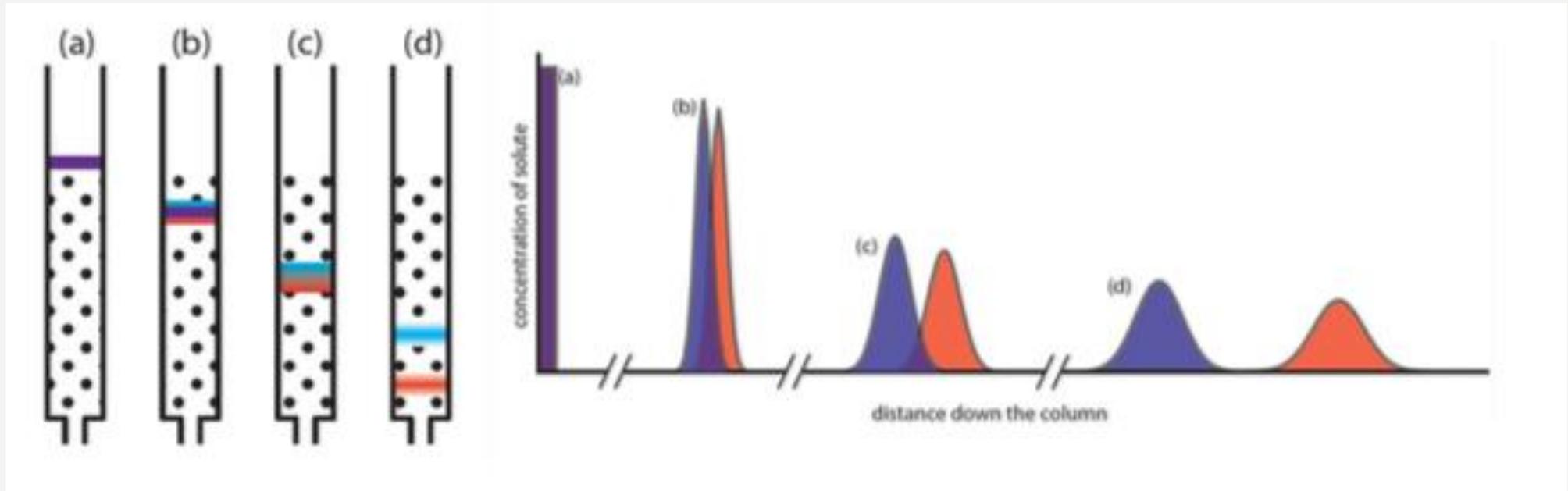
CROMATOGRAFÍA (SEPARACIÓN)

La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas; es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes. Diferencias sutiles en el [coeficiente de partición](#) de los compuestos dan como resultado una retención diferencial sobre la fase estacionaria y, por tanto, una separación efectiva en función de los [tiempos de retención](#) de cada componente de la mezcla.

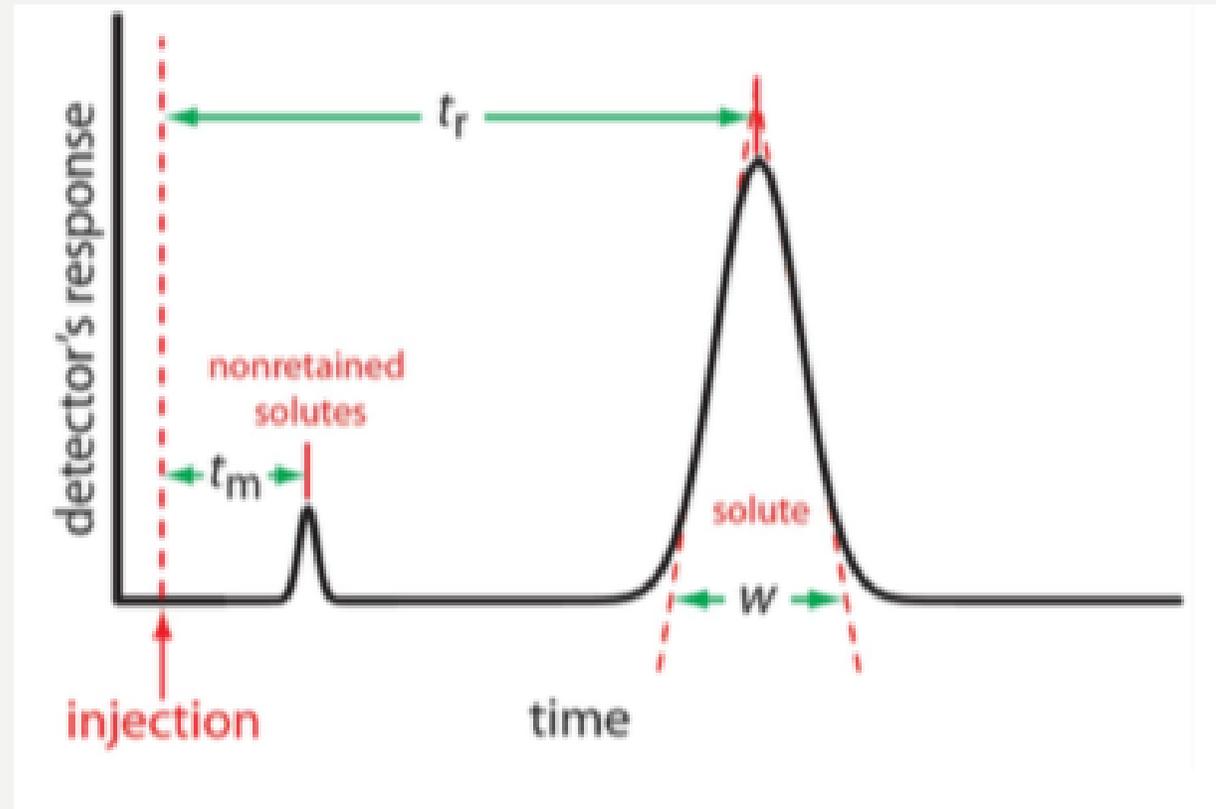


La cromatografía puede cumplir dos funciones básicas que no se excluyen mutuamente:

- Separar los componentes de la mezcla, para obtenerlos más puros y que puedan ser usados posteriormente (etapa final de muchas síntesis).
- Medir la proporción de los componentes de la mezcla (finalidad analítica). En este caso, las cantidades de material empleadas suelen ser muy pequeñas.



- Podemos seguir el progreso de la separación, a partir del grafico de la respuesta del detector como la función del tiempo de elución, o como la función del volumen de la fase móvil. Y la consistencia de un pico por cada soluto



ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA

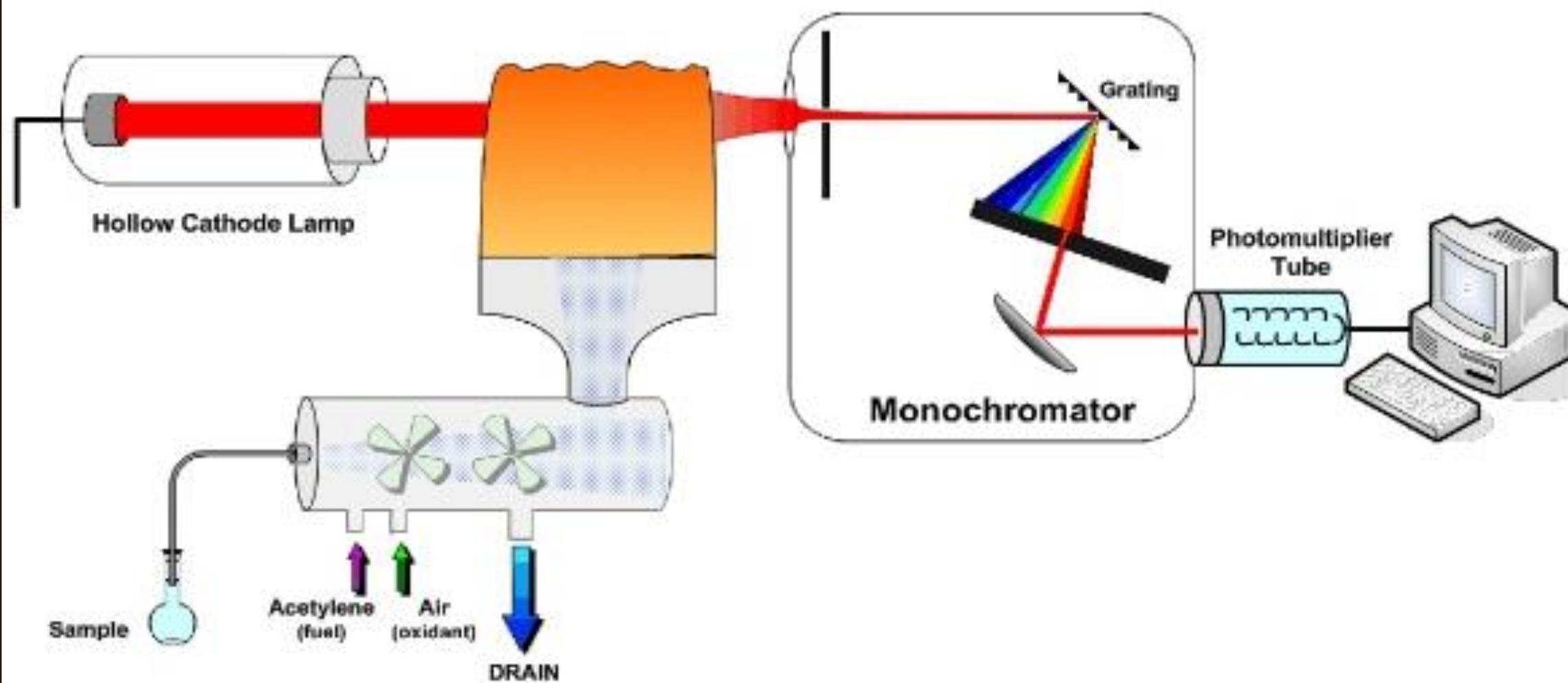
ATOMIZACION

- El proceso de convertir un analito a un átomo gaseoso libre es llamado ATOMIZACION.
- Se requiere dejar de lado el solvente, volatilizar los analitos y si es necesario disociar el analito en átomos libres.

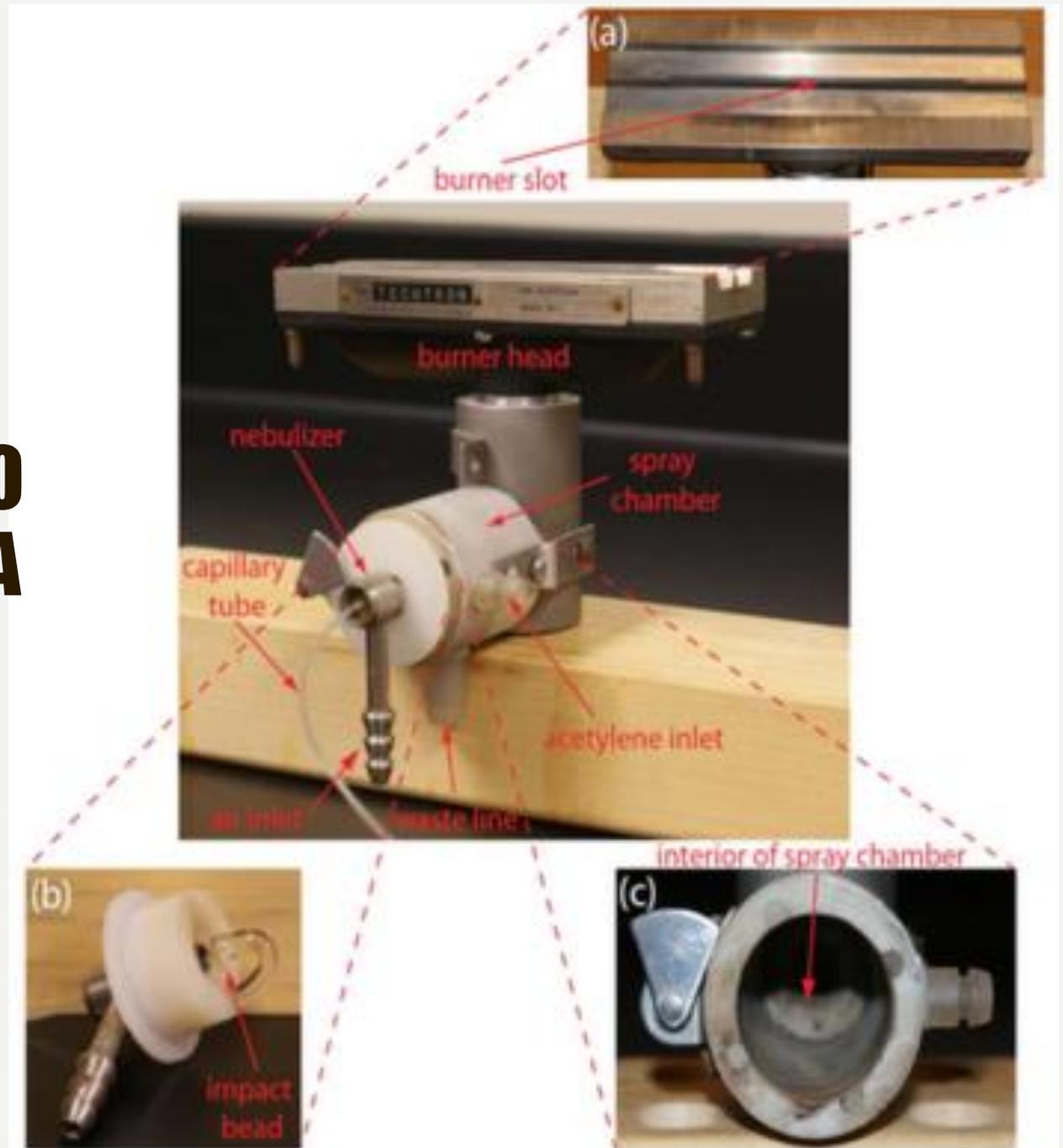


- Hay dos métodos comunes de atomización: **atomización por llama** y **atomización electrotérmica** (horno de grafito), a pesar que unos cuantos elementos son atomizados usando otros métodos

ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA (EAA)



PARTES DE UN ESPECTRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LLAMA



VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- La principal ventaja de atomización por llama es la reproducibilidad con la cual la muestra es introducida en el espectrofotómetro.

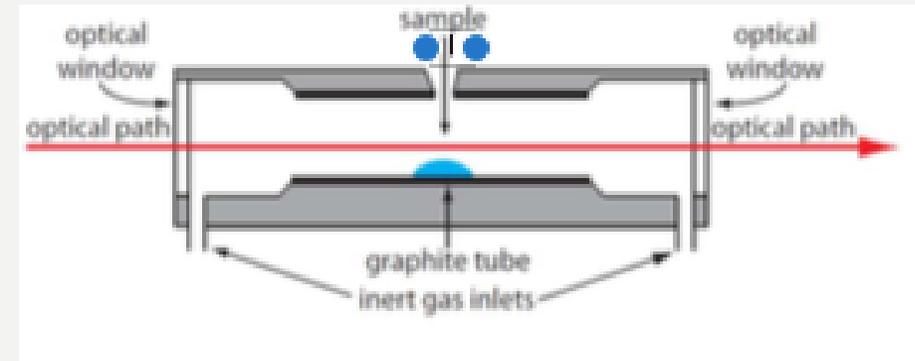


- Una significativa desventaja es que la eficiencia de atomización puede ser pobre, por las siguientes razones:
 - La mayoría de las gotas de aerosol producidas durante la nebulización son demasiado grandes para ser llevadas a la llama para la combustión de gasees
 - El gran volumen de los gases de combustión diluye significativamente la muestra



ATOMIZACIÓN ELECTROTÉRMICA

- Una significativa mejora en la sensibilidad es alcanzada por el uso resistente del calentamiento del tubo de grafito en vez de la llama.
- También conocido como el Horno de Grafito, consiste en un tubo cilíndrico de grafito de aproximadamente 1 – 3 cm de largo y 3 – 8 mm de diámetro.
- Muestras de 5 – 50 μL son inyectados dentro del tubo de grafito a través de un pequeño hueco en la punta del tubo
- La atomización es alcanzada en 3 etapas, donde la temperatura empieza desde los 110° C hasta casi los 1200° C



APLICACIONES CUANTITATIVAS

- Absorción Atómica es ampliamente usada para el análisis de metales traza en una variedad de matrices muestra.
- Los métodos de Absorción Atómica han sido desarrollados para la determinación de los metales mencionados en muestras de agua, aguas residuales, aire, sangre, orina, músculos, cabello, leche, cereales, champú, gasolina, aceite, sedimentos y rocas
- Pero se debe tomar una determinación del tipo de absorción atómica que se requiere usar. Esto se puede basar en la siguiente tabla ilustrada

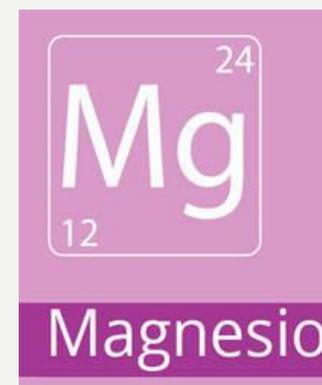
El factor más importante para seleccionar un método de atomización es la concentración del analito

Table 10.10 Concentration of Analyte Yielding an Absorbance of 0.20

| element | Concentration (mg/L) ^a | |
|---------|-----------------------------------|----------------------------|
| | flame atomization | electrothermal atomization |
| Ag | 1.5 | 0.0035 |
| Al | 40 | 0.015 |
| As | 40 ^b | 0.050 |
| Ca | 0.8 | 0.003 |
| Cd | 0.6 | 0.001 |
| Co | 2.5 | 0.021 |
| Cr | 2.5 | 0.0075 |
| Cu | 1.5 | 0.012 |
| Fe | 2.5 | 0.006 |
| Hg | 70 ^b | 0.52 |
| Mg | 0.15 | 0.00075 |
| Mn | 1 | 0.003 |
| Na | 0.3 | 0.00023 |
| Ni | 2 | 0.024 |
| Pb | 5 | 0.080 |
| Pt | 70 | 0.29 |
| Sn | 50 ^b | 0.023 |
| Zn | 0.3 | 0.00071 |

APLICACION

- Se requiere analizar una muestra Mg^{2+} , por lo que al conocer las características de la muestra se empleara el **método de absorción atómica en llama**, el cual, es útil para el análisis de trazas de metales pesados y metaloides en diversas matrices.
- Por lo tanto, se debe estimar que la muestra de agua denominada (MI) si cuenta con una alta cantidad del metal Mg^{2+} por lo cual se estimara mediante la curva de calibración.



MATERIALES UTILIZADOS

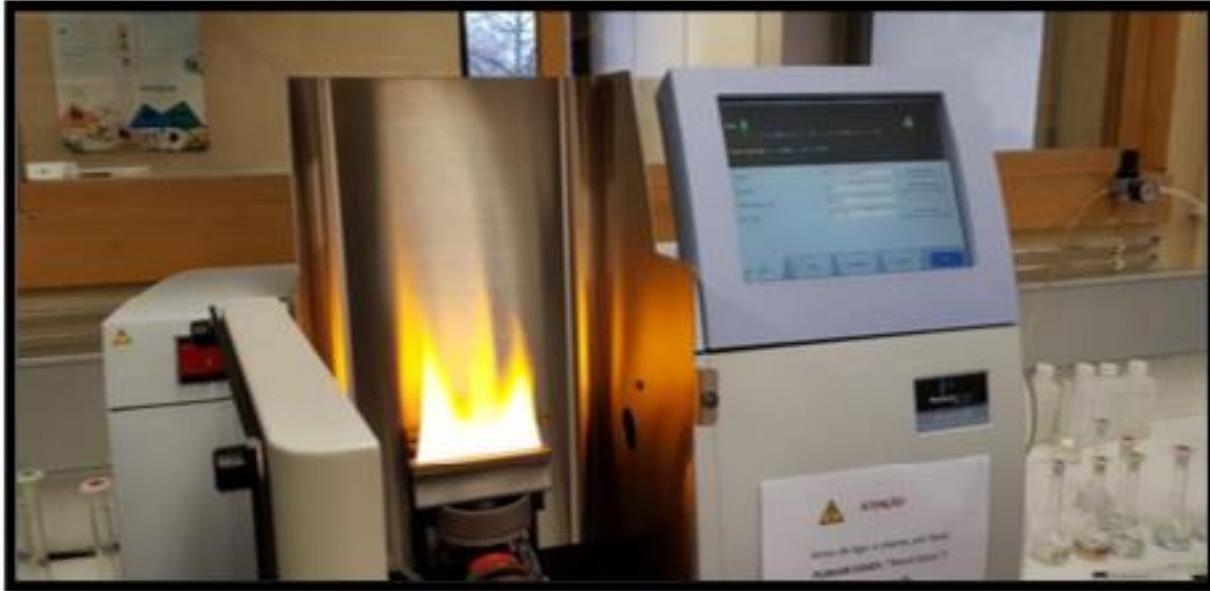


Figura 1. Espectrofotómetro de absorción atómica en llama



Figura 2. Balón volumétrico

X 7



Figura 3. Pipetas volumétricas



Figura 4. Vaso de Precipitado



Figura 5. Prohibeta

PROCEDIMIENTO

- Primero se debe determinar la luz de una determinada longitud de onda, en este caso para el magnesio 285,21 nm. Esto se refiere a la transición de electrones en un elemento particular.



- En el método de calibración, es necesario preparar una serie de soluciones patrón de la especie química que se pretende, en este caso para el análisis de Magnesio se utilizará Mg^{2+} , solución madre es:

$$Mg^{2+} = 1000 \text{ mg/L (ppm)}$$

- Posteriormente se realizara una dilución (1/10) la cual se la denominara SOLUCION HIJA, esta solución será utilizada para la preparación de las soluciones padrón o estándares.

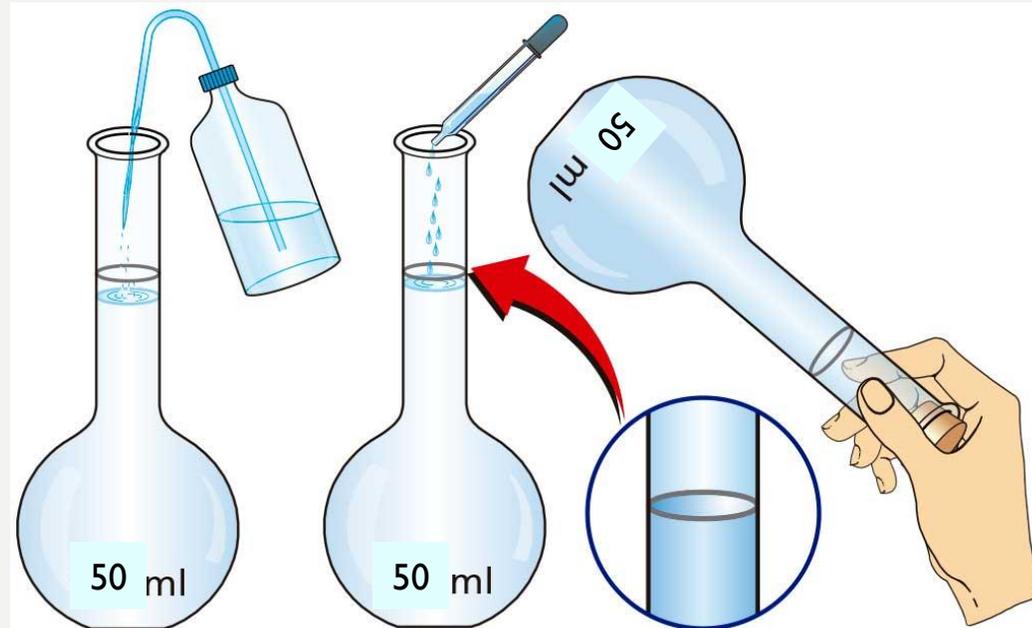
$$Mg^{2+} = 10 \text{ mg/L (ppm)}$$

- Luego se prosigue a las lecturas del blanco, las soluciones estándar, y la muestra. Para la obtención de la curva de calibración
- La concentración de la solución de la muestra será obtenida después de la interpolación en el grafico de la curva



PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES PADRÓN DE MAGNESIO

- SOLUCIÓN PADRÓN 1: se extrajo 0,5 ml de la solución hija
- SOLUCIÓN PADRÓN 2: Se extrajo 1 ml de la solución hija
- SOLUCIÓN PADRÓN 3: Se extrajo 1,5 ml de la solución hija
- SOLUCIÓN PADRÓN 4: Se extrajo 2 ml de la solución hija
- SOLUCIÓN PADRÓN 5: Se extrajo 2,5 ml de la solución hija



PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE LA MUESTRA

- La preparación de la muestra se la realizó en un balón volumétrico de 50 ml, se midió 40 ml de la muestra de agua (MI) a analizar, posteriormente se completó el volumen final con agua desionizada.



LECTURAS EN EL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LLAMA

- **Primero** se debe encender el equipo, prender los gases (combustible = acetileno)
- **Segundo** se debe escoger el metal que se va a analizar, en este caso Magnesio, entonces debe escogerse la lámpara de magnesio para que este se alinee y se pueda dar la longitud de onda.
- **Tercero**, una vez alineada la lámpara y lista para dar la radiación. Se prosigue con las lecturas. Empezando con los puntos de la curva, del más diluido al más concentrado.
- **Cuarto**, de la misma manera se debe analizar la muestra (MI).
- El equipo nos da la absorbancia, estos valores deben posteriormente ser trasladados para la realización de la curva de calibración.



OBTENCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES

SOLUCION PADRON I:

- se extrajo 0,5 ml de la solución hija. Por lo tanto, la concentración de esta solución patrón fue hallada de la siguiente manera



**IMAGEN REFERENCIAL

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$C_f = \frac{C_i V_i}{V_f}$$

$$C_f = \frac{10,00 \text{ mg/L} \times 0,5000 \text{ ml}}{50,00 \text{ ml}}$$

$$C_f = 0,1000 \text{ mg/L de } Mg^{2+}$$

PARA LA SOLUCION PADRON 2:

- se extrajo 1 ml de la solución hija. Por lo tanto, la concentración de esta solución patrón fue hallada de la siguiente manera

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$C_f = \frac{C_i V_i}{V_f}$$

$$C_f = \frac{10,00 \text{ mg/L} \times 1,000 \text{ ml}}{50,00 \text{ ml}}$$

$$C_f = 0,2000 \text{ mg/L de } Mg^{2+}$$



**IMAGEN REFERENCIAL

PARA LA SOLUCION PADRON 3:

- se extrajo 1,5 ml de la solución hija. Por lo tanto, la concentración de esta solución patrón fue hallada de la siguiente manera



**IMAGEN REFERENCIAL

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$C_f = \frac{C_i V_i}{V_f}$$

$$C_f = \frac{10,00 \text{ mg/L} \times 1,500 \text{ ml}}{50,00 \text{ ml}}$$

$$C_f = 0,3000 \text{ mg/L de } Mg^{2+}$$

PARA LA SOLUCION PADRON 4:

- se extrajo 2 ml de la solución hija. Por lo tanto, la concentración de esta solución patrón fue hallada de la siguiente manera

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$C_f = \frac{C_i V_i}{V_f}$$

$$C_f = \frac{10,00 \text{ mg/L} \times 2,000 \text{ ml}}{50,00 \text{ ml}}$$

$$C_f = 0,4000 \text{ mg/L de } Mg^{2+}$$



**IMAGEN REFERENCIAL

PARA LA SOLUCION PADRON 5:

- se extrajo 2,5 ml de la solución hija. Por lo tanto, la concentración de esta solución padrón fue hallada de la siguiente manera



**IMAGEN REFERENCIAL

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$C_f = \frac{C_i V_i}{V_f}$$

$$C_f = \frac{10,00 \text{ mg/L} \times 2,500 \text{ ml}}{50,00 \text{ ml}}$$

$$C_f = 0,5000 \text{ mg/L de } Mg^{2+}$$

Para la muestra (MI):

- se extrajo 40,00 ml de la muestra concentrada, y posteriormente se la coloco en el balón volumétrico de 50 ml, el cual fue llenado hasta el volumen final con agua desionizada.



**IMAGEN REFERENCIAL

RESULTADO DE LECTURA

- BLANCO: 0,002
- SOLUCIÓN PADRÓN 1: 0,120
- SOLUCIÓN PADRÓN 2: 0,347
- SOLUCIÓN PADRÓN 3: 0,531
- SOLUCIÓN PADRÓN 4: 0,514 *
- SOLUCIÓN PADRÓN 5: 0,867
- MUESTRA (MI): 0,365



*NOTA: El punto número 4 (Solución padrón 4), será extraída de la curva ya que dio un error en su lectura, esto se debe porque hubo una mala preparación de la solución, u otros factores.

CURVA DE CALIBRACIÓN

- El valor de “y” serán los resultados de las lecturas medidas por el espectrofotómetro (Absorbancia), y “x” será concentración de cada solución patrón.



| Concentración | Absorbancia |
|---------------|-------------|
| 0,100 | 0,120 |
| 0,200 | 0,347 |
| 0,300 | 0,531 |
| 0,500 | 0,867 |

Para la **MUESTRA (MI)**: al conocer la formula de la curva, se puede llegar a interpolar los datos de la muestra (MI) y así identificarla en la curva, por lo tanto:

- Formula de la recta es:

$$y = 1,8437x - 0,0408$$

- Entonces, reemplazando datos en la formula, sabiendo que “ $y = 0,365$,” podemos hallar el valor de “ x ”, entonces:

$$y = 1,8437x - 0,0408$$

$$x = \frac{0,365 + 0,0408}{1,8437}$$

$$x = 0,2201$$

$$\rightarrow C_{M1} = 0,2201 \text{ mg/L}$$

- Pero esta concentración es en 50 ml, por lo tanto, a continuación, se hallará la concentración en 40 ml que es lo que se utilizó de muestra para la lectura en el espectrofotómetro.

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$C_f = \frac{C_i V_i}{V_f}$$

$$C_f = \frac{0,2201_{\text{mol/l.}} \times 50,00_{\text{ml}}}{40,00_{\text{ml}}}$$

$$C_f = 0,2751_{\text{mg/L}} \text{ de } \text{Mg}^{2+}$$

PARÁMETROS PERMISIBLES

En atención a la Norma Boliviana NB 512, los parámetros de control de calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se agrupan de acuerdo a su factibilidad técnica y económica en los siguientes grupos:

- a) Control Mínimo
- b) Control Básico
- c) Control Complementario
- d) Control Especial.

a) Control Mínimo:

| Parámetro | Valor máximo aceptable |
|-------------------------------|---------------------------------|
| pH | 6,5 – 9,0 |
| Conductividad | 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$ |
| Turbiedad | 5 UNT |
| Cloro residual | 0,2 – 1,0 mg/l |
| Coliformes termoresistentes** | < 1 UFC/100 ml |
| <i>Escherichia coli</i> ** | < 1 UFC/100ml < 2 NMP/100ml |

b) Control Básico

| Parámetro | Valor máximo aceptable |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Físicos | |
| Color | 15 UCV |
| Químicos | |
| Sólidos totales disueltos | 1.000 mg/l |
| Químicos Inorgánicos | |
| Alcalinidad total | 370,0 mg/l de CaCO ₃ |
| Calcio | 200,0 mg/l |
| Cloruros | 250,0 mg/l |
| Dureza | 500,0 mg/l de CaCO ₃ |
| Hierro total | 0,3 mg/l |
| Magnesio | 150,0 mg/l |
| Manganeso | 0,1 mg/l |
| Sodio | 200,0 mg/l |
| Sulfatos | 400,0 mg/l |

c) Control Complementario

| Parámetro | Valor máximo aceptable |
|--------------------------------|------------------------|
| a) Químicos Inorgánicos | |
| Aluminio | 0,1 mg/l |
| Amoníaco | 0,5 mg/l |
| Arsénico | 0,01 mg/l |
| Boro | 0,3 mg/l |
| Cobre | 1,0 mg/l |
| Fluoruro | 1,5 mg/l |
| Nitritos | 0,1 mg/l |
| Nitratos | 45,0 mg/l |
| Plomo | 0,01 mg/l |
| Zinc | 5,0 mg/l |
| b) Microbiológicos | |
| Bacterias | |
| Coliformes totales | < 1 UFC/100 ml |
| <i>Escherichia coli</i> | < 1 UFC/100 ml |
| Heterotróficas | 500 UFC/100 ml |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | < 1 UFC/100 ml |
| <i>Clostridium perfringens</i> | < 1 UFC/100 ml |
| Parásitos | |
| Cryptosporidium sp. | Ausencia |
| Giardia sp. | Ausencia |
| Amebas | Ausencia |

d) Control Especial.

| Parámetro | Valor máximo aceptable |
|--|------------------------|
| Químicos Inorgánicos | |
| Antimonio | 0,005 mg/l |
| Bario | 0,7 mg/l |
| Cadmio | 0,005 mg/l |
| Cianuro | 0,07 mg/l |
| Cromo Total | 0,05 mg/l |
| Mercurio | 0,001 mg/l |
| Níquel | 0,05 mg/l |
| Sabor y olor | Aceptable |
| Selenio | 0,01 mg/l |
| Subproductos de la Desinfección | |
| Trihalometanos totales (THM) | 100 µg/l |

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| Químicos Orgánicos Plaguicidas | |
| Plaguicidas totales | 0,5 µg/l |
| Plaguicidas individuales(*) | 0,1 µg/l |
| Hidrocarburos | |
| Hidrocarburos totales (TPH) | 10,0 µg/l |
| Benceno | 2,0 µg/l |
| Tolueno | 700,0 µg/l |
| Etilbenceno | 300,0 µg/l |
| Xileno | 500,0 µg/l |
| Benzo(a)pireno | 0,2 µg/l |
| Radiactivos | |
| Radiactividad alfa global | 0,10 Bq/l (**) |
| Radiactividad beta global | 1,0 Bq/l (**) |
| Químicos Orgánicos | |
| Acrilamida | 0,5 µg/l |
| Epiclorohidrina | 0,4 µg/l |
| Cloroformo | 100,0 µg/l |
| Cloruro de vinilo | 2,0 µg/l |
| Fenol | 2,0 µg/l |

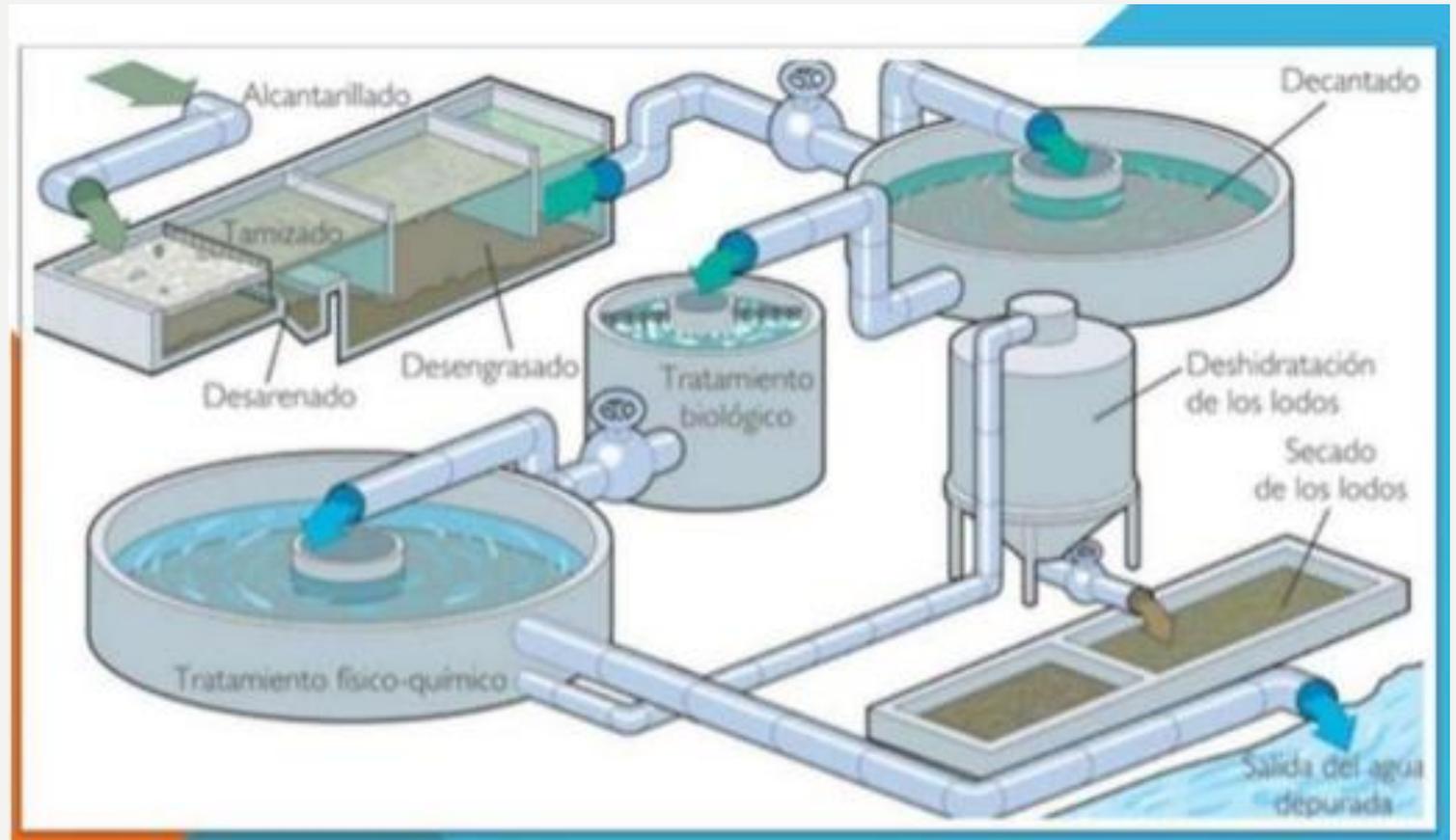
Video completo de Laboratorio

<https://www.youtube.com/watch?v=IDiYopHBUpc>



TRATAMIENTOS DE AGUA

- FISICO
- QUIMICO
- BIOLOGICO



**MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN**