



Programa de la asignatura:

Química analítica

U3 Métodos espectrofotométricos



Índice

Consideraciones específicas de la unidad	2
Presentación de la unidad	2
Competencia específica.....	3
Propósito	3
4.1 Espectrofotometría.....	4
4.1.1. Espectrofotometría visible	12
4.1.2. Espectrofotometría UV e IR.....	17
4.1.3. Espectrofotometría de absorción atómica	21
Cierre de la unidad	25
Para saber más	26

Consideraciones específicas de la unidad

En esta unidad al igual que en las anteriores, realizarás actividades que consistirán en foros, los cuales te permitirán compartir tus opiniones, reflexiones, experiencias o dudas acerca de los temas de la asignatura, el uso de las bases de datos, también te permitirá compartir tus trabajos con tus compañeros, así como recibir comentarios especialmente en la adquisición y aplicación del conocimiento de titulaciones. La sumativa consistió en entregar la tercera parte del proyecto de investigación, que consta del desarrollo experimental del mismo.

Finalmente se incluirá un cuadernillo de ejercicios y prácticas, que, en conjunto con las otras actividades, te ayudará a adquirir aptitudes y actitudes de autoformación, desarrollo y trabajo en grupo, fundamentales para el logro de las competencias y para tu desempeño profesional.

Presentación de la unidad

En las primeras tres unidades nos centramos en el estudio de los principales métodos volumétricos; sin embargo, de manera rutinaria estos análisis se complementan con los llamados métodos instrumentales, los cuales ofrecen las ventajas de utilizar pequeñas cantidades de muestra, ser rápidos en la mayoría de los casos y detectar cantidades pequeñísimas de la sustancia a determinar.

En este caso nos enfocaremos en el análisis espectrofotométrico, que corresponde a uno de los principales métodos ópticos, en el que se estudia la interacción de las sustancias con las radiaciones electromagnéticas, específicamente las localizadas en las regiones visible, infrarroja y ultravioleta.

Analizarás la metodología necesaria para determinar la concentración de algunas sustancias, las cuales obedecen a la ley de Lambert-Beer, por medio de la espectrofotometría y serás capaz de resolver problemas a través de procedimientos gráficos.

Competencia específica



Emplear la absorción de radiación electromagnética para la identificación y cuantificación de sustancias, mediante las técnicas espectrofotométricas en la región visible, UV e infrarroja.

Propósito

Analizar los fundamentos de la espectrofotometría en las regiones visible, ultravioleta (UV) e infrarroja, y su aplicación en la determinación de concentraciones de analitos en muestras problema.

4.1 Espectrofotetría

En los últimos años, la revolución científica y tecnológica ha planteado nuevos problemas, y con ello, el desarrollo de nuevos métodos de análisis en los que se ponen en juego todas las propiedades de la materia para su caracterización. De esta manera han surgido una gran variedad de métodos instrumentales, los cuales se basan en la interacción materia-energía y que requieren de un aparato para su realización. En este caso, la medida puede referirse a la simple percepción sensorial de una característica, como la formación de un precipitado, la presencia de un color, etc., o a la cuantificación de la intensidad de dicha propiedad, con la ayuda de un aparato denominado instrumento analítico (Harris, 2001).

Un instrumento analítico básicamente consta de cuatro componentes:

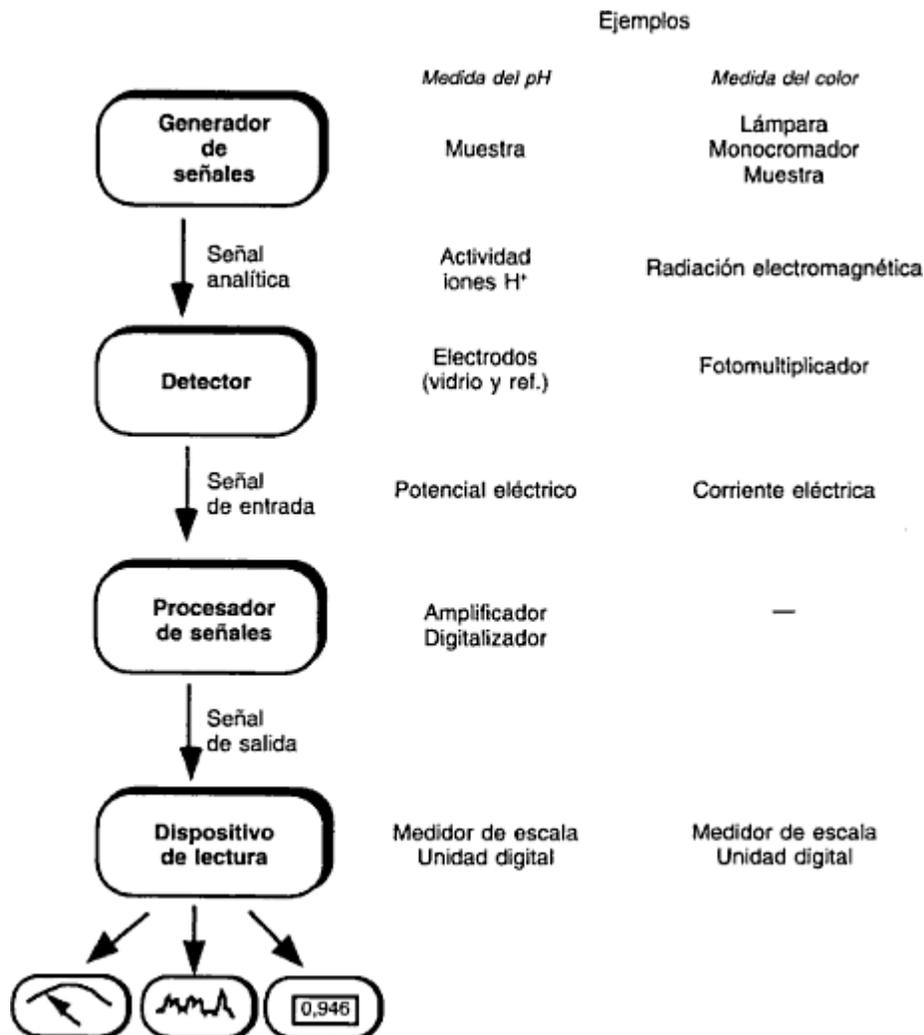


Figura 1. Componentes básicos de un instrumento analítico (Hernández y González, 2002).

El proceso de análisis se inicia con el **generador de la señal**, el cual, al detectar la presencia del analito produce una señal que pasa directamente al detector. En el **detector**, la señal es traducida a otra diferente. Por ejemplo, en el caso del pH-metro la actividad de los iones H_3O^{1+} es convertida a un potencial eléctrico.

Posteriormente, esta señal es transformada por el **procesador de señales** y enviada al dispositivo de lectura. Finalmente, el **dispositivo de lectura** torna la señal en una inteligible, como es el movimiento de una aguja, una serie de números, graficas en una pantalla o papel, etc.

Entre los métodos de análisis instrumental, los ópticos tienen en la actualidad una amplia gama de aplicaciones. Los métodos ópticos son aquellos que implican la medida de la radiación electromagnética emitida por la materia o que interacciona con ella.

La radiación electromagnética está constituida por ondas que viajan por el espacio a gran velocidad (c = velocidad de la luz).

Para analizar una onda, se deben considerar las siguientes propiedades (Hernández & González, 2002):

Longitud de onda (λ): se refiere a la distancia entre dos puntos iguales de ondas sucesivas. Las unidades utilizadas son el centímetro, angstrom, nanómetro y micrómetro.

$$\begin{aligned} 1 \text{ angstrom } (\text{\AA}) &= 10^{-10} \text{ metros} \\ 1 \text{ nanómetro (nm)} &= 10^{-9} \text{ metros} \\ 1 \text{ micrómetro } (\mu\text{m}) &= 10^{-6} \text{ metros} \end{aligned}$$

Frecuencia (ν): se refiere al número de ondas que pasan por un punto en una unidad de tiempo. Su unidad es el segundo recíproco (s^{-1}) o hertz (Hz).

Número de onda ($\tilde{\nu}$): es el inverso de la longitud de onda, su unidad es el cm^{-1} . La relación

que se establece entre la frecuencia y la longitud de onda es:

$$\lambda\nu = c$$

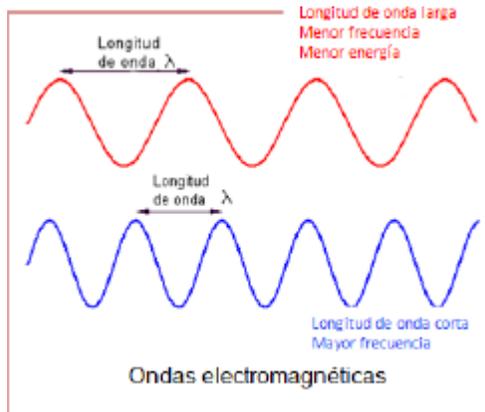


Figura 2. Componentes de una onda electromagnética.

Estos parámetros se relacionan de la siguiente forma:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}; \tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$$

Aunque, para describir cuantitativamente a las radiaciones, es necesario considerarlas no sólo como onda sino también como una partícula (fotón). La cual establece que la energía de un fotón es proporcional a la frecuencia de la radiación (relación de Einstein-Planck):

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

En la que h es la constante de Planck (6.63×10^{-34} Joules x segundo), y nos señala que la energía de un fotón depende únicamente de su longitud de onda. Las cantidades de c y λ van a depender del medio en el que se transmite la radiación. Por ejemplo, en el vacío $c = 2.998 \times 10^{10}$ centímetros por segundo.

En todo momento estamos en contacto con las radiaciones electromagnéticas: comunicarnos con nuestros amigos por medio del celular, calentar la comida en el microondas, observar todo lo que nos rodea, el calor del sol en nuestra piel o escuchar la radio, son situaciones en las que las radiaciones juegan un papel importante y afectan de alguna forma nuestras vidas. Hoy día nos podemos comunicar o enviar y recibir información a la velocidad de la luz, de esta y otras formas, la ciencia y la tecnología han aprovechado las características de las radiaciones.

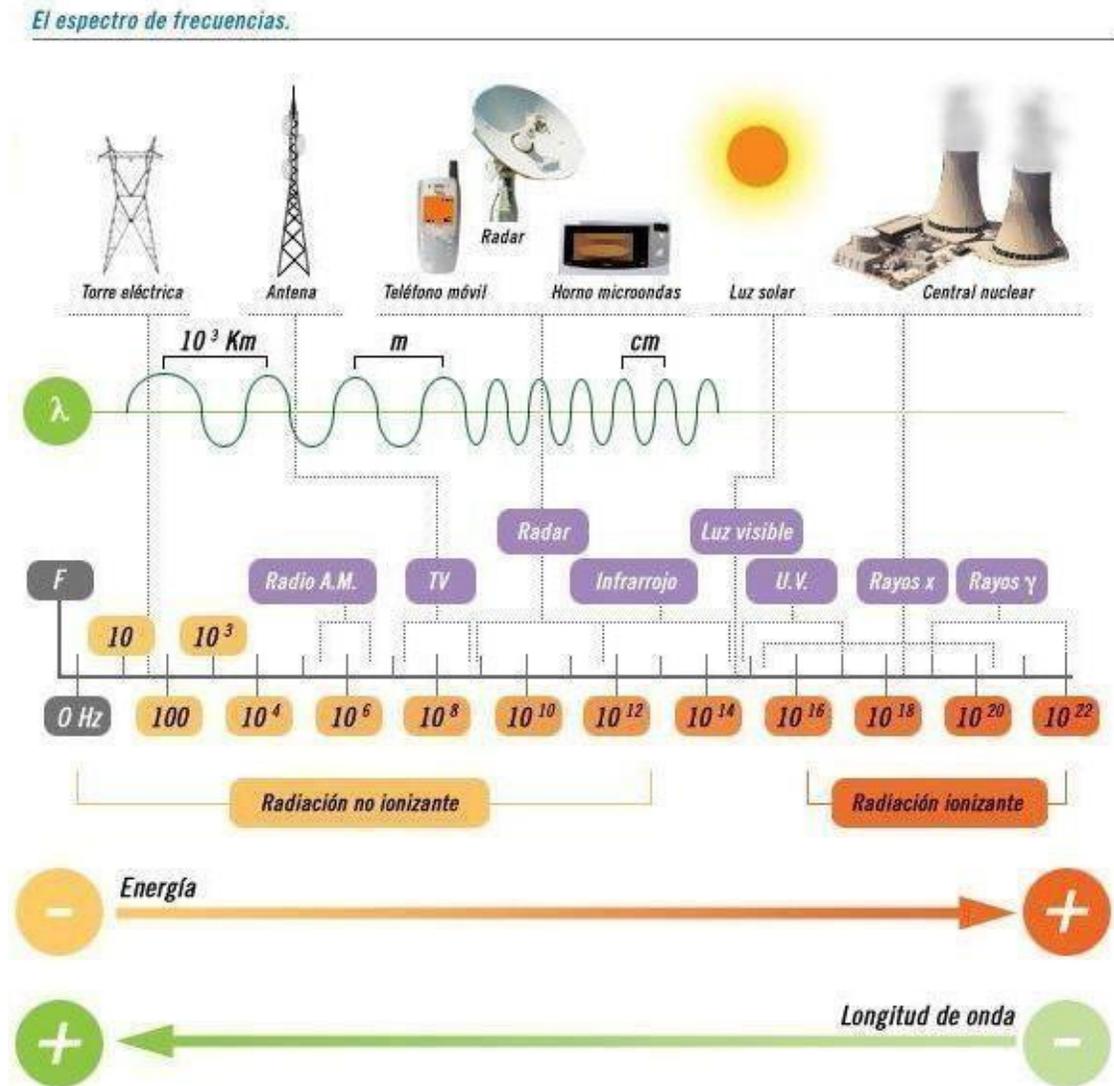


Figura 3. Radiaciones electromagnéticas relacionadas con actividades humanas.

En la siguiente figura se aprecia el espectro electromagnético, que está constituido de varias regiones las cuales de forma natural no presentan separaciones rígidas, y, por lo tanto, al momento de pasar de una zona a otra no ofrecen discontinuidades en su comportamiento (Skoog D. A., 2005).

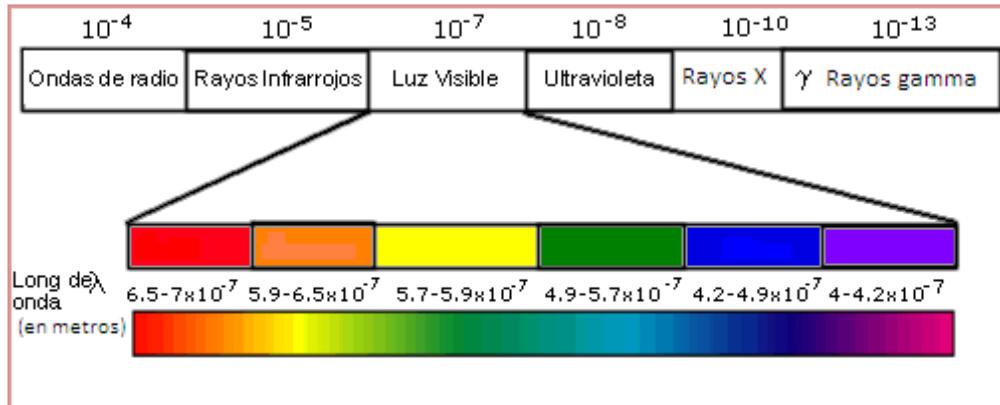


Figura 4. Espectro electromagnético.

Como podrás notar, la región visible a la que corresponde la visión humana es apenas una pequeña porción del espectro. Cada una de las radiaciones se diferencia de otra tan sólo en la energía (frecuencia) de sus fotones.

Los científicos utilizan la interacción de las radiaciones electromagnéticas con la materia para obtener información sobre una determinada sustancia. La muestra se estimula al aplicar sobre ella energía en forma de calor, energía eléctrica, luz, partículas o una reacción química (Skoog D. A., 2008).

Se dice que un analito se encuentra en su **estado basal** (estado de energía más bajo) antes de la aplicación de un estímulo. Una vez que se imprime el estímulo, el analito experimenta una transición a un estado de mayor energía o **estado excitado**. Las radiaciones emitidas al momento de que la especie regresa a su estado fundamental se utilizan para obtener información del analito.

El paso de luz a través de un medio transparente experimenta una absorción parcial de la misma, lo que causa una modificación de su estado basal. Esta modificación puede ser causada de:

1. Transición de un electrón a un nivel de energía superior.
2. Cambio en el modo de vibración de la molécula.
3. Alteración en su modo de rotación.

Cada transición requiere de una cantidad de energía definida.

Supongamos que una radiación se hace pasar a través de una muestra de (b) cm de espesor y que contiene una especie capaz de absorber radiación, cuya concentración es

(c). Esto trae como consecuencia que la intensidad se vea disminuida en su potencia, de I_0 a I . La cantidad de luz que atraviesa la disolución se conoce como **transmitancia** (T), la cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

I_0 = intensidad inicial

I = intensidad final

T = transmitancia

Por lo tanto, existirá una cantidad de luz retenida por la sustancia, la cual se conoce como **absorbancia** (A), y está dada por la siguiente ecuación:

$$A = -\log_{10} T = \log \frac{I_0}{I}$$

Lo que nos señala que la absorbancia es directamente proporcional a la trayectoria de la radiación a través de la disolución y a la concentración de la muestra:

$$A = abc$$

En la que:

a = constante de proporcionalidad (*absortividad*)

b = espesor del medio (denominado celda)

c = concentración molar

Cuando la concentración esta expresada en moles por litro (M) y la trayectoria en cm, la absorbancia se denomina **coeficiente de absortividad molar** (ϵ). (ϵ).

$$A = \epsilon bc$$

ϵ = coeficiente de absortividad o extinción molar.

b = espesor del medio.

c = concentración molar.

El **coeficiente de absortividad molar** o **coeficiente de extinción molar** es característico de cada una de las sustancias, ya que nos indica la cantidad de luz que absorbe a una

determinada longitud de onda. Las unidades de ϵ son $M^{-1}\text{-cm}^{-1}$; por lo que el producto de ϵbc será adimensional y por ende, la absorbancia.

Esta ecuación nos muestra que la absorbancia de la disolución está directamente relacionada con la concentración de la sustancia, es decir, se incrementa al aumentar la concentración, tal y como se muestra en la siguiente gráfica.

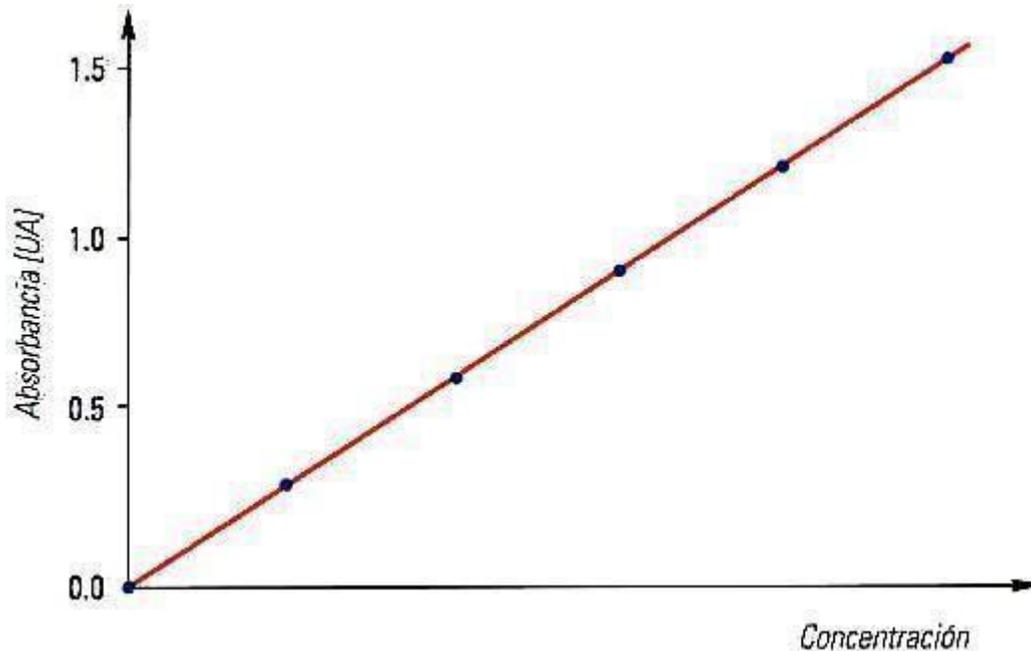


Figura 5. Gráfica que muestra la proporcionalidad de la absorbancia con la concentración.

Esta expresión se conoce como ley de absorción o ley de Lambert–Beer, la cual establece que:

“Cuando la radiación monocromática atraviesa un medio que contiene una sustancia absorbente, la velocidad de disminución de intensidad con la concentración de la especie absorbente es directamente proporcional a la intensidad de la radiación “(Skoog D. A., 2008).

La ley de Lambert-Beer es válida para la mayoría de las sustancias, siempre y cuando se encuentren diluidas ($\leq 0.01M$).

Para determinar la absorbancia de una muestra se utiliza un aparato analítico denominado **espectrofotómetro**, cuyo funcionamiento, de manera general es: La luz parte de una fuente (lámpara) y pasa a través de un monocromador (rejilla), el cual

selecciona una determinada longitud de onda. La luz monocromática atraviesa la muestra a analizar y finalmente, el detector transforma la señal en una lectura tangible.

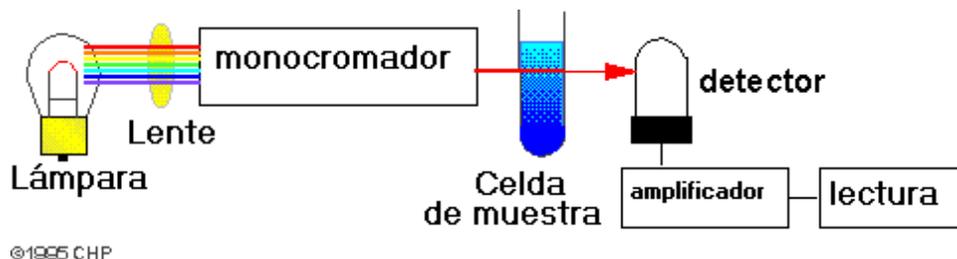


Figura 6. Principales componentes de un espectrofotómetro.

La **espectrofotometría** es una técnica analítica que nos permite determinar la concentración de una sustancia en disolución, se basa en la absorción de las radiaciones por parte de las moléculas y esta cantidad de radiación absorbida, depende directamente de la concentración de la sustancia; por lo tanto, a mayor concentración del analito mayor absorción de la radiación.

En el mercado existen una gran variedad de modelos y marcas de espectrofotómetros, la elección de alguno de ellos obedece a las necesidades del laboratorio. Sin embargo, todos los espectrofotómetros funcionan bajo los mismos principios.



Figura 7. Espectrofotómetro UV-visible.

Los estudios espectrofotométricos dependen de la naturaleza de la muestra, básicamente. Para ello existen los basados en la luz visible, ultravioleta (UV) e infrarroja. Ahora, veamos en que consiste cada una de estas metodologías y su utilidad en la determinación de la concentración de un analito.

4.1.1. Espectrofotometría visible

Como mencionamos anteriormente, el espectro electromagnético está constituido por varias regiones las cuales varían en cuanto a su longitud de onda. El espectro visible es una pequeña sección del espectro que abarca desde los 380 hasta los 750 nm.



Figura 8. Espectro de luz visible.

En estas longitudes de onda, existen una gran cantidad de sustancias coloridas (cromóforas) que absorben la luz y por ello podemos determinar su concentración en diversas muestras.

Es importante tener clara la relación entre la luz absorbida y el color percibido. El color que percibimos en todos los objetos resulta de la suma de todos los colores que no absorbe el material. Si un objeto absorbe todo tipo de luz visible, será un cuerpo negro. Si no absorbe luz visible, lo percibimos como blanco o incoloro (Skoog D. A., 2008). En caso de que absorba color rojo, lo percibiremos como verde, su color complementario tabla.

λ absorbida (nm)	Color absorbido	Color observado (complementario)
380-420	Violeta	Amarillo-verdoso
420-440	Azul-violeta	Amarillo
440-470	Azul	Anaranjado
470-500	Verdeazulado	Rojo
500-520	Verde	Púrpura
520-550	Amarillo-verdoso	Violeta
550-580	Amarillo	

580-620	Anaranjado	Azul-violeta
620-680	Rojo	Azul
680-780	Púrpura	Verdeazulado
		Verde

Tabla 1. Complementariedad de los colores del espectro visible.

Por ello, cada uno de los analitos de acuerdo con el color que presentan, absorben mejor la luz en determinadas zonas del espectro visible.

La determinación de la absorbancia se lleva a cabo, como mencionamos, en los espectrofotómetros, los cuales de manera general operan de la siguiente manera:

El primer paso es seleccionar la longitud de onda que se va a utilizar en la determinación. Posteriormente, se determina la absorbancia del disolvente (conocido como blanco) con el cual se ajusta a cero el valor de absorbancia (A) y a 100% el de transmitancia (T); con ello eliminamos la posible interferencia del disolvente. Enseguida se colocan las muestras problema, una a una, para determinar su valor de absorbancia.

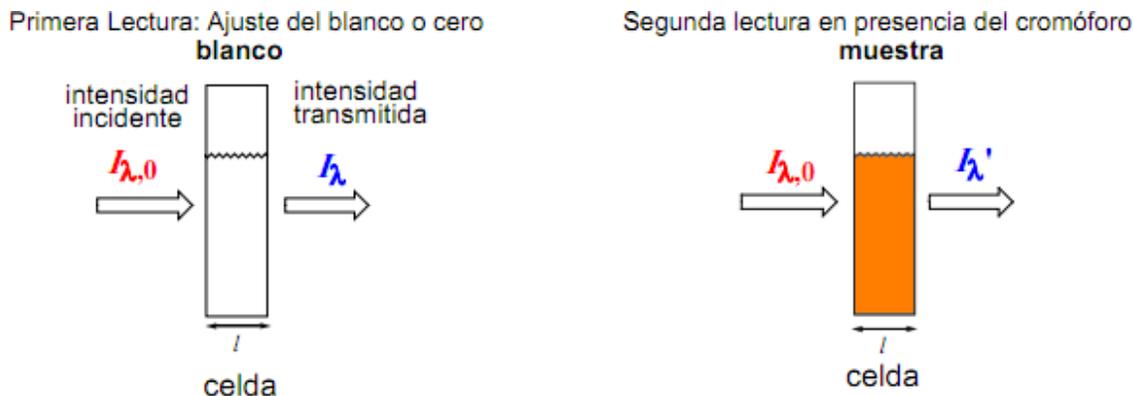


Figura 9. Lectura del blanco y muestras problema en el espectrofotómetro.

Por lo general, para determinar la concentración de un analito en una muestra problema se realiza una curva de calibración, la cual se prepara haciendo diluciones de la sustancia a determinar en estado puro. A cada una de estas diluciones se le determina su absorbancia a la longitud de onda de máxima absorción ($I_{\text{máxima}}$). Finalmente, se grafican los valores de absorbancia (A) y de concentración (C), considerando los valores de absorbancia para el eje de las abscisas (eje y) y los de concentración en las ordenadas (eje x), tal y como se muestra en la siguiente figura sobre la curva de calibración para la cuantificación del plomo (Hernández y González, 2002).

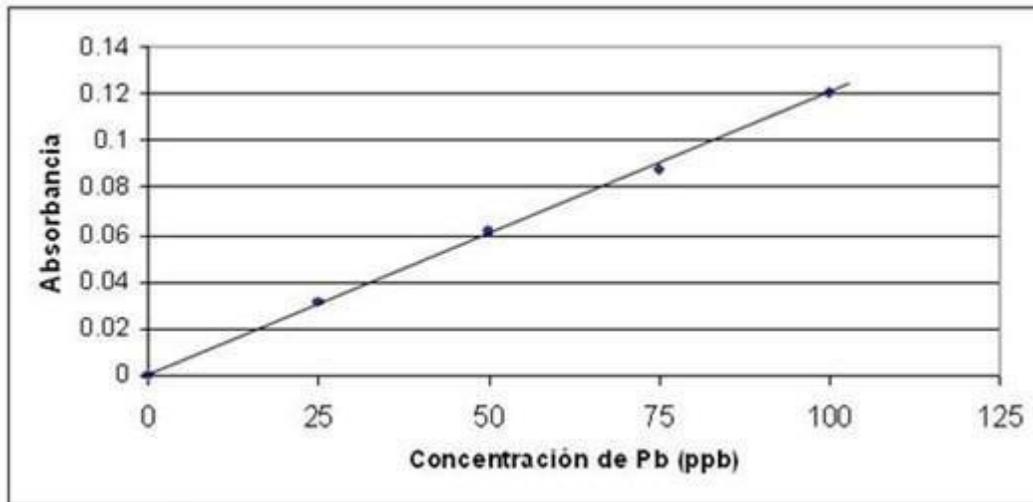


Figura 10. Curva de calibración para la cuantificación de plomo.

La expresión de la ley de Lambert-Beer, $A = \epsilon bc$, nos permitirá calcular el valor del coeficiente de extinción molar, el cual corresponde a la pendiente de la recta (Harris, 2001).

Una vez construida la curva de calibración, se determina la absorbancia de las muestras problema y sus valores se extrapolan en la gráfica; de esta manera se determina la concentración de las muestras problema.

Sin embargo, para realizar un análisis espectrofotométrico es necesario conocer el espectro de absorción de la muestra que se quiere determinar. Esto se realiza para definir cuál es la longitud de onda óptima que causará la **absorción máxima** de la especie a ser determinada, y de esta manera obtener la mejor sensibilidad en su cuantificación. El espectro de absorción se obtiene variando la longitud de onda de la radiación que incide sobre la muestra y midiendo la cantidad de radiación absorbida en un espectrofotómetro (Skoog D. A., 2008). Los datos se grafican y se obtiene la curva de máxima absorción.

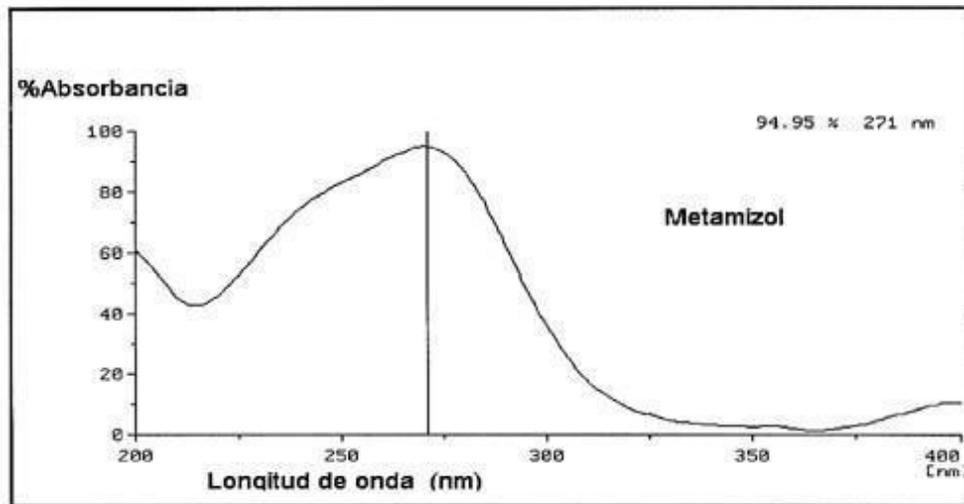


Figura 11. Curva de máxima absorción del metamizol.

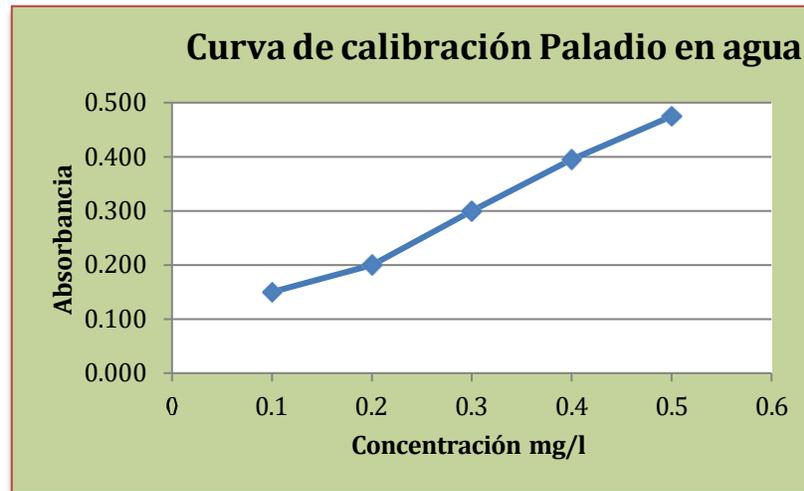
En la gráfica podemos apreciar que la máxima absorción del metamizol es a 271 nm, dando su máximo de absorbancia en este punto. De esta manera, es que se determina la longitud de onda óptima para realizar un análisis cuantitativo en la espectrofotometría visible.

Ahora veamos cómo se realiza la determinación de la concentración de un analito a partir de los datos de absorbancia o transmitancia, en un ejercicio práctico.

Supongamos que se quiere determinar la concentración de paladio en una muestra de agua. Para ello se realizó una curva de calibración de la cual se obtuvieron los siguientes datos:

Muestra	Concentración (mg/l)	Absorbancia	Absorbancia real
Blanco	0.00	0.075	0.000
1	0.10	0.225	0.015
2	0.20	0.275	0.200
3	0.30	0.375	0.300
4	0.40	0.470	0.395
5	0.50	0.550	0.475

Observarás que la absorbancia real se determina restando el valor del blanco a las muestras. Con estos datos se construye la curva de calibración resultando:



Las muestras problema dieron absorbancias de 0.400 y 0.610, respectivamente. Restando el valor del blanco quedarían 0.325 y 0.535, los cuales al ser extrapolados en la gráfica corresponderían con los siguientes resultados de concentración: 0.327 y 0.563 mg/l de paladio.

La espectroscopia de la región ultravioleta utiliza los mismos principios que los de la región visible, de hecho, la gran mayoría de los espectrofotómetros están diseñados para hacer ambas determinaciones, esto es por su gran cercanía en el espectro electromagnético.

Las técnicas espectrofotométricas UV-Visible han recibido gran aceptación, de tal forma que se utilizan de manera rutinaria en casi todos los laboratorios de análisis (Hernández y González, 2002). Algunas de sus ventajas son:

1. **Tienen un amplio campo de aplicación:** gran parte de los analitos son coloridos o son capaces de formar algún complejo colorido, el cual es cuantificable en la región visible. De igual manera existe una gran cantidad de sustancias que absorben en la región UV.
2. **Buena exactitud y precisión:** en la realización de estas metodologías ocurren errores relativos del 1 al 3%, por lo cual se puede considerar que se tendrán resultados analíticos con un mínimo de incertidumbre si se procede en forma adecuada.
3. **Facilidad y conveniencia:** con estas técnicas es posible obtener resultados muy aceptables para realizar análisis de rutina, incluso con los instrumentos o espectrofotómetros más sencillos del mercado.

Sin embargo, no sólo las espectroscopias en la región visible y UV son útiles en el laboratorio, a continuación, veremos la espectrofotometría en el rango de infrarrojo, la cual también nos ayudará a complementar análisis químicos en los que deseamos determinar la naturaleza del analito.

4.1.2. Espectrofotometría UV e IR

La región del infrarrojo se localiza a frecuencias de 8×10^{-5} a 8×10^{-2} cm. Los fotones de la radiación infrarroja no tienen la energía suficiente para provocar transiciones electrónicas, pero pueden conseguir vibraciones de los enlaces de las moléculas a analizar.

La energía requerida para lograr una transición depende del tipo de átomos y del tipo de enlace que presenten.

Podríamos pensar que los átomos se encuentran estáticos en una molécula, pero eso no es cierto. Los átomos se mueven constantemente, vibran en torno a sus enlaces. Cuando los átomos se acercan unos a otros, las fuerzas de repulsión se incrementan y por el contrario, al alejarse disminuyen. La absorción de energía infrarroja trae como resultado un aumento en la frecuencia de vibración.

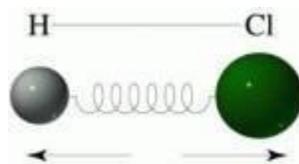


Figura 12. Vibración de una molécula diatómica, HCl.

Si la molécula está constituida sólo de dos átomos, sólo se presenta un modo de vibración, pero si contiene más de dos átomos, existe la posibilidad de que puedan presentarse dos tipos de vibración como se muestra en la siguiente figura:

Tensión simétrica: esta forma de vibración se presenta cuando los enlaces de la molécula se contraen o alargan simultáneamente.

Tensión asimétrica: esta ocurre cuando uno de los enlaces se contrae mientras que el otro se alarga.

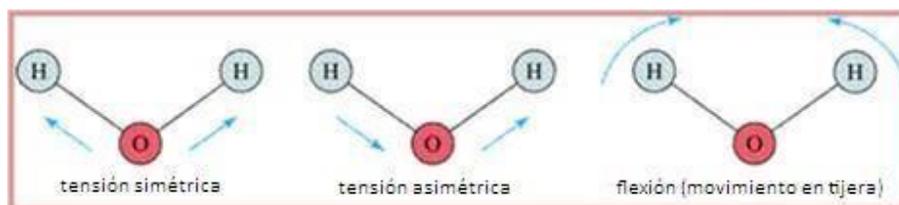


Figura 13. Vibración simétrica y asimétrica de los enlaces en la molécula del agua.

Existen otros modos vibracionales como los provocados por los cambios del ángulo de enlace, denominada flexión. Lo puedes observar en la próxima figura.

Si la flexión tiene lugar en un mismo plano, se pueden presentar los siguientes modos:

Flexión simétrica en el plan (tijera): el ángulo de enlace aumenta o disminuye debido a que los átomos se acercan o se alejan, haciendo un movimiento similar al abrir o cerrar unas tijeras.

Flexión asimétrica en el plano (balanceo): el ángulo de enlace aumenta o disminuye debido a que el átomo central se acerca a uno de los extremos y por lo tanto se aleja del otro, provocando un balanceo.

Flexión simétrica fuera del plano (coleo): el ángulo de enlace aumenta o disminuye, porque los átomos se acercan o se alejan entre ellos, pero fuera del plano.

Flexión asimétrica fuera del plano (torsión): el ángulo de enlace aumenta o disminuye debido a que el átomo central se acerca a uno de los extremos y se aleja del otro; este movimiento lo hace fuera del plano.



Figura 14. Tipos de flexión de las moléculas.

Una molécula absorbe luz infrarroja cuando la energía de los fotones es muy cercana a la diferencia entre un estado vibracional y el siguiente. La absorción de la energía requiere que el enlace de la molécula presente un momento dipolar, para que la absorción sea más intensa.

Las bandas de absorción de casi todos los grupos funcionales orgánicos se localizan entre los 4000 y 800 cm^{-1} . Los espectros infrarrojos se presentan como gráficas de absorbancia frente a número de onda (Hernández y González, 2002).

El espectrofotómetro infrarrojo (IR) contiene una fuente de emisión, que regularmente es una barra de material cerámico cuya radiación se divide en dos porciones: la primera que atraviesa la celda que contiene la muestra; y la segunda, una celda que contiene sólo el disolvente empleado. El haz de la muestra se dirige a la rejilla de difracción, donde se separa en las longitudes de onda que la integran y dan lugar al espectro IR.

En la siguiente tabla se muestran las bandas de absorción características de algunos grupos funcionales orgánicos.

Grupo funcional	Banda (cm^{-1})	intensidad
C-H	2960-2850	Media
C=C-H	3100-3020	Media
C=C	1680-1620	Media
C \equiv C-H	3350-3300	Fuerte
R-C \equiv C-R'	2260-2100	Media
Ar-H	3030-3000	Media
	1600, 1500	Fuerte
OR-H	3650-3400	Fuerte, ancha
-C-O-	1150-1050	Fuerte
C=O	1780-1640	Fuerte
R ₂ N-H	3500-3300	Media, ancha
-C-N-	1230-1030	Media
-C \equiv N	2260-2210	Media
RNO ₂	1540	Fuerte

Tabla 2. Bandas de absorción de algunos grupos funcionales orgánicos.

Por ejemplo, en los alcanos de cadena normal o con ramificaciones, se espera sólo encontrar estiramientos y deformaciones de los enlaces C-H y C-C. Los estiramientos debidos a la interacción C-H son muy estables y aparecen en entre los 3000 y 2840 cm^{-1} , como se muestra en la figura 16.

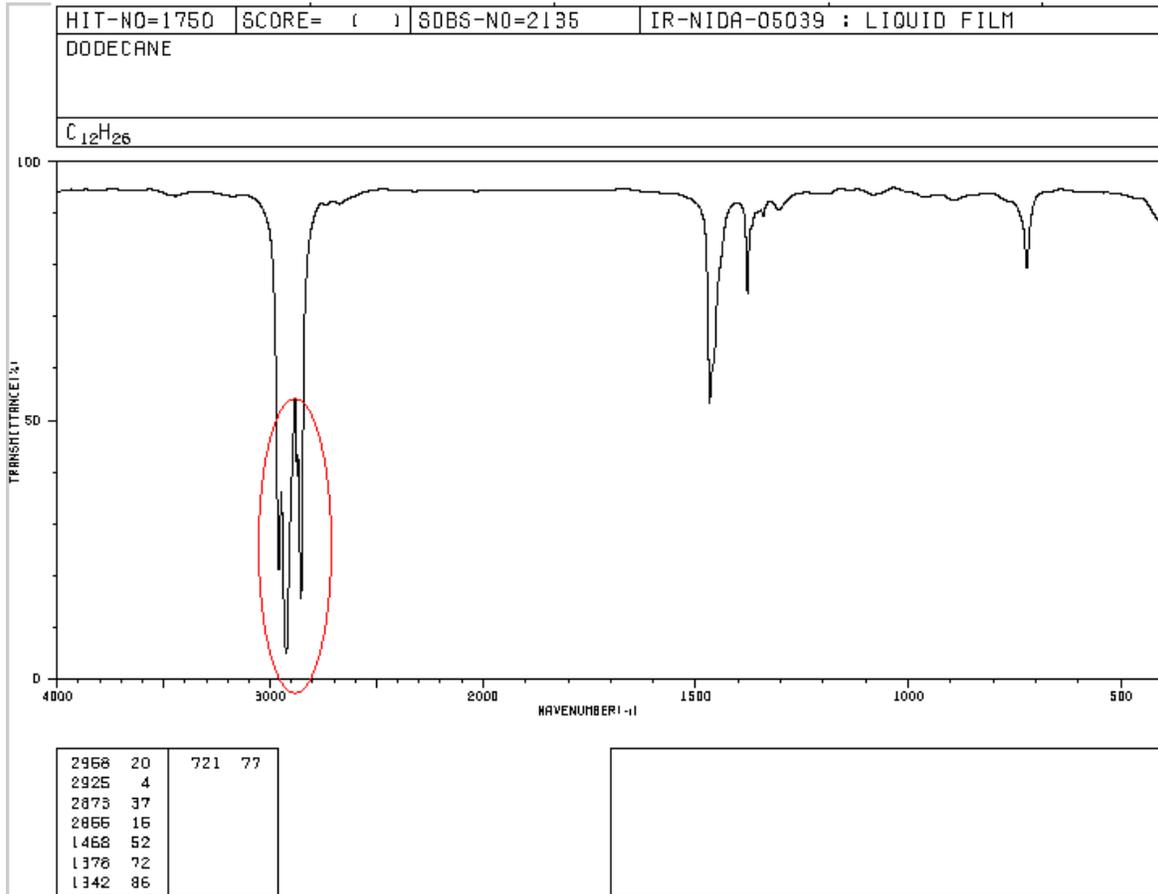


Figura 15. Espectro infrarrojo del dodecano.

La absorción de los alcoholes y fenoles es debida a la vibración de los enlaces entre el O-H y C-O. La vibración de estiramiento del enlace O-H aparece alrededor de los 3400 cm^{-1} . Es una absorción intensa y amplia (desde 3600 hasta 3200 cm^{-1} aproximadamente), como se puede apreciar en la figura.

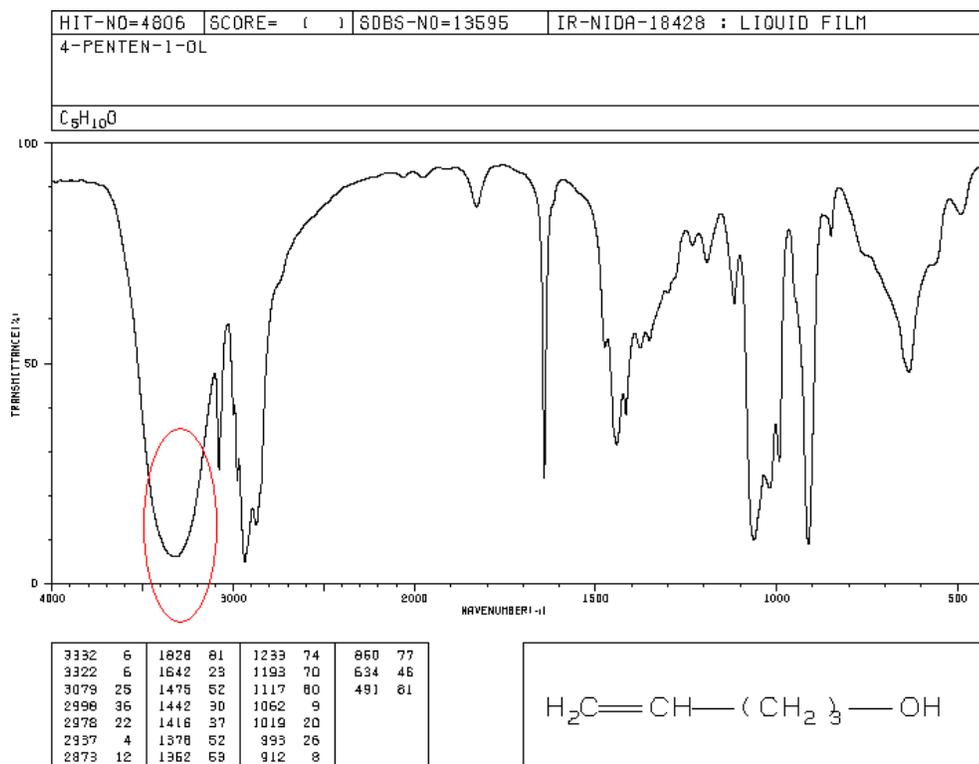


Figura 16. Espectro infrarrojo del 4-pentenol.

En resumen, cada uno de los grupos funcionales tiene una señal característica que requiere del entrenamiento o experiencia del analista. Sin embargo, para fines de esta asignatura es importante que visualices su importancia y aplicación en tu campo profesional.

Otra de las técnicas de gran importancia en el análisis químico es la espectrofotometría de absorción atómica, la cual resulta de interés al realizar la cuantificación de metales, sobre todo contaminantes de algunos ecosistemas o recursos naturales.

4.1.3. Espectrofotometría de absorción atómica

En el caso de la espectrofotometría de **absorción atómica**, son útiles los espectros de emisión, contrarios a los de absorción. El método se fundamenta en que al hacer incidir energía en forma de calor o de manera eléctrica, mediante una llama o una descarga a una muestra problema, provocará un cambio del estado basal al estado excitado del analito como se muestra en la siguiente figura. De tal manera que los electrones más

externos en un átomo, pasarán a un estado excitado. Sin embargo, después de unos nanosegundos se relajan hacia un estado fundamental, cediendo la energía absorbida. Esta energía en forma de fotones corresponde al espectro visible o ultravioleta y es medida por medio de un detector.

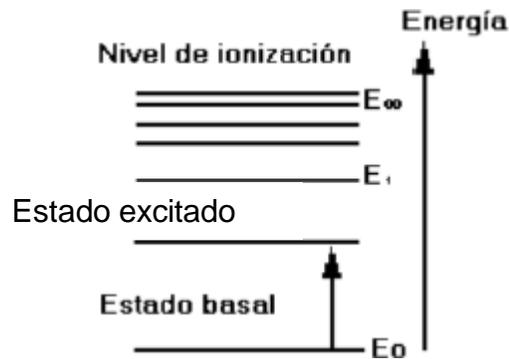


Figura 17. Excitación de electrones e ionización de átomos.

El equipo para la espectrofotetría de absorción atómica consta de manera general de una fuente de luz, el tomador de muestra, el atomizador, la fuente de excitación, el selector de longitud de onda (monocromador) y el dispositivo de lectura, tal y como se muestra en la figura.

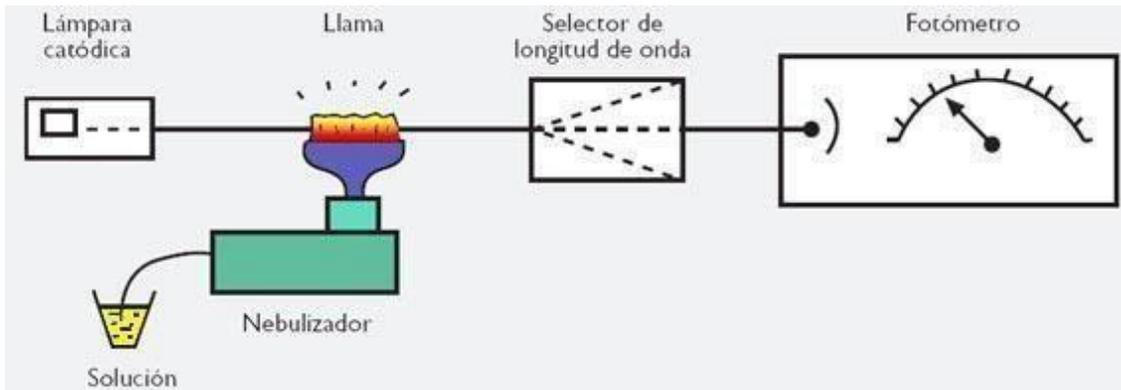


Figura 18. Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica.

Para realizar la medición es importante que el analito se encuentre en forma atomizada, esto es, los átomos o iones deben estar en fase gaseosa. Los dispositivos de atomización pueden ser de dos tipos: atomizadores continuos y atomizadores discretos. Los primeros introducen la muestra en forma continua, mientras que los segundos lo hacen en porciones, es decir, para fragmentar la muestra pueden utilizar una jeringa o un auto muestreador. La **nebulización** es la técnica más utilizada para introducir la muestra.

El nebulizador introduce la muestra en forma continua como un rocío, llamado aerosol (Skoog D. A., 2005).

Posteriormente, para lograr la atomización o ionización de la muestra se requiere de una fuente de energía que alcance altas temperaturas. Los mecheros empleados en la espectroscopía de llama suelen ser de flujo laminar con premezcla. La muestra nebulizada se transporta a la llama y ahí ocurre la desolvatación (eliminación de agua). Las partículas sólidas llegan al centro de la llama (cono interno), donde se vaporizan y convierten en átomos gaseosos, iones elementales y especies moleculares. La excitación de los espectros de emisión atómica también ocurre en esta región (Skoog D. A., 2005)

En la tabla se muestran algunas mezclas de gases utilizadas en los equipos de espectrofotometría de absorción atómica. Como se puede apreciar, alcanzan temperaturas muy altas, en las cuales los átomos pueden excitarse y de esta manera lograr su ionización.

<i>Combustible/oxidante</i>	<i>Temperatura (°C)</i>
*Gas/aire	1700-1900
*Gas/O₂	2700-2800
H₂/aire	2000-2100
H₂/ O₂	2500-2700
Acetileno/aire	2100-2400
Acetileno/O₂	3050-3150
Acetileno/N₂O	2600-2800

*Propano o gas natural

Figura 19. Llamas empleadas en espectroscopia atómica (Skoog D. A., 2005).

El método por excelencia para el análisis en espectroscopia de absorción atómica es el del estándar externo, el cual consiste en emplear al menos tres estándares para construir la gráfica o curva de calibración. Las disoluciones estándar se preparan a concentraciones cercanas a las esperadas en la muestra problema, con ello se evitan errores en la medición.

Las principales interferencias que se pueden presentar en el método de espectrofotometría por absorción atómica son los dependientes de la atomización. El grado de disociación de los átomos depende principalmente de la composición de la muestra. Por ejemplo, el CaCl₂ se disocia rápidamente en comparación con Ca₃(PO₄)₂ para dar átomos de Ca.

La técnica de la espectrofotometría de absorción atómica se ha aplicado a más de 60 elementos y es una herramienta indispensable para los estudios en los que se determinan vestigios de metales en muestras biológicas o del medio ambiente.

Cierre de la unidad

En esta unidad analizamos la importancia que tienen los métodos ópticos, especialmente los espectrofotométricos para complementar los análisis volumétricos de muestras problema. Observamos las ventajas que presentan al trabajar con cantidades pequeñas de muestra, su gran sensibilidad, precisión y exactitud. Así como la principal metodología para determinar la cantidad o caracterización de un analito en una muestra determinada. Es importante hacer hincapié, en que en este curso sólo se manejaron algunas generalidades de estos métodos, por lo que para su manejo óptimo se requiere especializarse en cada uno de ellos. Sin embargo, la información recibida, así como las actividades planteadas te permitirán interpretar y realizar análisis químicos basados en estas técnicas. Los conocimientos y habilidades desarrolladas a lo largo de la unidad también te serán de gran utilidad para incursionar en otros ámbitos científicos, como es el caso de la investigación y desarrollo de nuevos métodos y productos.

Para saber más



Lee el artículo “*Factores de riesgo y niveles de plomo en sangre en estudiantes de licenciatura*” de Judith Ruiz Luna. En él encontrarás información de cómo se realizó un estudio para determinar la concentración de plomo en sangre, utilizando la espectrofotometría de absorción atómica.

Fuentes de consulta



1. Harris, D. C. (2001). *Análisis Químico Cuantitativo*. España: Reverté S.A.
2. Hernández, L., González, C. (2002). *Introducción al análisis instrumental*. España: Ariel S.A.
3. Skoog, D. A.; et al. (2005). *Fundamentos de Química Analítica*. México: Thomson.
4. Skoog, D. A.; et al. (2008). *Principios de análisis instrumental*. México: CENGAGE Learning.