



Modalidad Abierta y a Distancia

# Análisis Químico

Guía didáctica



## Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

### Departamento de Química

## Análisis Químico

### Guía didáctica

Carrera	PAO Nivel
▪ <i>Pedagogía de las Ciencias Experimentales (Pedagogía de la Química y Biología)</i>	VIII

### Autores:

Figueroa Hurtado Jorge Geovanny  
Solano Cueva Natalí Elizabeth



E D U C \_ 4 1 2 9

Asesoría virtual  
[www.utpl.edu.ec](http://www.utpl.edu.ec)

## **Universidad Técnica Particular de Loja**

### **Análisis Químico**

#### **Guía didáctica**

Figueroa Hurtado Jorge Geovanny

Solano Cueva Natalí Elizabeth

#### **Diagramación y diseño digital:**

Ediloja Cía. Ltda.

Telefax: 593-7-2611418.

San Cayetano Alto s/n.

[www.ediloja.com.ec](http://www.ediloja.com.ec)

[edilojacialtda@ediloja.com.ec](mailto:edilojacialtda@ediloja.com.ec)

Loja-Ecuador

ISBN digital - 978-9942-39-372-2



#### **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons – **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0)**. Usted es libre de **Compartir – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**. **Adaptar – remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos:** **Reconocimiento-** debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. **No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.** **Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.** No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

# Índice

<b>1. Datos de información.....</b>	<b>7</b>
1.1. Presentación de la asignatura .....	7
1.2. Competencias genéricas de la UTPL .....	7
1.3. Competencias específicas de la carrera.....	7
1.4. Problemática que aborda la asignatura .....	8
<b>2. Metodología de aprendizaje .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje .....</b>	<b>11</b>
 <b>Primer bimestre.....</b>	 <b>11</b>
 <b>Resultado de aprendizaje 1 y 2 .....</b>	 <b>11</b>
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje.....	12
 <b>Semana 1 .....</b>	 <b>12</b>
 <b>Unidad 1. Características del proceso analítico: seguridad en el laboratorio, buenas prácticas e interpretación estadística de datos .....</b>	 <b>12</b>
1.1. La función de los químicos analíticos y diferencias entre análisis cualitativo y cuantitativo .....	12
1.2. Pasos generales de un análisis químico .....	15
1.3. Errores en un análisis químico .....	19
 <b>Semana 2 .....</b>	 <b>22</b>
1.4. Normas de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio.....	22
1.5. Reactivos químicos y material de laboratorio.....	24
1.6. Interpretación estadística de los datos .....	30
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	36
Autoevaluación 1 .....	38
 <b>Semana 3 .....</b>	 <b>41</b>
 <b>Unidad 2. Disoluciones .....</b>	 <b>41</b>
2.1. Concentraciones químicas.....	41
 <b>Semana 4 .....</b>	 <b>47</b>
 <b>Semana 5 .....</b>	 <b>53</b>

Actividades de aprendizaje recomendadas .....	61
Autoevaluación 2 .....	62
<b>Semana 6 .....</b>	<b>65</b>
<b>Unidad 3. Gravimetría y técnicas gravimétricas.....</b>	<b>65</b>
3.1. Definiciones .....	65
3.2. Cálculos gravimétricos.....	67
<b>Semana 7 .....</b>	<b>69</b>
3.3. Técnicas de gravimetría .....	70
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	75
Autoevaluación 3.....	77
Actividades de finales del bimestre.....	80
<b>Semana 8 .....</b>	<b>80</b>
<b>Segundo bimestre .....</b>	<b>81</b>
<b>Resultado de aprendizaje 1 y 2 .....</b>	<b>81</b>
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje.....	81
<b>Semana 9 .....</b>	<b>81</b>
<b>Unidad 4. Análisis Volumétrico .....</b>	<b>82</b>
<b>Semana 10 .....</b>	<b>85</b>
4.1. Volumetría de Neutralización.....	85
<b>Semana 11 .....</b>	<b>88</b>
4.2. Volumetría de precipitación .....	88
4.3. Volumetría de complejación.....	91
<b>Semana 12 .....</b>	<b>94</b>
4.4. Volumetría de óxido reducción .....	94
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	101
Autoevaluación 4 .....	102

<b>Semana 13 .....</b>	<b>105</b>
<b>    Unidad 5. Técnicas analíticas: principios, instrumentación y aplicaciones ..</b>	<b>105</b>
5.1. Espectroscopia UV-Visible.....	105
5.2. Espectroscopia de Absorción Atómica.....	108
<b>Semana 14 .....</b>	<b>113</b>
5.3. Cromatografía de Gases.....	113
5.4. Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución.....	116
<b>Semana 15 .....</b>	<b>121</b>
5.5. Potociometría.....	121
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	125
Autoevaluación 5.....	126
Actividades de finales del bimestre.....	129
<b>Semana 16 .....</b>	<b>129</b>
<b>4. Solucionario .....</b>	<b>131</b>
<b>5. Referencias bibliográficas .....</b>	<b>138</b>



---

## 1. Datos de información

---

### 1.1. Presentación de la asignatura



### 1.2. Competencias genéricas de la UTPL

- Vivencia de los valores universales del humanismo de Cristo.
- Comunicación oral y escrita.
- Pensamiento crítico y reflexivo.
- Trabajo en equipo.
- Compromiso e implicación social.
- Comportamiento ético, organización y planificación del tiempo.

### 1.3. Competencias específicas de la carrera

- Integra conocimientos pedagógicos, didácticos y curriculares que permitan interdisciplinariamente la actualización de modelos y metodologías de aprendizaje e incorporación de saberes en la Pedagogía de las Ciencias Experimentales, Pedagogía de la Química y Biología, basados en el desarrollo del pensamiento crítico, reflexivo,

creativo y experiencial pertinentes en relación con el desarrollo de la persona y su contexto.

- Implementa la comunicación dialógica como estrategia para la formación de la persona orientada a la consolidación de capacidades para la convivencia armónica en la sociedad, la participación ciudadana, el reconocimiento de la interculturalidad y la diversidad, y la creación de ambientes educativos inclusivos en la Pedagogía de las Ciencias Experimentales, Pedagogía de la Química y Biología a partir de la generación, organización y aplicación crítica y creativa del conocimiento abierto e integrado en relación con las características y requerimientos de desarrollo de los contextos.
- Organiza modelos curriculares y la gestión del aprendizaje en Química y Biología, centrados en la experiencia de la persona que aprende, en interacción con los contextos institucionales, comunitarios y familiares, a través de la práctica, de vinculación con la colectividad, investigación y la producción e innovación, para desarrollar la interculturalidad, inclusión, democracia, flexibilidad metodológica en los procesos de formación, aprendizaje personalizado, interacciones virtuales, presenciales y la tutoría.
- Potencia la formación integral de la persona desde los principios del humanismo de Cristo basado en el desarrollo de su proyecto de vida y profesional que amplíen perspectivas, visiones y horizontes de futuro en los contextos.

#### 1.4. Problemática que aborda la asignatura

Los problemas, procesos, situaciones de la profesión que actuarán como ejes de organización de los contenidos teóricos, metodológicos y técnico-instrumentales se los plantean en función de:

- Limitado conocimiento de enfoques, diseños, técnicas e instrumentos de investigación educativa, lo que limita investigar su práctica desde un posicionamiento teórico fundamentado y orientado a la investigación e innovación para trascender lo inmediato, profundizar y confrontar la pluralidad de criterios como parte de su formación personal y profesional.

- Las dificultades para el desarrollo de innovaciones en la práctica docente y el inadecuado uso de la tecnología afectan significativamente el desempeño laboral de los profesionales de la Carrera de Ciencias Experimentales, Licenciado/a en Pedagogía de la Química y Biología, para ello, se ha considerado como ejes centrales organizar modelos de investigación para la enseñanza - aprendizaje de la Química y Biología, centrados en la experiencia de la persona que aprende, orientados al diseño de procesos educativos flexibles, que integren la práctica de investigación acción hacia la producción e innovación, la interculturalidad, inclusión, democracia, flexibilidad metodológica para el aprendizaje personalizado, las interacciones virtuales, presenciales y la tutoría.



---

## 2. Metodología de aprendizaje

---

Los métodos están orientados hacia procesos investigativos en donde prevalecerán aquellos que promuevan el trabajo autónomo, constructivo y creador, así:

- La metodología dialógica, se realiza mediante procesos de investigación-acción participativa y de acompañamiento al proceso de formación integral, considerando los objetivos del plan nacional de desarrollo.
- La metodología de aprendizaje basada en la solución de problemas, conocida como Aprendizaje Basado en Problemas, su función es desarrollar aprendizajes activos a través de la resolución de problemas.
- La metodología basada en el aprendizaje colaborativo, llamada Aprendizaje Cooperativo, donde se busca desarrollar aprendizajes activos y significativos de forma.
- El método científico, como procedimiento se utiliza para comprobar la validez de los conceptos, a través de la observación, experimentación, discusión y conclusión especialmente en las ciencias experimentales,

el método expositivo, encaminada a contribuir y transmitir conocimientos y activar procesos cognitivos en el estudiante.

- Los aprendizajes basados en proyectos, implica la realización de proyectos para la resolución de un problema, aplicando habilidades y conocimientos adquiridos durante los procesos de adquisición de conocimientos.
- El aprendizaje autónomo, desarrollar el aprendizaje autónomo para que sea protagonista de su propio proceso de aprendizaje, conforme propone la Modalidad Abierta y a Distancia de la UTPL.
- El aprendizaje experiencial, proporciona espacios para crear, construir aprendizajes significativos desde la auto-exploración y experimentación utilizando los conceptos, aprender haciendo o aprendizaje práctico.
- El estudio de casos, didáctica constructivista que busca conseguir aprendizajes mediante el análisis de casos reales y simulados.
- La resolución de ejercicios y problemas busca ejercitar, ensayar y poner en práctica los conocimientos previos adquiridos por el profesional en formación buscando la incorporación del diálogo de saberes ancestrales, cotidianos y tradicionales, de inclusión, diversidad y enfoque de género en el currículo de la Carrera.



### 3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje

#### Resultado de aprendizaje 1 y 2



#### Primer bimestre

- Aplica los conocimientos de análisis químico moderno mediante instrumentos que ayuden a obtener información cualitativa acerca de la composición de una muestra determinada.
- Aplica las técnicas analíticas instrumentales para la cuantificación de los componentes químicos de muestras de interés y medios biológicos, analizar y discutir de manera correcta los resultados.

El Análisis Químico, es una asignatura que tiene como finalidad contribuir al desarrollo científico, como base fundamental para el beneficio de las diferentes áreas de la ciencia. En este sentido, los resultados de aprendizaje se alcanzarán a través de conocer e identificar cuáles son las etapas de un análisis químico, los instrumentos que proporcionan información cualitativa de una muestra y la forma estadística de interpretar los resultados. Además, estudiará técnicas analíticas que servirán para cuantificar analitos en varios tipos de muestras, para ello es necesario desarrollar los casos prácticos que se describen en las actividades recomendadas, usar los simuladores propuestos y revisar cada uno de los REA's planteados en el desarrollo de los temas del primer bimestre.

Finalmente, recuerde que el análisis químico está presente en varios aspectos de nuestra vida cotidiana y que su conocimiento requiere de la dedicación y perseverancia de quienes la estudien para lograr una mejor comprensión de nuestro entorno desde el punto de vista químico. Le deseo el mayor de los éxitos y que esté presente en usted la motivación por cumplir las metas que se ha trazado. Es hora de empezar con el aprendizaje, seguro que cada tema cautivará su interés. ¡Siga adelante!



### Semana 1

## Unidad 1. Características del proceso analítico: seguridad en el laboratorio, buenas prácticas e interpretación estadística de datos

En esta primera unidad se ha planteado un objetivo, el proveer a usted de los fundamentos del análisis químico, describir los principios y aplicaciones de algunas técnicas de análisis y parámetros estadísticos que le permitirán afianzar todos los conocimientos aprendidos en ciclos anteriores. Se dará cuenta que el mundo de la química puede ser tan divertido e interesante.

### 1.1. La función de los químicos analíticos y diferencias entre análisis cualitativo y cuantitativo

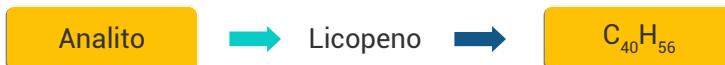
Para empezar es necesario que tenga claro que la química analítica es una ciencia que se dedica a la medición (Skoog et al., 2015).

Se preguntará ahora ¿qué es lo que se mide en un análisis químico? ¿Ha escuchado el término analito(s)? Según Harris (2007) son todos los componentes que se desean determinar en una muestra mediante una técnica de análisis, sea esta cualitativa o cuantitativa. Para una mejor comprensión, aquí un ejemplo:

*¿Cuál es el contenido de licopeno en la producción de tomate de una finca determinada?*

Primeramente, se debe definir cuál es la importancia de conocer si la producción de tomate será o no rica en licopeno. Conoce, ¿qué es el licopeno? Según Cruz Bojórquez et al. (2013), es un compuesto carotenoide, no tóxico y que posee actividad antioxidante, antiinflamatoria y quimioterapéutica sobre las enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y algunos tipos de cáncer. ¡Vaya...!, el licopeno parece ser muy importante en el tomate ¿no lo cree? En la **figura 1** se representa la definición de analito y del ejemplo citado.

**Figura 1.**  
*Definición de analito*



En este contexto puede darse cuenta en la **figura 1** que el licopeno es el **analito** a ser determinado de manera cuantitativa en una muestra representativa de producción de tomate.

Por otro lado, para llegar a obtener la cantidad o porcentaje de licopeno que tiene la muestra de tomate, se sigue un protocolo en donde intervienen varias etapas del proceso analítico hasta la obtención del resultado final. Por lo tanto, se puede decir que los químicos analíticos cumplen funciones importantes como las que se citan a continuación:

- Definir la importancia del análisis que se va a llevar a cabo.
- Reconocer las etapas del proceso analítico para identificar el analito.
- Diferenciar lo que se hace en un análisis cualitativo y en un análisis cuantitativo.

Finalmente, según Campillo Seva (2011) en el análisis químico de una muestra determinada se puede analizar desde dos conceptos importantes: análisis cualitativo y análisis cuantitativo. En la **figura 2** y **figura 3** puede encontrar las diferencias entre ambas definiciones que le ayudarán a comprender de forma correcta los resultados que se obtienen en cada uno de los análisis.

## Figura 2.

Diferencias entre análisis cualitativo y cuantitativo

### Análisis cualitativo



Identifica la identidad química de las especies de interés en una muestra, aplicando procedimientos experimentales. El resultado final, es la confirmación de la sustancia investigada, es decir, indicar con un calificativo su presencia.

### Análisis cuantitativo

- Constituye la primera fase de la investigación analítica.
- Determina en forma numérica la concentración o cantidad relativa de los analitos que componen la muestra en estudio.

Nota. Adaptado de Campillo Seva (2011).

Como pudo darse cuenta en la **figura 2** la única diferencia que existe entre un análisis cualitativo y cuantitativo es la manera de expresar el resultado. En el primero lo muestra como una calidad o propiedad, mientras que en el segundo da un número acompañado de una unidad de concentración.

## Figura 3.

Análisis cualitativo y cuantitativo

Cualitativo



a)

Cuantitativo



b)

Por otro lado, en el ejemplo de la **figura 3a** únicamente se puede saber si la muestra es ácida o básica (pH aproximado) según el color que presenta la disolución midiendo esta propiedad con las conocidas tiras para medir el pH. En cambio, en la **figura 3b** se puede observar un pH-metro, que es un instrumento que da a conocer mediante un número el potencial de hidrógeno de las muestras.



Seguro que le llamó la atención este apartado, sobre todo la definición de la palabra analito. Es por ello que, le motivo a buscar en bibliografía de internet y listar 5 nombres de analitos, sus respectivas muestras y la importancia que tienen. Para esto es necesario que:

1. Realice una lectura comprensiva de su texto complementario de Skoog et al. (2015) del capítulo 1, sección 1A, donde se explica qué es un químico analítico y cuáles son sus funciones. Recuerde que el texto complementario lo puede encontrar en el Visor Web de la Universidad.
2. Elabore un cuadro donde liste 5 ejemplos de analitos, resalte la importancia que tiene el mismo en cualquier ámbito de la ciencia.

*¿Qué le pareció esta actividad?* Seguro le ha permitido familiarizarse con los términos del tema de análisis químico, además de ayudarle a conocer la importancia de cuantificar un analito en una muestra determinada, será capaz de valorar las funciones de un químico analítico. Entre algunos de los analitos que se pueden cuantificar en las muestras están: Vitamina E en el aceite de palma, cafeína en café tostado, pesticidas en aguas de fincas arroceras, calcio en leche, oro en tierra de mina, entre otros.

## 1.2. Pasos generales de un análisis químico

*¿Le llamó la atención el primer tema? ¿Verdad que estuvo muy interesante?* Ahora le corresponde conocer cuáles son los pasos a seguir para realizar un análisis químico y cuál de ellos se considera el más importante, todo ello con el único objetivo de conseguir resultados correctos, reproducibles y confiables.

Según Campillo Seva (2011) y Skoog et al. (2015) un análisis químico implica una secuencia de varias etapas que van desde definir el problema o cuestión específica hasta la elaboración de un informe completo, en donde

el analista es capaz de sacar conclusiones acerca del análisis realizado. A continuación se explica cada una de las etapas del proceso analítico para que pueda ponerlo en práctica según el campo laboral donde se desenvuelva:

1. **Definir el problema.** - Aquí el analista formula la cuestión específica del análisis. Es decir, se realizan estas dos preguntas: *¿Por qué se hace? y ¿Para qué se hace?*
2. **Seleccionar el método analítico.** - En esta etapa se pone a prueba la capacidad del analista para buscar bibliografía y seleccionar el método analítico óptimo para el análisis. Para ello se debe tener en cuenta ciertos aspectos como: disponibilidad de reactivos y equipos, factor económico, exactitud del método, tipo de muestra, entre otros.
3. **Obtener la muestra.** - Significa que el muestreo que realiza el analista debe ser representativo y homogéneo. Es preciso que tenga claro, que dependiendo el tipo de muestra, se aplican distintas técnicas de muestreo, lo importante es obtener una muestra que represente la totalidad de dicha materia.
4. **Preparar la muestra.** - Esta etapa consiste en convertir la muestra en una forma adecuada para su análisis químico, es decir aplicar métodos de trituración, molienda, filtración, decantación, extracción, concentración, entre otros. Cabe mencionar, que en ciertos análisis, no es indispensable el tratamiento de la muestra, por ejemplo al momento de tomar el valor de pH de aguas naturales.
5. **Analizar la muestra.** - Aquí se mide la concentración o alguna medida física del analito de interés, esto mediante el uso de métodos clásicos (gravimétricos y volumétricos) o métodos instrumentales (electroanalíticos, espectrofotométricos, cromatográficos, entre otros).
6. **Elaborar un informe.** - Es uno de los pasos finales del proceso, donde el analista realiza un informe completo con los resultados e incertidumbre debidamente calculados. Además, es importante señalar que en el informe deben constar los límites máximo y mínimo referentes a una norma utilizada para el análisis.
7. **Sacar conclusiones.** - Finalmente, en este paso el analista se responsabiliza de asegurar que sus conclusiones se basan en los resultados obtenidos.

En la **figura 4** se resumen los pasos generales que un analista debe seguir para la determinación de un analito de interés en una muestra dada.

**Figura 4.**  
*Pasos de un análisis químico*



Nota. Adaptado de Campillo Seva (2011)

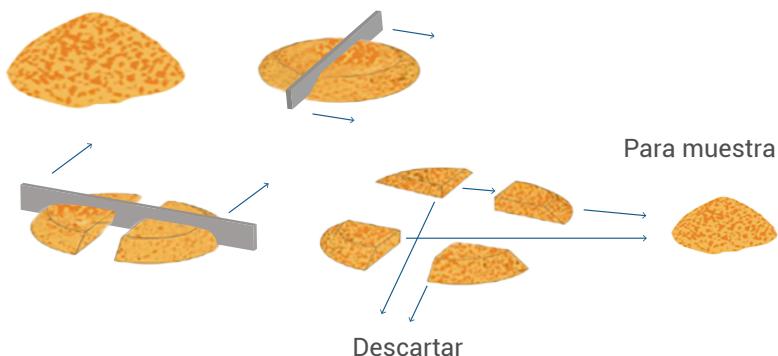
La **figura 4**, resume los pasos que debe seguir para realizar un buen análisis químico en un laboratorio. Es necesario mencionar que dependiendo de la muestra que se va a estudiar se aplicará el protocolo de tratamiento de la misma.

Una vez que conoce las etapas generales para realizar un análisis químico, es necesario que tenga claro cuál es el paso más importante del proceso. ¿Cuál piensa usted qué será?

Si pensó que, la selección del método analítico es el más importante, pues déjeme decirle que no lo es, porque el muestreo es la etapa primordial para que un análisis se lleve con éxito, del cual se obtiene información representativa de la muestra. En la **figura 5** se ejemplifica cómo se debe realizar el muestreo de una determinada muestra.

**Figura 5.**

*Obtención de la muestra (muestreo)*



Nota. Adaptado desde Sawyerr et al. (2019).

Como pudo observar en la **figura 5**, se evidencia que para obtener una muestra representativa, se debe realizar un cuarteo para que las porciones que se tenga sean de un tamaño adecuado para los análisis químicos de laboratorio. ¿Está de acuerdo que el muestreo es la etapa más importante de un análisis químico? ¿Cree que hace falta alguna etapa más en el proceso de análisis? Para responder a estas inquietudes es necesario que:

*Al realizar una lectura comprensiva del documento Tema 1:*

*Introducción al Análisis Químico, acerca de las etapas de un ensayo químico, usted estará en la capacidad de conocer y realizar un análisis de cualquier muestra o matriz en un laboratorio.*



Imagínese en un laboratorio químico, ¿qué analizaría y quisiera conocer? El porcentaje de cafeína en los mejores cafés de la ciudad de Loja. Se ha planteado el problema específico. Siguiendo los pasos descritos en la sección 1.2 de esta unidad, ahora debe buscar en bibliografía cuáles son los métodos adecuados para el análisis, revise si cuenta con todos los

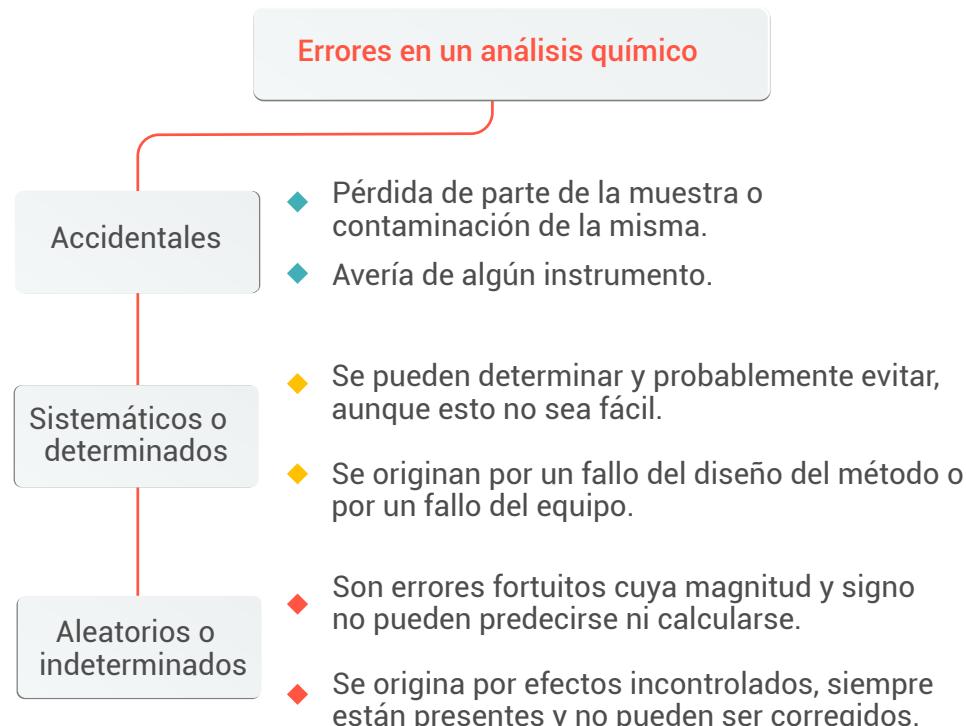
reactivos y analice el tiempo del análisis. Una vez que haya estudiado el protocolo prepare la muestra para su posterior cuantificación. Finalmente, con los datos obtenidos del análisis, realice los cálculos e informe cuál es el porcentaje de cafeína que tiene el café de Quilanga. Usted ya será capaz de dar sus conclusiones con los resultados y normas establecidas.

### 1.3. Errores en un análisis químico

Como lo dice Skoog et al. (2015) **los errores son desastrosos** y vaya que lo son y con seguridad a ninguno le gusta tenerlos presentes en un análisis químico. Pero algunas veces se pueden presentar cierto tipo de errores, en los cuales el resultado analítico puede verse afectado y que es necesario conocerlos para en lo posible evitarlos.

A continuación, en la **figura 6** se detallan los tipos de errores que pueden presentarse en un análisis químico.

**Figura 6.**  
*Tipos de errores en un análisis químico*



*Nota.* Adaptado de Harris (2007).

La **figura 6**, indica cuáles son los errores más comunes que un analista comete en el laboratorio. Es cierto, que en algunos casos estos se pueden evitar, mientras que en otros dependen de situaciones externas difíciles de controlar. Para que tenga una idea clara de los errores que se pueden presentar, mire con atención los ejemplos que se muestran a continuación y el video de YouTube [Errores que se comenten en el laboratorio de química](#), el mismo que ayudará a su mejor comprensión.

1. Cuando el analista está realizando un análisis de cenizas en una muestra para conocer su porcentaje de materia inorgánica, al momento de sacar el crisol de la mufla pierde parte de las cenizas accidentalmente por caída del crisol. Esto significa que se presentó un **error accidental e involuntario** por parte del analista. *¿Qué le recomendaría que hiciera?*
2. Por otro lado, cuando el analista está realizando lecturas de pH de cierto número de muestras en un pH-metro que no ha sido previamente calibrado, está cometiendo un **error sistemático o determinado**, el cual pudo evitarlo para que sus resultados sean confiables y reproducibles.
3. Finalmente, el ruido que generan las bombas de un equipo analítico, no se puede controlar ni minimizar, es por ello, que este se convierte en un **error aleatorio o indeterminado**.

Cabe mencionar que, a los tipos de errores se asocian dos conceptos importantes: la precisión y la exactitud. Tiene claro *¿qué significa cada uno?* En la **figura 7**, se explican las definiciones.

## Figura 7.

### Precisión y Exactitud

#### Precisión

Cercanía de los resultados con otros obtenidos exactamente de la misma manera.

#### Exactitud

Indica la cercanía de las medidas obtenidas al valor aceptado o verdadero.

Nota. Adaptado de Harris (2007).

La **figura 7** hace referencia a los conceptos de precisión y exactitud, dos términos utilizados habitualmente en Química Analítica. Para Harris (2007), estas definiciones se asocian sobre todo a los procesos de validación de métodos analíticos, para los cuales se deben cumplir parámetros específicos debidamente normados en guías de validación, una de ellas, la Guía Eurachem.



Le invito a leer el REA 1: Guía de Validación de Métodos Analíticos, específicamente las páginas 3 – 6 para que pueda despejar cualquier duda acerca de los conceptos de precisión y exactitud.

¿Le gustó el tema abordado del REA 1? ¿Qué fue lo que más le llamó la atención de la unidad? Creo que para contestar a estas inquietudes es indispensable que analice y recuerde si ha cometido algún error de los citados en este apartado y lo mencione con su tutor, ¿cuál de estos errores ha cometido? Explique si luego realizó alguna acción correctiva.

Si al realizar el análisis de cenizas de una muestra de harina, cuando traspasa los crisoles de la mufla a un desecador y lo hace cerca de una ventana, el aire provocó que en uno de los crisoles se pierdan parte de las cenizas, ¿a este error lo consideraría como accidental? Pues, no... este tipo

de error sería sistemático o determinado porque la pérdida de la muestra se podría evitar cerrando previamente la ventana.

Con esta temática finaliza la primera semana de clases. La próxima semana, conocerá acerca de las buenas prácticas de laboratorio y la interpretación estadística de datos.

*¡Buen trabajo, continúe así!*



## Semana 2

---

La semana pasada conoció cuál es la función de los químicos analíticos y qué pasos se deben seguir para la realización de un buen análisis químico de una muestra determinada, en donde los resultados que se obtengan sean correctos y confiables. En este sentido, en la presente semana se revisarán aspectos relevantes para llevar a cabo un eficiente análisis de laboratorio, como son: la seguridad y buenas prácticas de laboratorio, reactivos químicos y materiales y, finalmente se indicará como se interpretan estadísticamente los datos resultantes de un análisis.

### 1.4. Normas de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio

Como conocerá el trabajo dentro de un laboratorio químico suele estar asociado a ciertos accidentes que pueden prevenirse siempre y cuando el analista se familiarice con los riesgos y medidas de seguridad del laboratorio.

*¿Usted está al tanto de cuál es la indumentaria que el analista debe tener para realizar un análisis de laboratorio?*

*¿Qué normas de seguridad cree que pueden prevenir accidentes?*

Para contestar a estas inquietudes, Skoog et al. (2015), manifiesta que el cumplimiento de las normas de seguridad en un laboratorio es altamente importante y aconseja que tanto docentes como estudiantes las tengan en cuenta desde el momento de ingreso a un laboratorio. A continuación se detallan las principales medidas de seguridad que se deben seguir:

- Primeramente, la vestimenta para asistir a un laboratorio debe ser lo más cómoda posible, sin agujeros y calzado adecuado (cerrado) que proteja sus pies.
- Llevar correctamente la bata de laboratorio, guantes de nitrilo o de goma, mascarilla, gafas de protección y de ser requerido cofia. Como sugerencia, toda esta indumentaria debe ser revisada antes del ingreso al laboratorio.
- Dentro de las instalaciones, es necesario que todos se familiaricen con la ubicación del extintor de fuego, lavabo de ojos, aspersores, botiquín de primeros auxilios y puerta de emergencia. Es necesario que todos conozcan el manejo de estos accesorios por cualquier eventualidad.
- Antes de iniciar cualquier análisis químico, revise el protocolo y los reactivos a utilizar. Consulte en caso de dudas al técnico de laboratorio.
- Dado que existen algunos reactivos tóxicos o nocivos, no olvide trabajar en el interior de una cabina de extracción, vitrina o sorbona. Su salud es muy importante.
- Al momento de utilizar los reactivos químicos, le invito a que sea un poco curioso y revise la etiqueta de cada sustancia que interviene en su metodología, con ello conocerá si es de carácter tóxico, corrosivo, inflamable, explosivos o inocuo y estará preparado para actuar en caso de algún derrame del reactivo químico.
- Al momento de realizar la medición en masa de una sustancia química, asegúrese que la balanza analítica esté calibrada y limpia para que pueda realizar el pesaje. Tenga en cuenta que mientras más decimales tenga la balanza, esta tiene más resolución.
- Corrobore que el material que va a utilizar no esté trizado y esté completamente limpio, con ello asegurará que los resultados que obtenga al final de un análisis serán confiables.
- No olvide rotular las soluciones preparadas para su análisis. Coloque nombre y concentración de la sustancia, fecha y nombre de la persona que la realizó.

- No jugar ni consumir alimentos dentro del laboratorio. Está completamente prohibido fumar en las instalaciones.
- Utilice una pera de succión para extraer líquidos de un contenedor. No lo realice con su boca.
- No deseche al lavabo las soluciones preparadas durante el análisis. Verifique su pH para clasificarlas en los recipientes respectivos para su posterior eliminación.
- En caso de accidentes o lesiones, notifique al personal encargado del laboratorio, quien le brindará la ayuda requerida.
- Finalmente, recordar que “una libreta de trabajo” es indispensable en el laboratorio, de modo que aquí el analista deja constancia de lo que realizó y observó durante el análisis. Esta libreta debe ser inteligible para que cualquier persona la pueda leer y comprender.

Que importante es conocer todas las normas de seguridad y buenas prácticas de laboratorio, *¿verdad?* Con seguridad, el análisis químico y los resultados que se obtengan de las muestras tratadas serán correctos siempre que las medidas se cumplan en su totalidad.



*¿Cuál es su opinión del tema estudiado?* Lea nuevamente las normas de seguridad y buenas prácticas, realice un autoanálisis de cómo es su trabajo en el laboratorio y en caso de faltar alguna medida que considere necesaria agréguela y coméntela con su profesor.

*¿Recordó alguna otra norma de seguridad que falta de citar?* Pues sí, hace falta una más, el dejar completamente limpia el área de trabajo después de realizar un ensayo analítico, esto demostraría su gran educación y respeto por los demás. Esto sería una buena práctica de laboratorio.

## 1.5. Reactivos químicos y material de laboratorio

Para realizar cualquier análisis de laboratorio sea cualitativo o cuantitativo, es indispensable que cuente con todos los reactivos químicos y materiales de laboratorio que le permitan obtener los resultados esperados.

## *¿Sabe qué es un reactivo químico?*

Pujol Urban y Sánchez Rodriguez (2015) lo explica en su texto desde dos puntos de vista:

1. Según los *cambios químicos*, es una sustancia que participa en una reacción química de forma estequiométrica. Debe tener claro que, en una reacción química intervienen dos o más reactivos para formar uno o más productos.
2. De acuerdo con las *especificaciones de calidad*, es una sustancia pura y de características específicas que vienen certificadas por la empresa que lo fabrica.

Por lo tanto, si desea adquirir un reactivo químico para un ensayo en particular puede encontrarlo en el mercado en diferentes formas y precios, según el grado de pureza que desee, marca comercial, cantidad de reactivo, tipo de envase y certificaciones de calidad analítica específicas. En la **figura 8** puede ver algunos tipos de reactivos químicos en sus diferentes presentaciones.

**Figura 8.**  
*Reactivos químicos*



## *¿Conoce qué tipos de reactivos químicos existen?*

Ahora se lo cuento... En un laboratorio y según el análisis a realizar se pueden encontrar ácidos ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ , etc.), bases ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , etc.), sales ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ , etc.), materiales de referencias para determinar analitos específicos (vitaminas, ácidos grasos, etc.).

patrones estándar para Absorción Atómica, Espectrometría de ICP (Ca, Fe, Ag, Au, K, Fe, etc.), y productos de limpieza (Cl). Dependiendo la muestra y analito a determinar se utilizan los reactivos químicos.

A continuación, en la **tabla 1** se describirán algunos materiales de laboratorio y para qué sirven dentro de un ensayo analítico.

**Tabla 1.**

*Materiales de laboratorio y su función*

Cámara de Extracción	Balanza Analítica
A photograph of a stainless steel fume hood or extraction chamber. It has a glass front door with a handle and a control panel with various buttons and a small display on the left side. The interior is brightly lit and contains some laboratory glassware and equipment.	A photograph of a digital analytical balance. It features a glass enclosure over the weighing pan, a black base with a digital display showing "00000", and a keypad with several buttons. The brand name "sartorius" is visible on the front.
Llamada también vitrina o sorbona. Sirve para preparar soluciones que contienen reactivos de carácter tóxico y peligrosos.	Para determinar el peso de una sustancia química y/o muestra. Mientras más decimales tenga la balanza tiene mayor resolución.
Embudos de filtración	Deseccador
A photograph showing two glass funnels and two ceramic Buchner funnels. One of the ceramic funnels has an orange stopper.	A photograph of a vacuum desiccator. It consists of a clear glass bell jar with a lid, resting on a metal stand. Inside the bell jar, there is a small amount of purple granular material.
Sirve para separar los componentes de una mezcla, ya sea mediante un papel filtro (en un embudo de vidrio) o por medio del vacío (en un embudo buchner).	Disminuye la cantidad de humedad de los materiales que han sido sometidos a un proceso de humedad y/o cenizas de altas temperaturas. Como desecante usa gel de sílice.

### Buretas



Se utilizan en los análisis volumétricos y contienen la solución valorante de concentración conocida. Tiene una llave de paso.

### Micropipetas



Se utilizan para medir volúmenes pequeños (1 – 1000  $\mu\text{L}$ ) y exactos. Muy empleadas en los análisis analíticos.

### Matraz volumétrico



Son de varias capacidades entre 5 ml hasta 5 litros y sirven para preparar soluciones de diferentes concentraciones.

### Pipetas



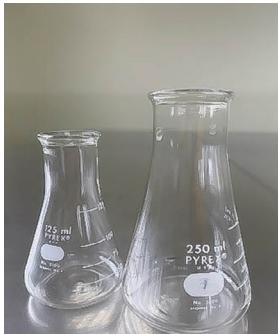
Sirven para traspasar un volumen conocido de un recipiente a otro.

Existen pipetas graduadas y volumétricas.

---

**Matraces Erlenmeyer**

---



Son contenedores en los cuales se colocan las muestras a ser valoradas. Existen de varios volúmenes.

---

**Cápsulas**

---



Son recipientes que se utilizan para colocar las muestras que serán sometidas a altas temperaturas.

---

**Crisoles de porcelana**

---



Sirve para contener la muestra que será sometida a altas temperaturas sea en una mufla o estufa.

---

**Vasos de precipitación**

---



Sirve de contenedor de sólidos o líquidos. Existen de varias medidas desde los 5 ml hasta los 5 litros.

---

**Piseta**

---



Contiene el agua destilada para aforar las soluciones y/o el lavado.

---

**Mortero**

---



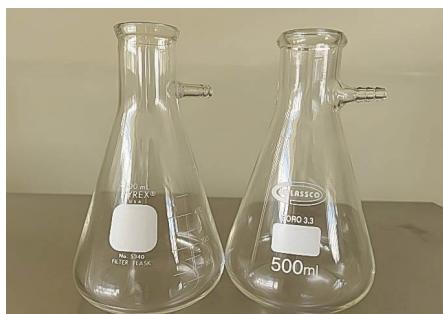
Sirve para disminuir el tamaño de una muestra mediante la molienda.

## Probetas



Es un contenedor de líquidos y sirve para medir un volumen de forma exacta.

## Kitasato



Se utilizan en los procesos de filtrado a vacío, al cual se le adapta un embudo buchner y una manguera.

*Nota.* Adaptado de Skoog et al. (2015) y Harris (2007).

Como se pudo dar cuenta en la **tabla 1**, se citan algunos de los materiales que se encuentran en el laboratorio y que se utilizan en ensayos analíticos como por ejemplo: determinación de cenizas y humedad, análisis volumétricos, determinación de pH, preparación de soluciones, etc.

En este apartado puede darse cuenta de que faltan otros materiales y equipos, *¿cuáles cree que hacen falta de nombrar?* Seguramente vinieron a su mente equipos como la estufa, mufla, manta y plancha de calentamiento y materiales de laboratorio como luna de reloj, espátula, pera de succión, varilla de agitación, pinzas de bureta, doble nuez, entre otros.



Le recomiendo realizar una lectura comprensiva del texto complementario de Skoog et al. (2015) del **capítulo 2, apartados 2C, 2D, 2E, 2F y 2G**, le ayudará a profundizar sus conocimientos en esta temática acerca del material de laboratorio. Recuerde que el texto complementario lo puede encontrar en el Visor Web de la Universidad.

Muy interesante e importante la temática, *¿verdad?* Tener bases sobre lo que necesitamos para realizar un buen análisis químico y sobre todo conocer como funcionan generará confianza para empezar un ensayo en el laboratorio.

## 1.6. Interpretación estadística de los datos



Antes de iniciar con este tema es indispensable conocer cómo se calculan parámetros estadísticos como media y desviación estándar. En este sentido, le invito a leer los temas **5A.1 La media y la mediana**, y **6B.3 Desviación estándar de la muestra: una medida de precisión**, del texto complementario Skoog et al. (2015). Lo que le permitirá conocer la definición de promedio y desviación estándar, así como las fórmulas para calcular estos estadísticos.

¿Cómo le fue con la lectura de estos temas? Seguro que el cálculo de la media se le hizo muy sencillo, debido a que es un cálculo que se lo utiliza habitualmente, y que se lo conoce con el nombre de promedio. Por otra parte, la desviación estándar pudo resultarle un poco más complejo, motivo por el cual, con el **ejercicio 1** se clarificará este tema:

### Ejercicio 1



Dos investigadores realizan el análisis de teobromina en cacao mediante HPLC, encontrando los siguientes resultados detallados en la:

**Tabla 2.**

*Datos de teobromina para la misma muestra analizada por dos investigadores*

Investigador A	Investigador B
Teobromina (mg/g)	Teobromina (mg/g)
3.01	2.69
2.87	2.87
2.98	2.88
3.14	2.98
2.87	2.76
2.19	2.67
2.98	2.78
2.24	2.65
2.98	2.81
2.75	2.76

Con la información proporcionada determine la media y desviación estándar de los resultados por cada investigador:

### Resolución:

Para calcular la media ( $\bar{x}$ ) se debe utilizar la ecuación 5.1 del texto complementario de Skoog et al. (2015):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Donde:

$\bar{x}$  → Media

$x_i$  → Valores individuales

$N$  → Cantidad de mediciones de las réplicas

### Investigador A:

$$\bar{x} = \frac{(3.01 + 2.87 + 2.98 + 3.14 + 2.87 + 2.19 + 2.98 + 2.24 + 2.98 + 2.75)}{10}$$

$$\bar{x} = 2.80 \text{ mg Teobromina/g}$$

### Investigador B:

$$\bar{x} = \frac{2.69 + 2.87 + 2.88 + 2.98 + 2.76 + 2.67 + 2.78 + 2.65 + 2.81 + 2.76}{10}$$

$$\bar{x} = 2.79 \text{ mg Teobromina/g}$$

Por otra parte, para calcular la desviación estándar debe utilizar la ecuación 6.4 del texto complementario de Skoog et al. (2015):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Donde:

$S$  → Desviación estándar de la muestra

$\underline{x}$  → Media

$x_i$  → Valores individuales

$N$  → Cantidad de mediciones de las réplicas.

Para calcular la desviación estándar es recomendable construir las siguientes tablas (**tabla 3** y **tabla 4**) para cada investigador:

### Tabla 3.

*Cálculos para determinar la desviación estándar con los datos del Investigador A*

$x_i$	$\underline{x}$	$(x_i - \underline{x})$	$(x_i - \underline{x})^2$
3.01	2.80	0.21	0.043681
2.87		0.07	0.004761
2.98		0.18	0.032041
3.14		0.34	0.114921
2.87		0.07	0.004761
2.19		-0.61	0.373321
2.98		0.18	0.032041
2.24		-0.56	0.314721
2.98		0.18	0.032041
2.75		-0.05	0.002601
$\sum_{i=1}^N (x_i - \underline{x})^2$			<b>0.95</b>

Ahora, con los datos recopilados en la tabla se reemplazan en la ecuación:

### Tabla 4.

*Cálculos para determinar la desviación estándar con los datos del Investigador A*

$x_i$	$\underline{x}$	$(x_i - \underline{x})$	$(x_i - \underline{x})^2$
2.69	2.79	-0.10	0.009025

2.87	0.09	0.007225
2.88	0.09	0.009025
2.98	0.20	0.038025
2.76	-0.03	0.000625
2.67	-0.12	0.013225
2.78	-0.01	2.50E-05
2.65	-0.14	0.018225
2.81	0.02	0.000625
2.76	-0.03	0.000625
$\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$		<b>0.10</b>

Ahora, con los datos recopilados en la tabla se reemplazan en la ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{0.10}{10 - 1}} = 0.10 \text{ mg teobromina/g}$$

Con lo cual se concluye que los resultados para cada investigador serían:

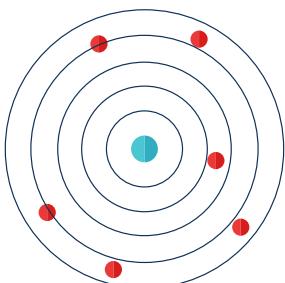
**Investigador A:**  $2.80 \pm 0.33$  mg teobromina/g

**Investigador B:**  $2.79 \pm 0.10$  mg teobromina/g

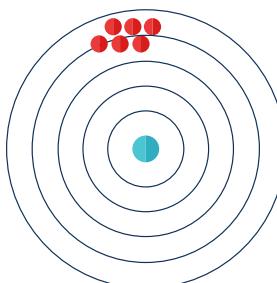
Sin embargo, todo análisis químico se concluye con la interpretación de los resultados alcanzados. En ese sentido, antes de emitir una conclusión es necesario estar seguro de que el análisis se lo realizó de manera correcta. Para lograr esto, se debe evaluar la precisión y exactitud de los resultados. En la **figura 9**, se presenta de manera gráfica la diferencia entre exactitud y precisión.

**Figura 9.**

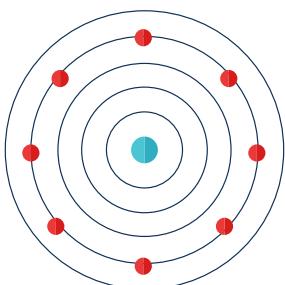
*Explicación de precisión y exactitud*



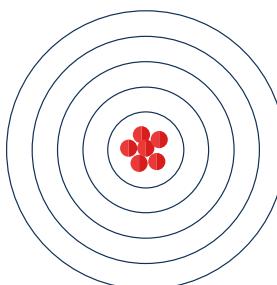
Ni exacto ni preciso



Preciso pero no exacto



Exacto pero no preciso



Exacto y preciso

La imagen antes expuesta presenta la diferencia entre precisión y exactitud. En resumen, un resultado preciso es cuando los valores están muy próximos entre sí, mientras que, un resultado es exacto se obtiene cuando los resultados están próximos a la respuesta correcta. A su criterio ¿Qué es más importante ser preciso o exacto?

Sin duda, usted coincide que ambas condiciones deben cumplirse, es decir el resultado de un análisis químico debe ser exacto y preciso, lo que permitirá emitir resultados correctos. En este momento, seguro que le surge la inquietud como se mide la precisión y exactitud. Para responder esto le invito a realizar una lectura comprensiva del tema 6B.5 Varianza y otras medidas de precisión del texto complementario de Skoog et al. (2015), esta lectura le permitirá entender como calcular una serie de estadísticas que miden el grado de precisión de los resultados.

Seguro que luego de realizar la lectura, usted conoce cómo calcular la varianza y desviación estándar relativa. Es importante recalcar que este último estadístico se puede expresar en partes por mil o en porcentaje, lo que facilita generalizar un criterio para determinar si un análisis fue

realizado de manera precisa. Sin embargo, este criterio depende del tipo de análisis, por ejemplo, para una técnica volumétrica o gravimétrica el valor límite de la desviación estándar relativa expresada en porcentaje (%CV) es 5%, mientras que para técnicas instrumentales el valor del %CV puede llegar a 10%, como valores máximos para ambos casos. En el **ejercicio 2**, se explica el uso de este estadístico.

## Ejercicio 2



Determine la precisión de los resultados analíticos de los investigadores detallados en el **ejercicio 1**:

Para determinar la precisión, se utiliza el coeficiente de variación, estadístico que se calcula con la fórmula 6.9 del texto complementario de Skoog et al. (2015).

$$\%CV = \frac{S}{\bar{x}} * 100\%$$

Donde:

$\%CV$  → Coeficiente de variación

$S$  → Desviación estándar de la muestra

$\bar{x}$  → Media

**Investigador A:**

$$\%CV = \frac{\frac{0.33 \text{ mg teobromina}}{g}}{\frac{2.80 \text{ mg teobromina}}{g}} * 100\%$$

$$\%CV = 11.63\%$$

## Investigador B:

$$\%CV = \frac{0.10 \frac{\text{mg teobromina}}{\text{g}}}{2.79 \frac{\text{mg teobromina}}{\text{g}}} * 100\%$$

$$\%CV = 3.72\%$$

Como pudo observar a pesar de tener medias similares de 2.80 y 2.70 mg teobromina/g para los investigadores A y B, respectivamente, los %CV son muy diferentes con valores de 11.63% y 3.72%. Como la teobromina se analiza a través de la técnica instrumental de cromatografía de líquidos, el criterio para determinar la precisión es 10%. Por lo tanto, se concluye que solo los resultados del investigador B fueron obtenidos de manera precisa, y para el caso del investigador A, se debe repetir la determinación de teobromina en las muestras de cacao.

Finalmente, la exactitud de los resultados analíticos se realiza mediante el % de recuperación del analito. Este tema se tratará en la unidad de Volumetría.

Estimado estudiante, le invito a reforzar sus conocimientos, participando en las siguientes actividades:



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Es momento de utilizar el aprendizaje basado en video para afianzar los conocimientos sobre la seguridad que se debe tener dentro de un laboratorio tanto docentes como estudiantes. En este sentido, le recomiendo:

- Realice una lectura exhaustiva del **capítulo 2, apartados 2I y 2J** de su libro complementario de Skoog et al. (2015), los cuales mencionan las buenas prácticas de laboratorio que un analista debe cumplir en el laboratorio.
- Luego revise y analice el video de YouTube [Normas de Seguridad en el Laboratorio](#), el cual explica sobre las medidas a tomar en cuenta para realizar un análisis químico en el laboratorio y,

- Finalmente, ingrese al link [Seguridad en el Laboratorio](#) disponible en la web y conteste el siguiente cuestionario en línea sobre la temática antes mencionada.

Con esto se concluye el estudio de las Características del proceso analítico: seguridad en el laboratorio, buenas prácticas e Interpretación estadística de datos, estos temas son la base fundamental para el desarrollo de los siguientes temas como: soluciones, gravimetrías, volumetrías y sobre todo en las distintas técnicas analíticas que se abordará en el segundo bimestre. Es momento de hacer una pausa y recargar energía. ¡Ha realizado un buen trabajo!

Realice la autoevaluación para comprobar sus conocimientos.



## Autoevaluación 1

Instrucciones: para las preguntas del 1 al 9, lea detenidamente los enunciados, analice las opciones de respuesta y seleccione la opción correcta. Por otro lado, para la pregunta 10, empareje las opciones que se detallan de acuerdo a lo que se solicita en el enunciado respectivo.

1. Se dice que una balanza analítica tiene una alta resolución cuando proporciona:
  - a. Un decimal.
  - b. Dos decimales.
  - c. Tres decimales.
  - d. Cuatro decimales.
  
2. ¿Qué compuesto tiene el desecador que ayuda a absorber la humedad de una muestra?
  - a. Hidróxido de sodio.
  - b. Sulfato de sodio anhidro.
  - c. Gel de sílice.
  - d. Tierra diatomeas.
  
3. De los siguientes materiales ¿cuál no es considerado un material volumétrico?
  - a. Balón de aforo.
  - b. Vaso de precipitación.
  - c. Pipeta.
  - d. Bureta.
  
4. ¿Cuál es la etapa más importante de un análisis químico?
  - a. Plantearse el problema.
  - b. Buscar los métodos adecuados.
  - c. Realizar el muestreo.
  - d. Analizar la muestra.

5. La calcinación de sólidos se realiza en:
- Una estufa.
  - Una mufla.
  - Una centrífuga.
  - Un baño de ultrasonido.
6. Cuando se usa una bureta no calibrada se considera un error:
- Accidental.
  - Sistemático.
  - Aleatorio.
  - Todas las anteriores.
7. La siguiente definición, "mide el grado de proximidad de los datos en torno al valor de la media" corresponde a:
- Mediana.
  - Varianza.
  - Desviación estándar.
8. ¿Cuál de los analitos que se listan a continuación se encuentra presente en el cacao?
- Licopeno.
  - Betacarotenos.
  - Teobromina.
  - Quinina.
9. ¿Para una técnica gravimétrica el valor límite de la desviación estándar relativa expresada en porcentaje (%CV) es?
- 5%
  - 10%
  - 15%
  - 20%

10. En la columna de la izquierda se detallan 4 nombres de reactivos químicos, empareje con la clase de reactivo que corresponda.
- |                        |               |
|------------------------|---------------|
| a. Clorato de potasio. | 1. Corrosivo. |
| b. Ácido sulfúrico.    | 2. Irritante. |
| c. Cloro.              | 3. Tóxico.    |
| d. Arsénico.           | 4. Explosivo. |

Debido a su esfuerzo y dedicación ha culminado con la primera unidad de la guía didáctica, las respuestas de esta autoevaluación las puede encontrar al final de este documento en el solucionario. Es hora de continuar con su estudio con una nueva unidad, en la cual se dará cuenta de que las soluciones forman parte de su vida cotidiana.

[Ir al solucionario](#)



## Unidad 2. Disoluciones

La mayoría de análisis químicos emplean una serie de reactivos químicos en diferentes concentraciones, lo que se conoce como disoluciones. En esta Unidad, se revisarán las distintas formas de expresar concentraciones químicas, realizando especial hincapié en molaridad y porcentaje, expresiones químicas muy utilizadas para denotar la concentración de reactivos y analitos en las muestras, respectivamente.

### 2.1. Concentraciones químicas

Una disolución química binaria resulta de la mezcla de un soluto y un disolvente. El soluto puede estar en estado sólido o líquido, mientras que el disolvente estará en estado líquido. Cuando ambos componentes de la mezcla se encuentran en el mismo estado físico, el disolvente será la sustancia que se encuentre en mayor proporción. En la **figura 10** se presenta la preparación de una disolución de hidróxido de sodio con una concentración de 0.1 molar.

**Figura 10.**  
*Disolución química*



Como pudo observar en la figura 11, para preparar 250 mL de una disolución de hidróxido de sodio 0.1 M, se requiere pesar 1 g de reactivo y aforar a 250 mL con agua destilada.



La concentración de una disolución química se puede expresar de diversas formas, se comenzará conociendo como se puede expresar una disolución cualitativamente, motivo por el cual le invito a leer comprensivamente el tema **2.3.1 De forma cualitativa disponible** en el texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015), donde se menciona las tres formas de expresar una disolución de manera cualitativa y la relación con la temperatura.

La lectura del texto básico seguro que le permitió comprender que existen tres formas de clasificar la concentración de una disolución en función a la solubilidad del soluto en el disolvente, de menor a mayor concentración son: no saturada, saturada y sobresaturada. Además, en el ejemplo seguro que le llamó la atención que la cantidad máxima de soluto que se puede disolver depende de la temperatura. Por ejemplo, a 20 °C se puede disolver 33 g de nitrato de potasio por cada 100 g de agua, mientras que a 50 °C se incrementa la cantidad de nitrato de potasio hasta 84 g, es decir en este caso existe una relación positiva de la cantidad de soluto que se puede disolver en función a la temperatura. Sin embargo, este comportamiento depende del soluto. En este sentido, le motivo a observar la **figura 2.3** disponible en el texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015), donde podrá observar que no se aumenta la solubilidad de los compuestos químicos con un incremento de la temperatura.

Cómo pudo observar en la figura 2.3, prácticamente la solubilidad del cloruro de sodio permanece constante en un rango de temperaturas de 0 a 100 °C, mientras que la solubilidad de la sacarosa aumenta considerablemente con la temperatura. Por lo contrario, esta propiedad para el sulfato de neodimio es inversamente proporcional a la temperatura.



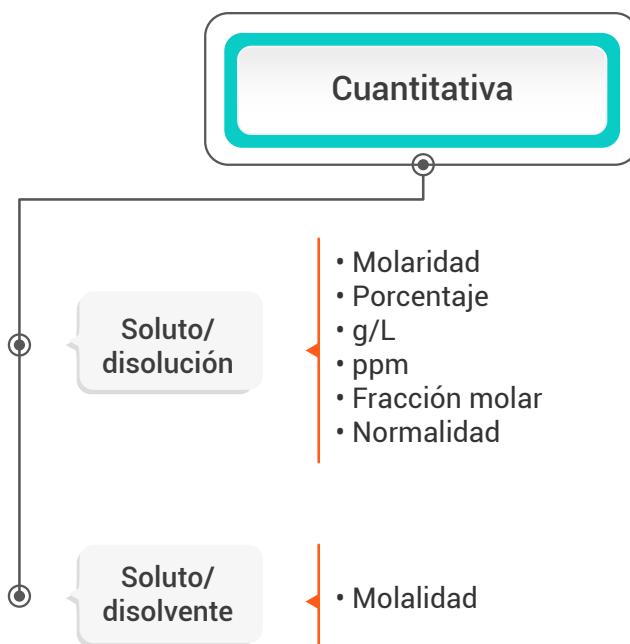
Es momento, de usar las nuevas tecnologías para afianzar la comprensión de este tema, motivo por el cual le invito a interactuar con el **REA 2: Concentration** disponible en la plataforma PHET, este simulador le permitirá determinar la cantidad de soluto necesaria para obtener una disolución

saturada. ¡Adelante, le invito a determinar la concentración de saturación del cloruro de sodio!

¿Cuál es la concentración de saturación del cloruro de sodio? Seguro que luego de interactuar con el REA 2 encontró que la concentración de saturación es de 6.14 molar (M), seguro que el término molar le llama la atención, no se preocupe que enseguida se despejará esta inquietud. Por el momento, solo es necesario que comprenda que la molaridad es una manera de expresar una concentración de forma cuantitativa. Recuerde, una concentración cualitativa permite conocer una idea general de la cantidad de soluto en la disolución. En cambio, en la figura 11 se presentan las distintas formas de expresar la concentración de una disolución de manera cuantitativa.

**Figura 11.**

*Forma de expresar la concentración de una disolución de manera cuantitativa*



Nota. Adaptado de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015)

Observe la figura 11, seis son las formas más usadas de expresar la concentración en función de la cantidad contenida de soluto en una disolución. No obstante, la molaridad sin duda es la forma más habitual de presentar la concentración de los reactivos químicos que se utilizan para los diferentes análisis químicos.

### 2.1.1. Molaridad

Molaridad se define como el número de moles de soluto presentes por litro de disolución, se representa con la letra M y la fórmula que se emplea para calcular esta concentración es:

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

**Donde:**

M → Molaridad

n → Número de moles de soluto

V → Volumen de la disolución en litros



Para comprender este tema es indispensable realizar una lectura comprensiva del tema Molaridad disponible en el texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). Donde encontrará la definición de esta expresión de concentración química y un ejercicio.

Seguro que, al realizar la lectura, se percató que para calcular la molaridad de una disolución, es necesario conocer el peso molecular del soluto y el volumen total de la disolución, propiedad que indispensablemente debe expresar en litro. Con la finalidad de despejar cualquier duda, le invito a revisar el ejercicio 3, donde se podrá encontrar los cálculos para preparar una solución de hidróxido de sodio 0.1 M.

#### Ejercicio 3



Una solución de hidróxido de sodio se emplea para cuantificar la acidez de los alimentos, propiedad relacionada con el estado de madurez de las frutas o estabilidad de productos lácteos, para este análisis químico se utiliza una concentración de 0.1 M, motivo por el cual en el Ejercicio 3 se presentan los cálculos para preparar 250 mL de esta disolución.

**Datos:**

**Concentración = C = 0.1 M = 0.1 moles/L**

**Volumen = V = 250 mL**

**Número de moles de soluto = n**

**Masa de soluto = m = ?**

**Desarrollo:**

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

Se busca calcular la cantidad de reactivo que se debe medir. Por lo cual, es necesario despejar n de esta ecuación:

$$n = M * V$$

$$n = 0.1M * 250 \text{ mL}$$

Como la M es igual a moles/litro, se debe reemplazar esta equivalencia:

$$n = \frac{0.1 \text{ moles de NaOH}}{L} * 250 \text{ mL}$$

Para poder simplificar unidades es necesario transformar los 250 mL a L:

$$n = \frac{0.1 \text{ moles de NaOH}}{L} * 250 \text{ mL} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

Se deben simplificar unidades:

$$n = \frac{0.1 \text{ moles de NaOH}}{L} * 250 \text{ mL} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

$$n = \frac{0.1 \text{ moles de NaOH} * 250}{1000 \text{ mL}}$$

Se realizan las operaciones matemáticas correspondientes:

$$n = 0.025 \text{ moles de NaOH}$$

Como en la balanza se mide en gramos, se debe realizar la transformación correspondiente, para lo cual se necesita previamente calcular el peso molecular del soluto, considerando que el hidróxido de sodio tiene fórmula molecular  $\text{NaOH}$ :

$$\text{Na} = 23 \text{ g/mol} * 1 \text{ átomo en la molécula} = 23 \text{ g/mol}$$

$$\text{O} = 16 \text{ g/mol} * 1 \text{ átomo en la molécula} = 16 \text{ g/mol}$$

$$\text{H} = 1 \text{ g/mol} * 1 \text{ átomo en la molécula} = 1 \text{ g/mol}$$

Por lo tanto, el peso molecular (PM) del  $\text{NaOH}$  es 40 g/mol

$$n = \frac{m}{PM}$$

Despejando la masa (m):

$$m = n * PM$$

$$m = 0.025 \text{ moles de NaOH} * \frac{40 \text{ g de NaOH}}{1 \text{ mol de NaOH}}$$

Realizando las operaciones matemáticas y reduciendo unidades:

$$m = 0.025 \cancel{\text{moles de NaOH}} * \frac{40 \text{ g de NaOH}}{1 \cancel{\text{mol de NaOH}}}$$

$$m = 1 \text{ g de NaOH}$$

Es decir, para preparar 250 mL de una disolución de hidróxido de sodio con concentración 0.1 M, es necesario medir 1 g de  $\text{NaOH}$  y diluirlo hasta 250 mL con agua destilada. La preparación de disoluciones a partir de un reactivo líquido difiere un poco a lo indicado en el ejercicio 3, para identificar las diferencias y conocer la secuencia de pasos que se deben seguir en la preparación de una disolución, le invito a interactuar con el siguiente recurso **Preparación de una disolución de ácido sulfúrico 0.1 M**. Adelante que le va a encantar.

### Preparación de una disolución de ácido sulfúrico 0.1 M

¿Qué tal le pareció el recurso interactivo? Sin duda concuerda que este tipo de recursos facilita el aprendizaje. Respecto a la secuencia, es importante que en el caso de preparar disoluciones más concentradas en el orden de porcentaje, antes de adicionar el ácido es necesario colocar en el balón de aforo una alícuota de agua por lo menos equivalente al doble del volumen del reactivo a medir.

Con esto se concluye la presente semana, le felicito por el entusiasmo que le está prestando a esta asignatura, le motivo a que continúe de esta manera. ¡Éxitos!



## Semana 4

---

Bienvenido a una nueva semana de estudio, donde se estudiará El porcentaje, expresión química ampliamente usada y que tiene tres variantes. ¡Adelante, este tema es muy interesante y sobre todo útil!

### 2.1.2. Porcentaje

El porcentaje es una forma de expresar la concentración exacta de una disolución, se usa habitualmente para concentraciones elevadas. Como el porcentaje es la cantidad relativa en g o mL de una especie química por cada 100 g o mL de una disolución, se utilizan tres combinaciones de las cuatro posibles.



Es momento de profundizar en este tema, razón por la cual es necesario realizar una lectura comprensiva del tema **2.3.1 De forma cualitativa** disponible en el texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015), donde encontrará la explicación y ejemplos de las tres formas de porcentaje mencionadas anteriormente.

¿Cómo le fue con la lectura? Seguro al inicio le pareció complicado este tema, pero los ejemplos resueltos que se presentan en el texto básico son extremadamente claros, lo que facilita la comprensión de este tema, en todo caso a continuación, se presentan un par de ejemplos adicionales.

## Ejercicio 4



En el análisis de proteína en alimentos, se utiliza hidróxido de sodio al 32% (p/v). En el siguiente ejemplo, se presentan los cálculos para preparar 4 L de esta disolución, a partir de hidróxido de sodio con una pureza del 99%.

### Datos:

**Concentración = C = 32% = 32 g NaOH/100 mL de disolución**

**Volumen = V = 4 L = 4000 mL de disolución**

**Pureza = P = 99 % = 99 g NaOH/100 g de reactivo**

**Masa = m = ?**

### Resolución:

$$C = \frac{m * P}{V}$$

Como la masa de hidróxido es la incógnita, se debe despejar de la fórmula anterior la  $m$ :

$$m = \frac{C * V}{P}$$

Al reemplazar valores en esta ecuación se obtiene:

$$m = \frac{\frac{32 \text{ g de NaOH}}{100 \text{ mL de disolución}} * 4000 \text{ mL de disolución}}{\frac{99 \text{ g de NaOH}}{100 \text{ g de reactivo}}}$$

Multiplicando extremos y medios:

$$m = \frac{32 \text{ g de NaOH} * 4000 \text{ mL de disolución} * 100 \text{ g de reactivo}}{100 \text{ mL de disolución} * 99 \text{ g de NaOH}}$$

Realizando las operaciones matemáticas y reduciendo unidades:

$$m = 1292.93 \text{ g reactivo}$$

### Ejercicio 5



La cerveza es una bebida alcohólica con un grado alcohólico entre 3 a 5 °GL. Calcular la cantidad en gramos de alcohol presente en un vaso de esta bebida con un grado alcohólico de 4.2 °GL.

#### Datos:

$$\text{Grado alcohólico} = 4.2 \text{ °GL} = 4.2 \text{ mL de alcohol}/100 \text{ mL de bebida}$$

$$\text{Cantidad} = 1 \text{ vaso}$$

$$\text{Densidad del alcohol} = \rho = 0.789 \text{ g/mL}$$

$$\text{Masa} = m = ?$$

#### Resolución:

Considerando que un vaso es equivalente a 240 mL.

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

$$m = \rho * V$$

Al reemplazar valores en esta ecuación se obtiene:

$$m = \frac{0.789 \text{ g de alcohol}}{1 \text{ mL de alcohol}} * 240 \text{ mL de bebida} * \frac{4.2 \text{ mL de alcohol}}{100 \text{ mL de bebida}}$$

Realizando las operaciones matemáticas y reduciendo unidades:

$$m = 7.95 \text{ g de alcohol}$$

Seguro que con el **ejercicio 4 y ejercicio 5** se despejó cualquier tipo de duda sobre el tema porcentaje (masa/volumen). Por otra parte, como pudo darse cuenta en la lectura realizada, en los cálculos de porcentaje masa/volumen y volumen/volumen se debe considerar la contracción de líquidos. En este

sentido, para la resolución de estos ejercicios se debe emplear el concepto molaridad. En el ejercicio 6 encontrará el uso de la molaridad para preparar una solución en porcentaje (peso/volumen) considerando la contracción de líquidos.

## Ejercicio 6



La actividad propuesta 2.9 del texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015), presenta un ejemplo de cálculo considerando la contracción de líquidos. A continuación, se presenta otra forma de resolver este ejercicio empleando el concepto de molaridad. El ejercicio pide que se calcule los volúmenes de las disoluciones A y B, que se deben mezclar para preparar medio litro de disolución C.

### Datos:

#### Disolución A

Pureza = 96% = 96 g de etanol/100 g de disolución A

Densidad = 0.8036 g de disolución A/mL de disolución A

#### Disolución B

Pureza = 10% = 10 g de etanol/100 g de disolución B

Densidad = 0.9819 g de disolución B/mL de disolución B

#### Disolución C (objetivo)

Pureza = 80% = 80 g de etanol/100 g de disolución C

Densidad = 0.8436 g de disolución C/mL de disolución C

### Resolución:

Para resolver el ejercicio se deben plantear un par de ecuaciones simultáneas para calcular los volúmenes de las disoluciones A y B:

En función al volumen:

$$V_C = V_A + V_B$$

Al reemplazar los valores se tiene

$$V_A + V_B = 0.5L \quad (1)$$

En función al número de moles de soluto:

$$n_C = n_A + n_B$$

Considerando que  $M = \frac{n}{V}$ , si de esta expresión se despeja n:

$$n = M * V$$

A continuación, si se reemplaza en todos los términos:

$$M * V_C = M * V_A + M * V_B$$

Para obtener la segunda ecuación, es necesario calcular la molaridad de las tres disoluciones:

Disolución A:

$$P = 96 \% = 96 \text{ g de etanol}/100 \text{ g de disolución A}$$

$$\rho = 0.8036 \text{ g disolución A/mL de disolución A}$$

A partir, de la fórmula de densidad

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

Además, considerando que la densidad es una propiedad intensiva. Es decir, su valor es independiente de la cantidad.

$$V = 1000 \text{ mL} = 1 \text{ L}$$

Despejando de la ecuación:

$$m = \rho * V$$

$$m = \frac{0.8036 \text{ g de disolución A}}{\cancel{\text{mL de disolución A}}} * \cancel{10 \text{ mL de la disolución A}}$$

$$m = 803.6 \text{ g de disolución A}$$

En función a la pureza de la disolución A, se calcula la masa de etanol:

$$m = 803.6 \text{ g de disolución A} * \frac{96 \text{ g de etanol}}{100 \text{ g de disolución A}}$$

$$m = 771.456 \text{ g de etanol}$$

Transformar la masa a número de moles:

$$n = \frac{m}{PM}$$

$$n = \frac{771.456 \text{ g de etanol}}{46.07 \frac{\text{g de etanol}}{\text{moles de etanol}}}$$

$$n = 16.75 \text{ moles de etanol}$$

A partir, de la ecuación de molaridad:

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

$$M = \frac{16.75 \text{ moles de etanol}}{1 \text{ L}}$$

$$M_A = 16.75 \text{ M}$$

Realizando los mismos cálculos para las otras dos disoluciones, se obtiene:

$$M_B = 2.13 \text{ M}$$

$$M_C = 14.65 \text{ M}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación previa:

$$M * V_C = M * V_A + M * V_B$$

$$14.65 \text{ M} * 0.5 \text{ L} = 16.75 \text{ M} * V_A + 2.13 \text{ M} * V_B$$

Ordenando los términos y realizando los cálculos:

$$16.75 \text{ M} * V_A + 2.13 \text{ M} * V_B = 7.325 \text{ moles de etanol} \quad (2)$$

Una vez que se han obtenido las dos ecuaciones simultáneas, se las debe resolver y se obtiene:

$$V_A = 0.4281 \text{ L}$$

$$V_B = 0.00718 \text{ L}$$

Al sumar estos valores se puede comprobar que el volumen total es 0.5 L. A diferencia del resultado que presenta el texto básico con un error de 7.1 mL. Por lo tanto, esta es la forma más adecuada de realizar los cálculos para preparar una disolución considerando la contracción de líquidos.

Con esto se concluye la presente semana, donde se abordó las tres formas de expresar el porcentaje (m/m, m/v y v/v) y el efecto de la contracción de líquidos.



## Semana 5

---

La semana pasada se revisó detenidamente la expresión química porcentaje, ampliamente utilizada para expresar concentración de reactivos químicos y sobre todo para presentar resultados de análisis químicos. En esta semana, se estudiarán otras formas cuantitativas de expresar concentraciones químicas.

### 2.1.3. Gramos por litro y partes por millón

Las expresiones químicas gramos por litro (g/L) y partes por millón (ppm), a diferencia que el porcentaje se utilizan en disoluciones no tan concentradas. La primera expresión gramos por litro, es muy similar a porcentaje (m/V), con la diferencia que son g por cada 1000 mL. En cambio, para partes por millón, se debe considerar dos posibilidades en función del estado físico de la disolución líquido o sólido:

#### Disolución en estado líquido:

$$\text{ppm} = \frac{mg}{L}$$

Este se utiliza para presentar la concentración de un metal pesado en agua potable. Por ejemplo, según la norma INEN 1108, la concentración máxima de plomo en agua para consumo es 0.01 mg/L (INEN, 2011).

### Disolución en estado sólido:

$$ppm = \frac{mg}{kg}$$

Esta expresión se utiliza para presentar la concentración de plomo en pescado. Por ejemplo, de acuerdo a la norma INEN 1772, la concentración máxima de plomo en pescado es de 0.3 mg/kg

(INEN, 2013)



Luego de esta pequeña introducción al tema, le invito a revisar los temas **B) En gramos por litro** y **C) En partes por millón** que encontrará en el texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). Estos ejercicios le permitirán comprender la transformación entre expresiones químicas.

¿Qué tal le parecieron los ejercicios? Con estos ejercicios, usted seguro que pudo comprender como transforma de % (m/m) a g/L y viceversa. Además, la transformación de ppm a ppb. Sin embargo, existe una forma más rápida de transformar de ppm a % y % a ppm. En el **ejercicio 7** se presenta un ejemplo de estas transformaciones.

### Ejercicio 7



Según la norma INEN 1108, el contenido máximo de cobre en agua para consumo es de 2 mg/L (INEN, 2011). Transforme este requisito a %.

Para transformar de ppm a %, se debe dividir el valor a transformar para 10000:

$$\% = \frac{ppm}{10000}$$

$$\% = \frac{2 \frac{mg}{L}}{10000}$$

$$\% = 0.0002$$

Es decir,  $2 \text{ mg/L} = 0.0002 \%$ . Razón, por la cual ppm se utiliza para concentraciones bajas. En cambio, para transformar desde % a ppm, se debe multiplicar el valor a transformar por 10000.

#### 2.1.4. Fracción molar

La fracción se define como las moles de soluto presentes por moles disolución. Razón por la cual, tanto la cantidad soluto como de disolvente deben estar en moles para realizar el cálculo correspondiente. La fracción molar se representa con la letra griega ji "χ". A continuación, se presenta la fórmula que se utiliza para calcular la concentración de una disolución en términos de fracción molar:

$$\chi = \frac{n_s}{n_d} = \frac{n_s}{n_s + n_d}$$

**Donde:**

$\chi$  → Fracción molar

$n_s$  → Número de moles del soluto

$n_d$  → Número de moles de disolución

$n_d$  → Número de moles de disolvente



Es momento de revisar un ejemplo de fracción molar, motivo por el cual le invito a revisar el tema **G) Fracción molar** disponible en el texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). Donde podrá encontrar el cálculo de la concentración de una disolución de sacarosa.

Al revisar el ejercicio, indudablemente pudo darse cuenta de que la concentración en términos de fracción molar se puede expresar como moles de sacarosa por moles de disolución, así como, moles de agua por moles de disolución. Hasta el momento, hasta el momento se han revisado las expresiones químicas molaridad, porcentaje, gramos por litro, ppm y fracción molar. A continuación se revisará la expresión normalidad.

### 2.1.5. Normalidad

La normalidad es una expresión química muy similar a la molaridad, la diferencia radica que su cálculo depende de la reacción química en la cual va a intervenir el reactivo químico a preparar.



Es momento de profundizar en este tema, motivo por el cual le invito a realizar una lectura comprensiva del tema F) **Normalidad**, disponible en el texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). Donde podrá encontrar una explicación muy clara de esta forma de presentar concentraciones químicas.

¿Cómo le fue con la lectura? Seguro, que al inicio le resultó confuso, porque contradice lo que probablemente le indicaron en el colegio. Básicamente, para el cálculo de la normalidad de un ácido, se debe dividir el peso molecular del compuesto químico para el número de hidrógenos que posee. Pero, al revisar el ejemplo del ácido sulfúrico se pudo dar cuenta, que el valor para el cual hay que dividir está en función de la reacción en la cual interviene. Razón por la cual, la IUPAC recomienda dejar de usar la Normalidad.

### 2.1.6. Molalidad

Como pudo observar en la **figura 12** la concentración de una disolución, también se puede expresar en función a la cantidad de disolvente. En este sentido, la molalidad es el número de moles de soluto por kilogramos de disolvente, esta expresión química se representa con la letra m minúscula. La fórmula que se utiliza para el cálculo de la molaridad es:

$$m = \frac{n}{m_{disolvente}}$$

## **Donde:**

$m \rightarrow$  Molaridad

$n \rightarrow$  Moles de soluto

$m_{\text{disolvente}} \rightarrow$  Masa del disolvente en kilogramos



En el texto básico podrá encontrar un ejemplo del cálculo de molalidad, motivo por el cual le animo a revisar el tema E)

**Molalidad** del texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). Estos ejercicios le servirán para comprender como calcular la concentración de una disolución en términos de molaridad, así como, calcular la cantidad soluto para preparar una disolución química.

Muy claro y sencillo el ejercicio sobre molalidad. Sin embargo, con la finalidad de clarificar las distintas formas de expresar las concentraciones químicas, a continuación, en el **ejercicio 8** podrá revisar la resolución del ejercicio 6 propuesto al final del capítulo 2 del texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015).

## **Ejercicio 8**



**Calcula la molaridad de cada una de las siguientes disoluciones acuosas:**

- Una disolución de ácido nítrico 20 % (m/m) y densidad 1.115 g/mL**

### **Datos:**



Peso molecular = PM = 63.01 g/mol

Riqueza = R = 20 % (m/m) = 20 g de HNO<sub>3</sub>/100 g de disolución

Densidad =  $\rho$  = 1.115 g/mL

Como la molaridad es una propiedad intensiva se puede considerar un volumen de 1 L.

Volumen = V = 1 L = 1000 mL

**Resolución:**

A partir de la fórmula de la densidad, se puede obtener el valor de la masa de la disolución:

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

$$m = \rho * V$$

$$m = 1.115 \frac{g \text{ de disolución}}{mL \text{ de disolución}} * 1000 \text{ mL de disolución}$$

$$m = 1115 \text{ g de disolución}$$

Considerando la riqueza de la disolución se puede calcular las moles de HNO<sub>3</sub>:

$$m = 1115 \text{ g de disolución} * \frac{20 \text{ g de HNO}_3}{100 \text{ g de disolución}}$$

$$m = 223 \text{ g de HNO}_3$$

Esta masa se puede transformar a moles de soluto:

$$n = \frac{m}{PM}$$

$$n = \frac{223 \text{ g de HNO}_3}{63.01 \text{ g de HNO}_3 \text{ mol}}$$

$$n = 3.54 \text{ mol HNO}_3$$

Con este valor se puede calcular la molaridad:

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

$$M = \frac{3.54 \text{ mol } HNO_3}{1 \text{ L}}$$

$$M = 3.54 \text{ M}$$

**b. Una disolución de ácido nítrico 0.5 N**

El ion nitrato solo puede ceder un hidrógeno. En consecuencia, para este reactivo la normalidad es igual a la molaridad.

$$0.5 \text{ N} = 0.5 \text{ M}$$

**c. Una disolución de ácido nítrico 3.768 m (densidad = 1.1 g/mL)**

**Datos:**



Peso molecular = PM = 63.01 g/mol

Densidad =  $\rho$  = 1.1 g/mL

Molalidad = m = 3.768 moles de soluto/kg de disolvente

Como la molalidad es una propiedad intensiva se puede considerar una cantidad de disolvente de 1 kg = 1000 g.

**Resolución:**

A partir de la ecuación de molalidad se puede calcular el número de moles:

$$m = \frac{n}{m_{disolvente}}$$

$$n = m * m_{disolvente}$$

$$n = \frac{3.768 \text{ mol de soluto}}{\cancel{\text{kg de disolvente}}} * \cancel{1 \text{ kg de disolvente}}$$

$$n = 3.768 \text{ mol de soluto}$$

Este valor se puede transformar a gramos de soluto:

$$n = \frac{m}{PM}$$

$$m = n * PM$$

$$m = 3.768 \text{ mol de soluto} * 63.01 \frac{\text{g de soluto}}{\text{mol de soluto}}$$

$$m = 237.42168 \text{ g de soluto}$$

Con la fórmula de la densidad se puede obtener el volumen de la disolución:

$$\rho = \frac{m \text{ de disolución}}{V \text{ de disolución}}$$

$$V \text{ disolución} = \frac{m \text{ de disolución}}{\rho}$$

$$V \text{ disolución} = \frac{m \text{ del soluto} + m \text{ del disolvente}}{\rho}$$

$$V \text{ disolución} = \frac{237.42168 \text{ g de soluto} + 1000 \text{ g de disolvente}}{1.1 \frac{\text{g de disolución}}{\text{mL de disolución}}}$$

$$V \text{ disolución} = \frac{1237.42168 \text{ g de disolución}}{1.1 \frac{\text{g de disolución}}{\text{mL de disolución}}}$$

$$V \text{ disolución} = 1124.9288 \text{ mL de disolución}$$

Finalmente, a partir de la ecuación de molaridad:

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

$$M = \frac{3.768 \text{ mol de soluto}}{1.1249288 \text{ L de disolución}}$$

$$M = 3.35 \text{ M}$$

¿Qué tal le pareció este ejercicio? Es posible que a primera instancia le pareció un poco complicado, pero sin duda que al momento de revisarlo le resultó muy sencillo. ¡Le felicito por el trabajo realizado!

Estimado estudiante, le invito a reforzar sus conocimientos, participando en las siguientes actividades:



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Empleando el REA 3: [Molarity](#) disponible en la plataforma PHET, determine la concentración en términos de molaridad en la cual se obtiene una solución saturada para cloruro de cobalto, dicromato de potasio, cloruro de oro, cromato de potasio, sulfato de cobre (II), permanganato de potasio. Esta actividad le permitirá:

- Comprender la definición de una disolución saturada.
- Conocer la concentración de saturación para diversos compuestos químicos.

Para el desarrollo de esta actividad en el REA 3 [Molarity](#) debe seleccionar cada uno de los reactivos y adicionar paulatinamente hasta encontrar la cantidad en moles con la cual se logra saturar la solución, es recomendable que compare el valor encontrado con un dato de bibliografía.

Ahora, es momento de verificar el nivel de comprensión del tema Disoluciones, para lo cual le invito a desarrollar **autoevaluación 2**.



## Autoevaluación 2

Instrucciones: para las preguntas del 1 al 8, lea detenidamente los enunciados, examine las opciones de respuesta y seleccione la opción u opciones de respuesta(s) correcta(s). En cambio, para las preguntas 9 y 10, empareje las opciones que se detallan de acuerdo a lo que se solicita en el enunciado respectivo.

1. Para cualquier reactivo químico, la normalidad es siempre mayor o igual que la molaridad.
  - a. Verdadero.
  - b. Falso.
2. La solución en la cual se logró disolver la cantidad máxima de un reactivo se conoce como:
  - a. Disoluciones saturadas.
  - b. Disoluciones no saturadas.
  - c. Disoluciones sobresaturadas.
  - d. Disoluciones concentradas.
3. Una solución saturada de sacarosa se puede convertir en sobresaturada cuando:
  - a. Incrementamos la temperatura.
  - b. Disminuimos la temperatura.
  - c. Aumentamos la cantidad de soluto.
  - d. Disminuimos la cantidad de soluto.
4. Una disolución está compuesta por:
  - a. Coloide.
  - b. Dispersor.
  - c. Disolvente.
  - d. Sólido.

5. Para una muestra en estado líquido, las partes por millón son iguales a:
- $\mu\text{g/mL}$
  - $\text{mg/L}$
  - $\text{g/L}$
  - $\mu\text{g/L}$
6. El límite máximo de plomo en pescado es 0.3 mg/kg, valor equivalente a:
- $3 \times 10^{-5} \%$
  - $3 \times 10^4 \%$
  - 0.003 %
  - 30 %
7. La definición "Número de moles de soluto presentes por cada litro de disolución", corresponde a:
- Molalidad.
  - Molaridad.
  - Molón.
  - Normalidad.
8. Cuál de las siguientes expresiones de concentración depende de la reacción en la cual intervenga el reactivo:
- Molalidad.
  - Molaridad.
  - Molón.
  - Normalidad.
9. Empareje cada expresión química de concentración con el símbolo correspondiente.
- |                    |       |
|--------------------|-------|
| a. Molalidad.      | 1. X. |
| b. Molaridad.      | 2. N. |
| c. Normalidad.     | 3. M. |
| d. Fracción molar. | 4. m. |

10. Empareje cada expresión química de concentración con el símbolo correspondiente.
- |                    |  |
|--------------------|--|
| a. Molalidad.      | 1. Número de moles de soluto por litro de disolución.                      |
| b. Molaridad.      | 2. Equivalentes-gramos de soluto por litro de disolución.                  |
| c. Normalidad.     | 3. Número de moles de soluto por moles totales presentes en la disolución. |
| d. Fracción molar. | 4. Número de moles de soluto por kilogramo de disolvente.                  |

Ha concluido con la unidad 2 de la guía didáctica, con seguridad el tema estudiado le hizo comprender que en algunas de las actividades que realiza diariamente emplea los conceptos de disoluciones. Para la próxima semana conocerá las técnicas clásicas instrumentales como la gravimetría, la cual se basa en el peso para determinación de un analito.

[Ir al solucionario](#)



## Semana 6

Bienvenido a una nueva semana de estudio, hasta el momento usted conoce cuáles son las etapas de un proceso analítico para determinar de manera cualitativa y cuantitativa un analito de interés en una muestra dada, las normas de seguridad que debe tener en un análisis de laboratorio para obtener resultados correctos y reproducibles y la forma de preparar soluciones en las diferentes unidades de concentración. En esta semana, se empieza una nueva unidad, en la cual se revisará el tema de gravimetría y los tipos que se pueden presentar en un análisis químico. Para Robert Collier, el éxito es la suma de pequeños esfuerzos, repetido día tras día. Le animo a tener presente este refrán, con seguridad el tema le va a interesar.

### Unidad 3. Gravimetría y técnicas gravimétricas



Antes de iniciar con este tema es indispensable conocer las características que definen a un análisis de gravimetría y cómo se realizan los cálculos en cada una de las técnicas gravimétricas. En este sentido, le invito a leer los temas **12.1 Definiciones**, y **12.2 Cálculos gravimétricos**, del texto básico Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). Lo que le permitirá conocer el principio de este tipo de análisis, así como las formas de calcular y obtener el resultado deseado.

El analista químico puede aplicar varias herramientas analíticas para medir la concentración de un analito en una muestra. Una de ellas es la gravimetría. *¿Conoce usted de qué trata esta técnica?* Si aún no ha escuchado el término, durante el desarrollo de esta unidad se lo explico con algunos ejemplos de aplicación, así que con la mayor predisposición iniciamos.

#### 3.1. Definiciones

Según Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) la gravimetría es una técnica de análisis que se basa en el peso de cada uno de los componentes que se encuentran en una muestra determinada. Por lo tanto, el único equipo especial que se requiere es una *balanza de precisión*, que esté correctamente calibrada por los organismos pertinentes del Ecuador, como

por ejemplo el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, INEN. En la **figura 12** puede observar una balanza analítica del laboratorio de docencia del Departamento de Química de la Universidad, la cual es utilizada por los estudiantes.

**Figura 12.**  
*Balanza analítica*



En la **figura 12** se puede apreciar que la balanza analítica proporciona la masa (ya sea en gramos, miligramos o microgramos) de una o varias muestras con cuatro cifras significativas, lo que significa que el equipo presenta una alta resolución. **¿Qué es la resolución de cualquier equipo analítico? ¿Lo sabe?** Si no tiene claro este término, se lo explico a continuación. La resolución indica la precisión mínima de cualquier medida, mientras más decimales se tenga los resultados son más precisos y con un margen de error mínimo.

Entre algunos ejemplos en los cuales se realiza un análisis gravimétrico se puede nombrar la determinación de: cenizas en muestras como alimentos o arcillas, humedad en especies vegetales, alimentos o suelos, cálculos de rendimiento en especies vegetales, productos mineralógicos o alimentos.

Cabe mencionar que, para llevar a cabo un análisis de determinación de humedad en una muestra se deben tomar en cuenta ciertos aspectos relevantes en el procedimiento, como lo son:

1. Para la preparación de la disolución, anote el peso exacto de la muestra y el volumen necesario del solvente para la extracción del analito de interés para el estudio que esté realizando.

2. Realice los procesos necesarios como precipitación, digestión, decantación, filtración o lavado para obtener el analito en estudio, según sea el caso.
3. Luego seque en una estufa a 100°C el producto obtenido del numeral 2 por un tiempo de 1 hora.
4. Transcurrido este tiempo, realice el pesaje de la muestra o producto final. Anote todos los decimales proporcionados por la balanza.
5. Realice los cálculos gravimétricos correspondientes para la cuantificación del analito, utilice una fórmula adecuada para el cálculo según el análisis y metodología realizada.

Estos son algunos de los puntos más importantes que un analista debe tomar en cuenta al momento de realizar su análisis, con ello asegura que los resultados sean correctos y confiables.



Al realizar una lectura comprensiva del documento [Análisis Gravimétrico](#) páginas desde la 8 hasta la 12, acerca de los métodos experimentales en el análisis gravimétrico, usted conocerá algunos ejemplos prácticos de laboratorio con los cuales profundizará sus conocimientos en esta temática.

**¿Qué le llamó más la atención?** Con seguridad la determinación de humedad en galletas y la importancia que tiene el cumplir con este parámetro crítico que influye en la textura del producto. Para ello, el color de la galleta cumple un papel relevante, con lo cual se obtiene la intensidad de color de la misma, traduciéndose a un valor numérico de unidades de color, que junto al análisis de humedad se consigue una curva de calibración con el que se tiene los resultados de humedad de la galleta. **¡Qué interesante verdad!**

### 3.2. Cálculos gravimétricos

Para Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) un análisis gravimétrico se basa en el principio de conservación de la materia, en el que intervienen la masa inicial de la muestra y la masa del analito de interés obtenido a partir de la muestra. En la unidad 1 se estudió la definición de analito, para recordarla diríjase al apartado 1.1.

Cabe indicar que, normalmente los resultados de un análisis gravimétrico se expresan en porcentaje en peso (%p/p). En el **ejercicio 9** se explica cómo se determina el % de cenizas de una muestra de harina, que corresponde a la cantidad de materia inorgánica o mineralógica que tiene. Pero antes de ello, le invito a revisar el recurso dinámico **Determinación de Cenizas en Harinas - ejercicio** que le permitirá conocer el protocolo del análisis.

### Determinación de Cenizas en Harinas

Para que se lleve a cabo este ensayo se necesitan equipos como la balanza analítica, reverbero eléctrico y mufla, y materiales como pinzas, espátula, desecador y crisoles de porcelana. La metodología es sencilla, se realiza el protocolo descrito en la [Norma INEN 527: Harinas de origen vegetal](#).

[Determinación de las cenizas insolubles en ácido](#) (INEN, 2010), del cual se obtuvieron los datos para determinar el porcentaje de cenizas.

### Ejercicio 9



Se tiene una muestra de Harina de Trigo de la cual se pesaron en un crisol 0.5639 gramos. Es necesario conocer que el peso del crisol vacío es de 17.4851 gramos. La muestra se sometió a incineración en el reverbero eléctrico hasta la eliminación de todo el CO<sub>2</sub> presente y luego se colocó en la mufla a 600°C por 3 horas. Transcurrido este tiempo, se enfriaron en el desecador para su posterior pesado, dando un valor del crisol con las cenizas de 17.4892 gramos. ¿Cuál es el % de cenizas de la muestra en estudio?

#### Resolución:

Para resolver el ejercicio, le recomiendo anotar los datos que se le proporciona:

Datos:

$$\text{Peso de crisol vacío} \rightarrow P = 17.4851 \text{ g}$$

$$\text{Peso del crisol con cenizas} \rightarrow P = 17.4892 \text{ g}$$

$$\text{Peso de la muestra} \rightarrow M = 0.5639 \text{ g}$$

Luego aplique la fórmula de cálculo para la determinación de cenizas descrita en la Norma INEN 527 (2010):

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P - p}{M} * 100$$

$$\% \text{ cenizas} = \frac{17.4892 \text{ g} - 17.4851 \text{ g}}{0.5639 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ cenizas} = 0.73\%$$

Como puede observar el contenido de cenizas en la muestra de harina de trigo es del 0.73%, lo que significa que es una fuente con contenido mineral. Finalmente, para culminar la resolución del problema se requiere que el dato obtenido se compare con alguna norma que permita asegurar que el % de cenizas está dentro de los límites permisibles para la muestra en estudio, para ello le recomiendo revisar la [Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616. Harina de Trigo. Requisitos \(INEN, 2015\)](#).

Seguro que luego de realizar la lectura de la Norma INEN 616, usted puede asegurar que el resultado del porcentaje de cenizas se encuentra dentro del límite máximo que es de 0.75% para el caso de harinas panificables, con lo cual el resultado obtenido es correcto y cumple con los requisitos.



Revise y analice el video de YouTube [Determinación de Cenizas](#), el cual explica paso a paso cómo se debe realizar un análisis de laboratorio para la determinación de cenizas en alimentos.

*¿Qué tal le pareció el video? Fue muy ilustrativo ¿verdad?* Seguro que el tema quedó más claro y le ayudó a conocer como se realiza un análisis gravimétrico teniendo como base la medida de la masa o peso.



Semana 7

Continúe con una nueva semana de estudio del interesante mundo del análisis gravimétrico, es posible que en la revisión de los temas previos, le surja la inquietud sobre *¿Qué aplicaciones tiene la gravimetría?* Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) afirman que dentro de las aplicaciones analíticas la gravimetría de precipitación presenta gran variedad de agentes

precipitantes inorgánicos y orgánicos con carácter cuantitativo, sobre todo en aguas naturales y residuales. A continuación, aprenderá sobre las técnicas de gravimetría utilizadas en un análisis químico.

### 3.3. Técnicas de gravimetría

Según Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) las técnicas gravimétricas se distinguen en dos grupos: las que se basan en procesos físicos (particulada y de volatilización) y en las que se dan reacciones químicas (de precipitación y una parte de la de volatilización). Para que tenga claro algunos conceptos de este tema, le invito a leer el subcapítulo **12.3 Técnicas gravimétricas** del texto básico, lo que le permitirá una mejor comprensión de lo que se va a explicar.

#### 3.3.1. Gravimetría de volatilización

Khan Academy (**figura 13**) es una plataforma del libre acceso, en la cual el estudiante con solo crear una cuenta tiene acceso a información sobre el tema de gravimetría de volatilización. Esta información será de utilidad en su aprendizaje autónomo.

**Figura 13.**

*Plataforma Khan Academy*

The screenshot shows the Khan Academy homepage with a dark blue header. On the left, there's a sidebar with navigation links: 'Cursos' (Courses), 'Buscar' (Search), a magnifying glass icon, the 'Khan Academy' logo, 'Natali Solano' (user profile), and a 'Asignar' (Assign) button. The main content area has a white background. At the top right of the main area, there's a 'Cursos' dropdown menu. Below it, a breadcrumb trail reads: Ciencia > Química avanzada (AP Chemistry) > Estequiometría y composición molecular > Estequiometría de reactivo limitante. To the right of the breadcrumb trail, a large heading says 'Introducción al análisis gravimétrico: gravimetría por volatilización'. Below the heading, a subtext reads: 'Introducimos la gravimetría por volatilización y la gravimetría por precipitación. Damos un ejemplo de cómo usar gravimetría por volatilización para determinar la pureza de una mezcla de hidrato de metal.' There are social sharing icons for Google Classroom, Facebook, Twitter, and Correo electrónico. In the bottom right corner of the main content area, there's a small note: '• ¿cuál es la concentración del analito en la solución?'.

Nota. Adaptado desde Khan Academy (2021)

Para Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) este tipo de gravimetría consiste en determinar el analito luego de ser separado de la muestra

inicial ya sea mediante una reacción química o empleando energía térmica adecuada.

La gravimetría de volatilización puede realizarse mediante métodos directos e indirectos, en ambos casos es necesario conocer los productos formados de la reacción.

a. *Métodos directos*

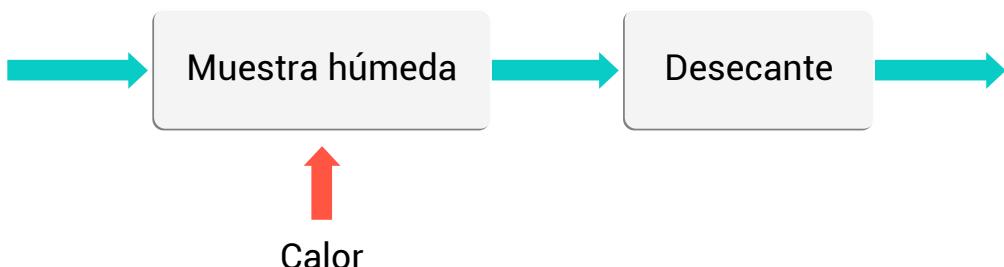
Aquí el analito buscado se desprende en forma gaseosa y este producto volátil se recoge sobre un adsorbente para luego ser pesado. *¿Ha escuchado el término volátil?* Sí, tal vez coincido con su definición, pues una fracción es volátil siempre y cuando sea fácil de evaporar, como es el caso de los solventes orgánicos (diclorometano, hexano, entre otros).

A continuación, se citan algunos ejemplos de gravimetrías de volatilización por el método directo:

- Determinación de la humedad de una muestra aplicando calor y captando el vapor de agua con una gente desecante, como se explica en la **figura 14**.

**Figura 14.**

*Determinación de humedad de una muestra por volatilización directa*



*Nota.* Adaptado desde Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015)

- Determinación de carbonatos o bicarbonatos en una muestra utilizando un exceso de ácido y captando el CO<sub>2</sub> desprendido mediante una sosa cáustica (NaOH).
- Determinación de metales y cenizas en una muestra orgánica.
- Determinación de sólidos disueltos y en suspensión en muestras de aguas naturales y residuales.

## b. *Métodos indirectos*

Este tipo de métodos son fáciles de realizar, en el cual se calcula el peso del producto volatilizado por diferencia, es decir, intervienen las masas de la muestra original y la que sufre el proceso de volatilización. Entre algunos de los ejemplos que Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) cita se encuentran:

- Determinación de la humedad de una muestra mediante una lámpara de infrarrojo o estufa de secado.
- Determinación de sílice en muestras de aguas y minerales.



Diríjase al texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) y analice la **actividad propuesta 12.3**. Este ejercicio planteado le ayudará a comprender como se realizan los cálculos en un tipo de gravimetría por volatilización indirecta. Anote en su cuaderno las inquietudes que tenga sobre el ejercicio y consulte con su profesor.

*¿Qué tal le pareció el problema planteado?* No fue difícil su resolución, ¿verdad? Cabe mencionar que siempre debe tomar en cuenta todos los datos del ejercicio, analizar a que corresponden y utilizar las fórmulas correctas, las cuales se las indico a continuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m(H_2O)}{\text{Masa muestra húmeda}} * 100$$

$$\% \text{ Materia orgánica} = \frac{m(\text{materia orgánica})}{m(\text{masa muestra seca})} * 100$$

$$m(\text{materia orgánica}) = m(\text{muestra seca}) - m(\text{cenizas})$$

Tenga en cuenta que, para obtener el valor de la muestra seca primero se calcula la masa de agua, el cual es restado de la muestra original. Seguro que está más clara la forma de realizar este tipo de gravimetría y sobre todo los cálculos para los resultados, continúe con la siguiente gravimetría.

### 3.3.2. Gravimetría de precipitación

Para Skoog et al. (2015) es la técnica más usada en análisis químico que consiste en transformar el analito de interés en un precipitado insoluble que se separa del resto de la disolución por algún procedimiento de laboratorio como la filtración, para luego ser secado y finalmente pesado. Este análisis se relaciona con la estequiométría de la reacción o el factor gravimétrico.

Cabe mencionar que para la formación del precipitado es necesario agregar el agente precipitante, y según Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) para que los resultados no sean erróneos en este tipo de gravimetría se deben cumplir con algunas condiciones como:

1. Baja solubilidad, alta pureza, composición conocida, tamaño de partícula adecuado y estabilidad del precipitado.
2. El precipitado debe ser fácil de separar del medio reaccionante empleando un proceso de laboratorio sencillo, como la filtración.

Para una mejor comprensión de este tema se desarrolla el siguiente **ejercicio 10**, en donde se explican los cálculos gravimétricos por precipitación. Analice cada paso que se realiza.

#### Ejercicio 10

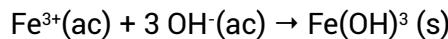


Una muestra de 0.87 g de un mineral de Fe se disuelve en medio ácido y después de oxidar el metal al estado Fe(III), se precipita como  $\text{Fe(OH)}_3$ . Posteriormente, la calcinación del hidróxido produce un residuo de 0.8862 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Determine el% Fe p/p en la muestra.

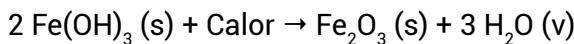
#### Resolución:

Primeramente, es indispensable que anote las reacciones químicas que se pueden dar en el proceso:

*Precipitación:*



*Calcinación:*



Como se puede observar, la estequiometría de la reacción indica que 1 mol  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  proviene de 2 moles de Fe.

Luego, obtenga la masa en gramos de Fe, utilizando los datos del problema y los pesos moleculares de los compuestos.

$$m(\text{Fe}) = 0.8862 \text{ g } \text{Fe}_2\text{O}_3 * \frac{1 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3}{159.69 \text{ g } \text{Fe}_2\text{O}_3} * \frac{2 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol } \text{Fe}_2\text{O}_3} * \frac{55.85 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 0.6199 \text{ g}$$

Finalmente, calcule el porcentaje de Fe presente en la muestra de mineral inicial.

$$\% \text{Fe} \left( \frac{p}{p} \right) = \frac{0.6199 \text{ g Fe} * 100}{0.87 \text{ g}} = 71.25\%$$

La respuesta a este problema muestra que más del 70% de Fe está presente en el mineral en estudio, con ello el ejercicio ha concluido y usted tiene más claro el tema sobre la gravimetría de precipitación.

### 3.3.3. Gravimetría de aislamiento o particulada

Según Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015) en esta técnica se recupera el analito, mismo que se separa de la muestra mediante procesos de extracción o filtración. La masa de este producto proporciona una medida de la concentración del analito.

*¿Conoce qué es el proceso de extracción?*

Diariamente, usted ha realizado procesos de extracción, cuando realiza un té o filtra café. Como puede darse cuenta, para extraer una sustancia se utiliza un disolvente, que en este caso es el agua. *¿Qué sucede cuando coloca una bolsa de té en una taza de agua caliente?* Exactamente... coincido con su respuesta, el agua extrae los compuestos del té (flavonoides, catequoles, taninos catéquicos y ácidos fenólicos) y obtiene una infusión que tiene algunas propiedades medicinales.

Es preciso mencionar, que en un análisis químico los disolventes utilizados son de carácter orgánico sean estos polares (diclorometano, cloroformo, tetracloruro de carbono, metanol) o apolares (hexano, tolueno, éter dietílico) y se emplean para extraer compuestos de interés en cualquier matriz. Luego, mediante procedimientos de filtración y evaporación se elimina el

solvente y el extracto final obtenido es pesado, con este dato se puede calcular su rendimiento, cuya fórmula es:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{g de extracto obtenido}}{\text{g de materia seca}} * 100$$



Revise y analice el video de YouTube [Métodos de extracción](#) mediante el cual conocerá algunos métodos que se utilizan para extraer compuestos de interés, mismos que pueden tener algún tipo de actividad biológica, antifúngica, antioxidante, entre otras.

Estuve muy interesante el video. *¿Qué le llamó la atención?* Seguramente, como se realiza una maceración de una especie vegetal y el tiempo que se requiere para lograr una buena extracción del analito que es de interés. Puede aplicar experimentos caseros con sustancias que usa diariamente, así comprenderá de mejor manera el tema de gravimetría.

Ahora, continuemos con el aprendizaje mediante su participación en las actividades que se describen a continuación:



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Una vez finalizada la última unidad del primer bimestre y para afianzar los conocimientos sobre el análisis gravimétrico, le recomiendo que:

- Observe y analice el video de YouTube [Extracción de cafeína](#), el cual explica conceptos y el procedimiento para obtener cafeína a partir del té. Le sugiero realizar un mapa conceptual sobre la metodología empleada en este experimento, con seguridad le facilitará su comprensión.
- Finalmente, en el video se muestra un protocolo sencillo y de forma casera para extraer cafeína del té, le invito a realizarlo en casa y compartirlo con su profesor, esto le ayudará a entender la gravimetría y sobre qué no hay barreras si se quiere aprender.

Indudablemente, esta tarea didáctica le permitió afianzar los conocimientos adquiridos en esta unidad. Con el experimento casero, usted mejoró sus

habilidades de trabajo práctico y claramente puede resumir las técnicas de gravimetría con los cálculos respectivos. Con esto se culmina la Unidad 3, motivo por el cual le invito a desarrollar la **autoevaluación 3** para evaluar su avance.



## Autoevaluación 3

Instrucciones: para las preguntas del 1 al 9, lea detenidamente los enunciados, analice las opciones de respuesta y seleccione la opción correcta. Por otro lado, para la pregunta 10, empareje las opciones que se detallan de acuerdo a lo que se solicita en el enunciado respectivo.

1. Del siguiente listado ¿qué material de laboratorio no se utiliza en un análisis gravimétrico?
  - a. Pipeta.
  - b. Espátula.
  - c. Crisol.
  - d. Pinza para crisol.
2. ¿En qué equipo se calcina una muestra para obtener cenizas?
  - a. Reverbero.
  - b. Estufa de vacío.
  - c. Mufla.
  - d. Cámara de secado.
3. La gravimetría es una técnica de análisis que se basa en:
  - a. El volumen de un solvente.
  - b. La extracción de un compuesto.
  - c. El peso de los componentes de una muestra.
  - d. La naturaleza de los compuestos de una muestra.
4. Del siguiente listado ¿cuál no pertenece a un análisis gravimétrico?
  - a. Determinación de las cenizas de un alimento.
  - b. Determinar la humedad de una planta.
  - c. Determinar sólidos en suspensión en aguas residuales.
  - d. Determinar acidez en una muestra de leche.

5. Es importante determinar la humedad en una galleta, porque esta influye en:
- El color.
  - La textura.
  - El sabor.
  - El olor.
6. El porcentaje de cenizas en una muestra de alimentos indica:
- El contenido mineral del alimento.
  - Su composición orgánica.
  - El contenido antioxidante.
  - Su contenido fenólico.
7. Revise la Norma INEN 616. Harina de Trigo. Requisitos y escoja ¿cuál es el % máximo de humedad para una harina que se usaría en panificación?
- 12%
  - 13.5%
  - 14.5%
  - 15%
8. La técnica gravimétrica en la que no ocurren reacciones químicas es:
- Volatilización.
  - Precipitación.
  - Particulada.
9. Del siguiente listado ¿cuál no es un solvente apolar?
- Diclorometano.
  - Hexano.
  - Metanol.
  - Agua.

10. En la columna de la izquierda se detallan 3 funciones, empareje con el tipo de gravimetría que corresponde.
- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| a. Determina el analito luego de ser separado de la muestra inicial empleando energía térmica.                         | 1. Gravimetría de precipitación.  |
| b. Transforma el analito en un precipitado insoluble que se separa de la disolución por filtración, se seca y se pesa. | 2. Gravimetría de aislamiento.    |
| c. Recupera el analito, mismo que se separa de la muestra mediante procesos de extracción o filtración.                | 3. Gravimetría de volatilización. |

Finalizó el aprendizaje de la unidad 3, no olvide que puede comparar sus respuestas con las del solucionario que se encuentran al final de la guía didáctica, esto le permitirá medir el nivel de sus conocimientos en esta interesante técnica, como lo es la gravimetría.

[Ir al solucionario](#)



## Actividades finales del bimestre



### Semana 8

---

Durante este primer bimestre se han revisado las bases del análisis químico, preparación de disoluciones químicas y se contempló el primer tipo de análisis como es la gravimetría. Concluidos estos temas, que sin duda le parecieron muy interesantes, es necesario recapitular y prepararse para la evaluación presencial, para ello le invito a utilizar los distintos recursos educativos abiertos contemplados en este bimestre. Además, es necesario desarrollar una serie de ejercicios, motivo por el cual le recomiendo revisar todas las actividades propuestas disponibles en el texto básico y que en esta guía se han ido vinculando

*No tenga duda, que todo lo que amerita un esfuerzo tendrá una recompensa. En este sentido, el tiempo y constancia que le ha dedicado a esta asignatura durante este primer bimestre se evidenciará en una excelente calificación en su evaluación presencial.*

**¡Muchos Éxitos!**



## Segundo bimestre

### Resultado de aprendizaje 1 y 2

- Aplica los conocimientos de análisis químico moderno mediante instrumentos que ayuden a obtener información cualitativa acerca de la composición de una muestra determinada.
- Aplica las técnicas analíticas instrumentales para la cuantificación de los componentes químicos de muestras de interés y medios biológicos, analizar y discutir de manera correcta los resultados.

Los análisis químicos se clasifican de forma general en gravimétricos, volumétricos e instrumentales, estos se basan en la medida de la masa, volumen o una señal para determinar la concentración de un analito en una muestra, respectivamente. Estas dos últimas técnicas se revisarán en el segundo bimestre. Con la finalidad de alcanzar los resultados de aprendizaje propuestos se utilizarán una serie de estrategias didácticas como son la gamificación, uso de simuladores, el video como recurso educativo, entre otros. No tenga duda que los siguientes temas le van a llamar mucho la atención. ¡Éxitos, recuerde que todo esfuerzo siempre tiene su recompensa!

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



### Semana 9

Finalizado el primer bimestre, usted es capaz de preparar una disolución química, y expresar la concentración de forma tanto cualitativa como cuantitativa. Sin embargo, al preparar una disolución en el laboratorio no siempre se mide exactamente la masa del soluto. Razón por la cual en este segundo bimestre, se revisará el análisis volumétrico, técnica que permite estandarizar estas soluciones antes de su uso en reacciones químicas. ¡Adelante!

## Unidad 4. Análisis Volumétrico

---

El análisis volumétrico es la técnica analítica cuantitativa que se fundamenta, en la medición del volumen del analito de interés o de un reactivo que ha reaccionado estequiométricamente con el analito de interés, y de esta manera determinar su concentración en una muestra. Los análisis volumétricos se clasifican en función a la forma de realizar la cuantificación del analito como: titrimetría, medida directa y gasometría. Sin embargo, la titrimetría es el tipo más utilizado, razón por la cual se revisará profundamente este tipo de volumetría.

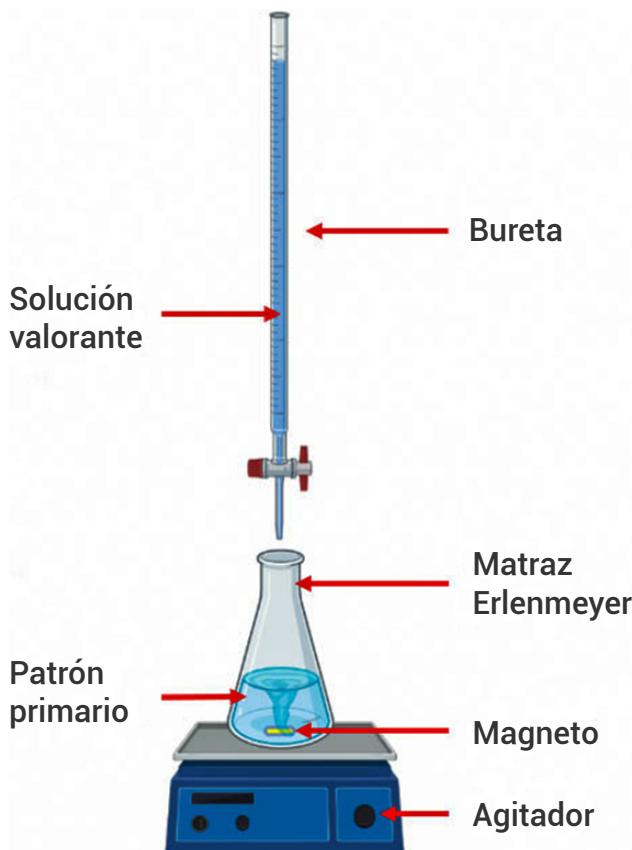


Es momento de iniciar con el estudio del análisis volumétrico, motivo por el cual le invito a realizar una lectura comprensiva del **Capítulo 7. Análisis volumétrico** disponible en el texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). Lo que le permitirá comprender cómo se realiza la normalización de un reactivo químico. Además, presenta muy claramente conceptos básicos como patrón primario, punto de equivalencia, punto final, indicador, entre otros. Finalmente, se presentan las etapas del procedimiento experimental.

¿Cómo le fue con la lectura? Seguro que le permitió comprender las etapas del procedimiento experimental. Entre estas, se contempla la **preparación de la solución valorante**, tema que lo revisamos en la segunda unidad. El siguiente paso es la **normalización**, conocido también como estandarización, y que consiste en determinar la concentración real de la solución valorante. En la **figura 15** se representan los elementos tanto de materiales como de reactivos que intervienen en la normalización (estandarización).

## Figura 15.

Configuración de materiales y reactivos para la normalización de una solución valorante



Nota. Figura realizada con la aplicación [bioRENDER](#)

Como pudo observar en la **figura 15**, los materiales y equipos que se utilizan son una bureta, magneto, matraz Erlenmeyer y agitador. En cambio, los reactivos que intervienen son solución valorante y patrón primario. En este sentido, la solución valorante depende del tipo de titrimetría: neutralización, precipitación, complejación u óxido reducción. Y a su vez, el patrón depende de la solución valorante utilizada. En la Tabla 5. se presenta un ejemplo de solución valorante y el patrón primario correspondiente por cada tipo de titrimetría.

**Tabla 5.**

*Lista de soluciones valorantes y el patrón primario utilizado para su estandarización*

Tipo de volumetría	Disolución Valorante	Patrón primario
Neutralización	NaOH	Ftalato ácido de potasio
Precipitación	Nitrato de plata	Cloruro de sodio
Complejación	EDTA	Carbonato de calcio
Óxido- Reducción	Tiosulfato de sodio	Dicromato de potasio

*Nota.* Adaptado de la AOAC (2003).

La siguiente etapa del procedimiento experimental es **Cálculo previo de la cantidad de muestra**, con esta operación matemática se busca que la concentración de la muestra sea tal, que para completar la titrimetría sea necesario un volumen de solución valorante mayor o igual a 33 mL y menor a 40 mL, en el caso que se utilice una bureta de 50 mL. Este cálculo se explicará en el tema **Volumetría de Precipitación**. Cabe indicar, que esta etapa no es obligatoria de realizar, este tiene la finalidad de tener un volumen aproximado de la solución valorante para alcanzar el punto final de la reacción, y de esta manera establecer si es necesario diluir o no la muestra antes de su análisis.

Una vez que se ha determinado la cantidad de muestra analizada, se comienza a realizar la **valoración de la muestra**, la configuración de los materiales y equipos se presentan en la **figura 15**, pero con la diferencia que se cambia el patrón primario por la alícuota de la muestra o de su dilución. Esta valoración se detiene cuando se alcance el punto final, momento en el cual el indicador cumple su función.

Con los datos recopilados durante la valoración se realiza el **cálculo de la concentración de la muestra problema**. Para realizar este cálculo es indispensable conocer la reacción química, balancearla y calcular la cantidad de moles de la solución valorante necesarios para alcanzar la estequiometría. Finalmente, se debe realizar el **tratamiento estadístico y expresión del resultado final**, punto donde se aplicará los conocimientos adquiridos en el tema **1.4. Interpretación estadística de datos**, revisado en la segunda semana de esta asignatura. Con esto se concluye la presente semana, es posible que tengan algunas dudas de las etapas mencionadas, pero no se preocupe que cada una de ellas se las revisarán con mayor detenimiento en los siguientes temas. Le felicito por la dedicación prestada

y le animo a continuar de esta manera. Es momento de descansar y recargar baterías.



## Semana 10

Luego de un descanso merecido, le invito a continuar con la misma energía el estudio de la volumetría de neutralización, titrimetría muy utilizadas en el análisis de acidez y basicidad de una infinidad de muestras.

### 4.1. Volumetría de Neutralización

Como su nombre lo indica este tipo de volumetrías se basan en una reacción que busca alcanzar un pH neutro, pudiendo partir tanto de un valor ácido como básico. Esta técnica permite determinar la concentración de un analito de naturaleza ácida o básica, por ejemplo, en la cuantificación de la acidez de la leche, acidez del suelo, evaluación de la basicidad de un jabón, etc.



Este tema se encuentra muy bien explicado en el Capítulo 8. **Volumetría de Neutralización** del texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015), motivo por el cual, es necesario se comience realizando una lectura comprensiva de los **apartados 8.8** este capítulo. Por favor, considerar que esta tarea involucra "la reconstrucción -integración, interpretación, reflexión y evaluación- del contenido más que del recuerdo literal de las palabras del texto" (Esquivel et al., 2016). En este apartado, se describe el procedimiento para calcular y medir el pH de una disolución, así como, la construcción de la curva de valoración. Finalmente, podrá encontrar varios ejemplos de aplicación de este tipo de volumetría. Sin duda alguna, este tema le va a llamar mucho la atención ¡Adelante!

¿Cómo le fue con la lectura? Que interesante poder predecir el pH en cualquier momento de la valoración. Recuerde, que en este tipo de análisis, el punto final de la reacción se determina en función al pH. Por ejemplo, en el análisis de la acidez una muestra, se debe adicionar la solución valorante (hidróxido de sodio) hasta que la muestra alcance un pH de 8.2, valor en el cual la fenolftaleína cambia de color transparente a rosado, y todos los compuestos ácidos presentes en la muestra serán neutralizados.

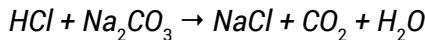
Como pudo observar en la **figura 15**, los materiales y equipos que se utilizan son una bureta, magneto, matraz Erlenmeyer y agitador. En cambio, los reactivos que intervienen son solución valorante y patrón primario. En este sentido, la solución valorante depende del tipo de titrimetría: neutralización, precipitación, complejación u óxido reducción. Y a su vez, el patrón depende de la solución valorante utilizada. En la **Error!** la autorreferencia al marcador no es válida. Se presenta un ejemplo de solución valorante y el patrón primario correspondiente por cada tipo de titrimetría.

Tabla 4, para estandarizar la solución valorante se debe utilizar un patrón primario. En este sentido, en el apartado **8.8.1. Patrones** pudo encontrar una serie de patrones primarios básicos y ácidos, que se utilizan para la normalización de una disolución de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, respectivamente. Específicamente en el primer caso se utiliza el carbonato de sodio, en cambio, para el caso del hidróxido de sodio el patrón más usado es el hidrógeno ftalato de potasio. A continuación, podrá encontrar las reacciones químicas

**Reacción 1** y **reacción 2** para ambos casos:

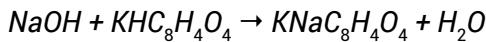
### Reacción 1

*Reacción química que se produce en la normalización del ácido clorhídrico*



### Reacción 2

*Reacción química que se produce en la normalización del hidróxido de sodio*



Cabe indicar que antes de emplear la **reacción 1** y la **reacción 2** es necesario balancearlas por el método de tanteo. Por otra parte, para identificar el punto final es necesario utilizará un indicador, reactivo químico que a un determinado valor de pH cambia de color. Con la finalidad de que conozca una lista de indicadores y sus rangos de pH de actuación, le animo a realizar una lectura comprensiva del apartado **8.8.2 Indicadores ácido-base**.

Cómo pudo observar en el **cuadro 8.3** se detallan el rango de pH donde una serie de indicadores cambian de color. Por ejemplo, el anaranjado de metilo que se utiliza en la **reacción 1** cambia de color de amarillo a color naranja a un pH de 4.4. En cambio, la fenolftaleína cambia de color transparente a rosado en un valor de pH de 8.2.



En el video [Naranja de Metilo. Indicador de pH](#) podrá observar el cambio de calor de este indicador según el tipo de pH del medio. En cambio, en el video [Fenolftaleína – Experimentos](#) se presenta el cambio de color de este indicador en un rango completo de pH.

Seguro que concuerda que estos videos son muy didácticos. En resumen, en la normalización del ácido clorhídrico el cambio de pH del naranja de metilo es desde amarillo hasta un color naranja (similar al color de la gaseosa Fanta). En la estandarización del hidróxido de sodio el cambio es de un transparente hasta alcanzar el primer rosa pálido. Recuerde que el indicador se lo selecciona en función a la curva de valoración.



Todo lo revisado hasta ahora son las bases para la aplicación de la volumetría en el análisis químico. En el tema **8.9 Aplicaciones analíticas** podrá encontrar una serie de utilidades de esta técnica para cuantificar una serie de analitos, en las que sobresale análisis de proteína en alimento. En este sentido, le invito a realizar una lectura comprensiva de este tema en el texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). ¡Adelante!

¿Qué tal le fue con la lectura? Como pudo observar en la **Actividad propuesta 8.7**, se describen los cálculos del análisis de acidez de un vinagre, donde utilizan un hidróxido de sodio con una concentración conocida de 0.1 M. En los cálculos de volumetría siempre va a existir un compuesto del cual se puede establecer las moles de este reactivo que ingresan en la reacción. Y a partir de la reacción, se puede establecer de manera estequiométrica las moles del reactivo problema. Es decir, en la normalización se conoce con certeza las moles del patrón primario. Mientras que, en el análisis de una muestra se conocen la cantidad de moles de la solución valorante.



Sin embargo, es posible que le surjan dudas del procedimiento de preparar la solución valorante y su estandarización. Motivo por el cual, le invito a visualizar el video [Simulador para preparación y estandarización de NaOH](#) donde podrá encontrar el cálculo detallado para preparación y estandarización de una disolución de hidróxido de sodio.

Sin duda le llamó mucho la atención que con una hoja de Excel se pueda construir un simulador. Y seguro que concuerda que es una herramienta muy didáctica. Con esta se culmina el tema de volumetría de neutralización, espero que le haya gustado y sobre todo que tenga claro las distintas aplicaciones analíticas de esta técnica. Finalmente, es importante mencionar que el procedimiento general de cálculos tanto de la estandarización como análisis de la muestra, se utilizará en los siguientes tipos de volumetrías a revisar en las próximas dos semanas. Es momento de descansar, le espero la siguiente semana con los temas de volumetría de precipitación y complejación. ¡Adelante, que cada semana es más interesante el estudio del Análisis Químico!



## Semana 11

---

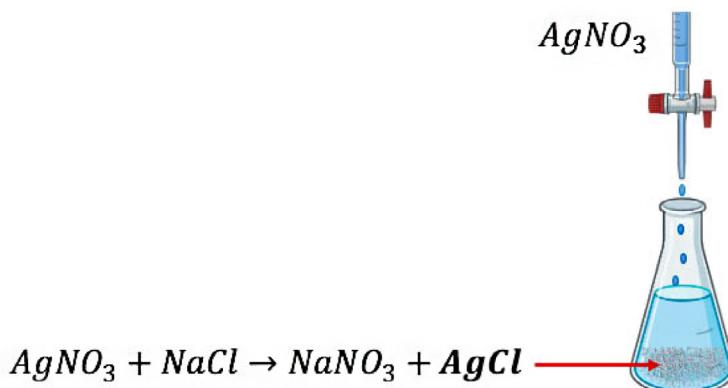
Luego de un merecido descanso y recargar baterías, en esta nueva semana de estudio se revisará los temas de volumetría de precipitación y complejación, técnicas que se utilizan para cuantificar la concentración de elementos químicos en muestras como agua o alimentos.

### 4.2. Volumetría de precipitación

Esta técnica se utiliza para cuantificar los haluros ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ), sulfatos e iones metálicos divalentes, para lo cual se utilizan como solución valorante disoluciones preparadas a partir de nitrato de plata, cloruro de bario y ferrocianuro, respectivamente. Como se presentó en la **Tabla 4** el nitrato de plata se normaliza utilizando cloruro de sodio como patrón primario. En la **figura 16** se explica el fundamento de la detección del punto final de la reacción.

## Figura 16.

Formación de los precipitados en la normalización del nitrato de plata



Nota. Figura realizada con la aplicación bioRENDER

Como pudo observar en la **figura 16**, el nitrato de plata reacciona con el cloruro de sodio para formar el primer precipitado correspondiente al cloruro de plata. Pero, en el momento donde se consume todo el cloruro de sodio el nitrato de plata reacciona con el cromato de potasio (indicador) para formar el segundo precipitado producto de la formación del cromato de plata, este compuesto tiene un color marrón rojizo que facilita la visualización del punto final de la reacción.



Con esta introducción, es momento de profundizar en el conocimiento de la volumetría de precipitación. Para ello, es necesario que realice una lectura comprensiva del tema **9.2 Valoraciones de precipitación** que lo podrá encontrar en el texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015).

¿Cómo le fue con la lectura? Muy interesante e importante el efecto que tiene el pH sobre las reacciones. Seguro que identificó que el pH óptimo está entre 6.5 a 10.5. Experimentalmente, para comprobar el pH de las muestras se utiliza unas tiras indicadoras de pH (**figura 3a**) y en caso de ser necesario se ajusta le pH con una sal de hidrógeno carbonato de sodio o bórax (Pujol Urban & Sánchez Rodríguez, 2015). Por otra parte, como pudo encontrar en la lectura existen tres métodos relacionados con la volumetría de precipitación como son:

Método de Mohr.- Procedimiento explicado en la **figura 16**.

1. Método de Volhard.- Volumetría por retroceso, en la cual se adiciona un exceso de nitrato de plata, de tal manera que reaccione con todo el analito y el resto de nitrato que no haya reaccionado se lo cuantifica con tiocianato de potasio.
2. Método de Fajans.- Se basa en el uso de un indicador que producen un cambio de color del precipitado. Se usa diclorofluoresceína para la determinación de cloruros, mientras que, la eosina es el indicador utilizado en la cuantificación de bromuros, yoduros y tiocianatos (Pujol Urban & Sánchez Rodríguez, 2015).

Con la finalidad de poder aclarar los cálculos de una volumetría de retroceso, en el siguiente recurso interactivo **Volumetría de precipitación – ejercicio** puede encontrar la resolución del ejercicio propuesto 8 en el capítulo 9 del texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015).

### [Volumetría de precipitación – ejercicio](#)

En la semana 9 se contempló las seis etapas del procedimiento experimental del análisis volumétrico. Dentro de estas, la tercera etapa contempla el **cálculo previo de la cantidad de muestra**.



En este sentido, le invito a revisar el video [Cálculo de la cantidad de muestra en una técnica volumétrica](#) donde podrá encontrar una explicación detallada de los cálculos necesarios para determinar la alícuota que se debe medir para que el volumen que se gaste de la solución valorante no supere la capacidad máxima de la bureta (normalmente 50 mL).

### 4.3. Volumetría de complejación

Hasta el momento se ha revisado la volumetría de neutralización y precipitación. Ahora, se revisará la volumetría de complejación que se utilizan para cuantificar la concentración de metales como: bario, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, magnesio, níquel, plomo, estroncio, talio y zinc (Pujol Urban & Sánchez Rodríguez, 2015).



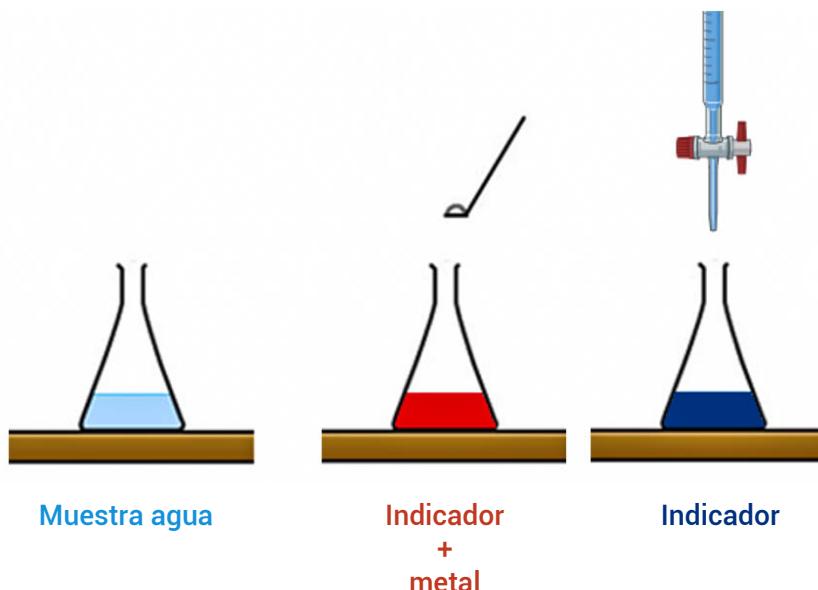
Con la finalidad de profundizar en el estudio de estas técnicas, le invito a realizar una lectura comprensiva de los apartados

**10.1 Equilibrios de complejación y 10.2 Valoraciones de complejación**, disponibles en el texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). En estos temas, se explica la formación de quelatos, complejos metal – EDTA, patrón primario e indicadores que se pueden utilizar en este tipo de titrimetrías. ¡Adelante, que estos temas sin duda le van a llamar mucho la atención!

Como pudo darse cuenta en la lectura realizada, existe una gran diferencia en la determinación de los puntos finales de las reacciones en las titrimetrías previamente revisadas. Brevemente, en la neutralización el punto final se detecta mediante un indicador que presenta un cambio de color en función al pH. Mientras que, en volumetría de precipitación, el punto final se evidencia con la aparición de un precipitado con un color característico. En cambio, en la volumetría de complejación, el punto final depende de la interacción del analito de interés (metal) con el indicador. En la **figura 17** se presenta como funciona el indicador en este tipo de titrimetrías.

**Figura 17.**

*Funcionamiento del indicador en una volumetría de complejación*



*Nota.* Figura realizada con la aplicación [bioRENDER](#)

Como se puede apreciar en la figura, al adicionar el indicador (Negro de eriocromo) a la muestra, se forma un complejo indicador-metal que provoca que la disolución presente en el Erlenmeyer tenga un color rojo. Sin embargo, a medida que se adiciona la disolución valorante (EDTA) el metal se libera del indicador, formándose el complejo EDTA-Metal. Cuando todo el metal presente en la muestra ha reaccionado con el EDTA, el indicador queda libre del metal y la disolución alcanza un color azul, momento en el que se alcanza el punto final de la reacción.



Luego de conocer el fundamento de esta técnica, es oportuno revisar las distintas aplicaciones, razón por la cual, le invito a que realice una lectura comprensiva del tema **10.3 Aplicaciones analíticas** disponible en el texto básico de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015).

¿Cómo le fue en la lectura? De seguro, integró algunos conocimientos como por ejemplo que, existen cinco tipos de valoraciones con EDTA: directas, por retroceso, por desplazamiento, indirectas y con enmascaramiento. En la **tabla 6** se resumen las principales características.

**Tabla 6.***Tipos de valoraciones en la titrimetrías de complejación*

Tipo	Principio	Metales
Directa	Se utiliza cuando el catión forma un complejo muy estable con el EDTA y existe un indicador apropiado.	Calcio
		Magnesio
Retroceso	Se añade un exceso de EDTA, y se valora el EDTA que no ha reaccionado con disolución de MgSO <sub>4</sub> .	Cobalto
		Níquel
Desplazamiento	Se adiciona una cantidad de quelato Mg-EDTA, el mismo que reacciona con el analito de interés formándose el complejo Metal-EDTA y liberándose el Mg. Finalmente, el Mg se analiza de forma directa.	Mercurio
		Plata
Indirectas	Cuando el EDTA no forma complejos estables con el analito de interés. Se hace reaccionar el analito de interés con una sal de bario, formándose un compuesto que precipita. Este precipitado se lo separa por filtración. A continuación, se adiciona un volumen de disolución de EDTA para que reaccione con el bario. Finalmente, el exceso de EDTA que no reaccionó se lo valora con una disolución de magnesio.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
		CN <sup>-</sup>
		PSO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
		F <sup>-</sup>
Na <sup>+</sup>		
Enmascaramiento	Cuando en la muestra contiene varios iones, uno de ellos se enmascara para dejar libre el analito, el cual es valorado. El mismo proceso se realiza sin el enmascarante y por diferencia se determina la concentración de ambos iones metálicos.	Iones metálicos que forman complejos estables con EDTA

Nota. Adaptado de Pujol Urban y Sánchez Rodriguez (2015).

Como pudo observar en la **tabla 6**, mediante estas técnicas volumétricas se pueden determinar una serie de metales como: calcio, magnesio, cobalto, níquel, mercurio, plata, entre otros. Sin embargo, esta alternativa no es muy específica, razón por la cual en el apartado 5.2. se revisará la Espectroscopía de Absorción Atómica, técnica instrumental ideal para el análisis de metales en diferentes matrices como alimentos, agua, suelos y rocas.

Con esto se concluye este tema, la siguiente semana se revisará el último tipo de volumetría conocido como óxido-reducción, y no se equivoca en este intervienen reacciones de óxido reducción. Muy bien, es momento de realizar una pausa en el estudio y recargar energía, le espero la siguiente semana.



Luego de un merecido descanso y seguro que recargó energía, en esta semana se revisará el último tipo de titrimetría como es la de óxido reducción, que abarca una serie de aplicaciones analíticas como son: permanganometrías, dicromatometrías y yodometrías. Adelante, que este tema a pesar de su ligera complejidad resulta extremadamente interesante. ¡Ánimo, todo esfuerzo es recompensado!

### 4.4. Volumetría de óxido reducción



En las volumetrías de óxido reducción existe una transferencia de electrones de una especie a otra. Antes de adentrarse en este tipo de reacciones es necesario recordar una serie de definiciones que son pilar fundamental para comprender el principio de estas titrimetrías. En este sentido, es necesario comenzar con una lectura comprensiva del tema 11.1. **Definiciones** disponible en el texto de Pujol y Sánchez (2015). ¡Adelante!

¿Cómo le fue con la lectura? Sin duda comprendió la diferencia entre el intercambio de especies subatómicas entre las titrimetrías estudiadas. Otras definiciones que seguro encontró en la lectura previamente realizada son oxidación y reducción, que en resumen son: **oxidación** → aumento del número de oxidación de una especie química, y **reducción** → disminución del número de oxidación de una especie química. Estos conceptos son claves para la igualación de las reacciones químicas. A continuación, se explican brevemente un par de ejemplos que posiblemente le pudieron resultar confusos:

- En el texto se indica que para la especie química  $Hg_2^{2+}$  el número de oxidación es igual a +1. En este caso, se debe aplicar la regla seis, donde indica "en un ión poliatómico, la suma algebraica de los números de oxidación de todos los átomos es igual a la carga del ión" (Pujol Urban & Sánchez Rodríguez, 2015). Es decir, como en esta especie existen dos átomos de mercurio y la carga es +2. Por lo tanto, para obtener este valor, el número de oxidación de cada átomo de mercurio debe ser +1.

- Para la especie  $I_3^-$ , se aplica la misma regla. Es decir, si la carga es -1, el número de oxidación de cada átomo de yodo debe ser -0.33, de tal forma, que la sumatoria es igual a -1.
- Le invito a comprobar esta regla en la especie  $[HgCl_4]^{2-}$ . Recuerde la clave es analizar átomo por átomo.

Además, existen aplicaciones como la [Calculadora de números de oxidación](#) que permiten determinar el número de oxidación de una especie química de forma automática. Le invito a comprobar el número de oxidación para los ejemplos detallados en la actividad propuesta 11.1.



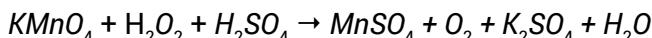
Sin duda, que le llamó la atención la aplicación revisada. Esta es una herramienta que seguro le va a servir en el siguiente tema **11.2 Ajuste de reacciones de oxidación – reducción** disponible en el libro de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015). En este contexto, le invito a realizar una lectura de este apartado, que le permitirá comprender el procedimiento para balancear reacciones químicas tanto en un medio ácido como básico.

En el apartado revisado plantea una serie de pasos a seguir para balancear una reacción química mediante el método de óxido de reducción. Sin embargo, existe una variante más sencilla, misma que se describe en el ejercicio 11.

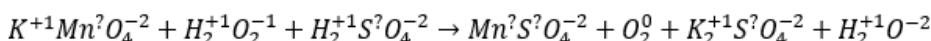
## Ejercicio 11



*Balancear la reacción de oxidimetría utilizada en la cuantificación de riqueza del agua oxigenada*



Se adicionan las valencias correspondientes a cada elemento de acuerdo con las reglas revisadas en el apartado anterior:



Existen elementos que tienen más de un número de oxidación, en estos casos este valor se les asigna con base en la regla siete, en la **tabla 7** se detalla para el caso del permanganato de potasio:



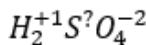
**Tabla 7.**

Cálculo del número de oxidación de los elementos del permanganato de potasio

Elemento	Número de oxidación	Cantidad de átomos	Subtotal
K	+1	1	+1
O	-2	4	-8
Mn	X = +7	1	+7
		Σ	0

Por lo tanto, el número de oxidación del Mn debe tener número de oxidación +7.

El mismo procedimiento se debe seguir para determinar el número de oxidación del ácido sulfúrico, los resultados se detallan en la **tabla 8.**

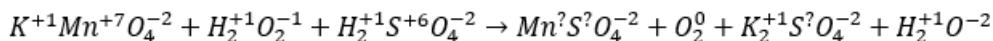


**Tabla 8.**

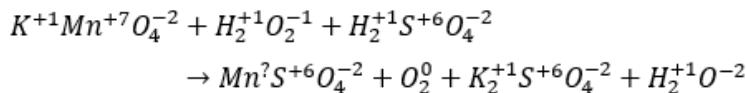
Cálculo del número de oxidación de los elementos del ácido sulfúrico

Elemento	Número de oxidación	Cantidad de átomos	Subtotal
H	+1	2	+2
S	X = +6	1	+6
O	-2	4	-8
		Σ	0

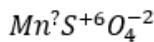
Por lo tanto, el número de oxidación del azufre debe tener número de oxidación +6. Con esto se tiene el número de oxidación de todos los elementos presentes en los reactivos.



Ahora, se debe realizar el mismo procedimiento en los productos, partiendo de la premisa que el azufre en los productos mantiene el número de oxidación.



Como resultado, sólo falta asignar el número de oxidación del manganeso en el sulfato de manganeso:



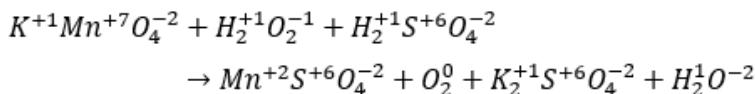
En la **tabla 9** se presenta el cálculo del número de oxidación del manganeso en los productos:

**Tabla 9.**

*Cálculo del número de oxidación de los elementos del sulfato de manganeso*

Elemento	Número de oxidación	Cantidad de átomos	Subtotal
Mn	X = +2	1	+2
S	+6	1	+6
O	-2	4	-8
		$\Sigma$	0

Entonces el número de oxidación del Mn es +2. La reacción con todos los números de oxidación quedaría:



El siguiente paso, es buscar aquellos elementos que cambien de número de oxidación:

**Tabla 10.**

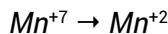
*Resumen de los números de oxidación de todos los elementos que intervienen en la oxidometría*

Elemento	Reactivos	Productos
K	+1	+1
<b>Mn</b>	<b>+7</b>	<b>+2</b>
O	-2	-2
O	-1	0
H	+1	+1
S	+6	+6

En la **tabla 10** se puede evidenciar que el manganeso y el oxígeno cambian de número de oxidación entre los reactivos y productos. Siendo el manganeso el elemento que se reduce y el oxígeno el elemento que

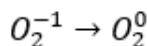
se oxida. A continuación, se detalla un procedimiento alternativo para balancear la reacción:

Para el manganeso:



De +7 a +2, se reduce 5

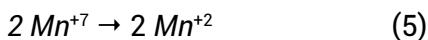
En el caso del oxígeno:



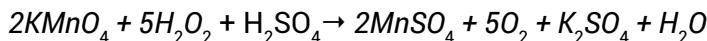
De -1 a 0, se oxida en 1, pero como son dos átomos de oxígeno se debe multiplicar por 2, dando un coeficiente de 2. Es momento de intercambiar los coeficientes:



Se realizan las operaciones y se balancea:



Estos coeficientes se los reemplaza en la reacción completa:



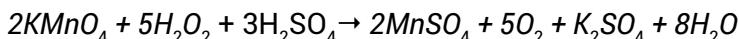
Se evalúa la cantidad de cada elemento en los reactivos y productos:

**Tabla 11.**

*Cantidad de cada elemento en los reactivos y productos luego de reemplazar los coeficientes obtenidos previamente*

Elemento	Reactivos	Productos
K	2	2
Mn	2	2
S	1	3
H	12	2
O	22	23

En la **tabla 11** se presenta la cantidad de cada elemento en los reactivos y productos, se evidencia que falta balancear la cantidad de azufres, hidrógenos y oxígeno. Es momento de balancear la reacción, para lo cual se debe adicionar los coeficientes necesarios:



Luego de aplicar se verifica si la se tiene la misma cantidad de elementos tanto en los reactivos como en los productos:

**Tabla 12.**

*Cantidad de cada elemento en los reactivos y productos luego de adicionar los coeficientes en el ácido sulfúrico y agua*

Elemento	Reactivos	Productos
K	2	2
Mn	2	2
S	3	3
H	16	16
O	30	30

En la **tabla 12** se puede comprobar que la cantidad de cada elemento en los reactivos y productos coincide, con lo cual la reacción está balanceada.

A diferencia de las titrimetrías de neutralización, precipitación y complejación, que en la mayoría casos tienen una equivalencia 1:1 entre los reactivos, en las volumetrías de oxido-reducción la relación normalmente es diferente. En este caso puntual, 1 mol de permanganato reacciona estequiométricamente con 5 moles de agua oxigenada y generan 5 moles de oxígeno.



En cambio, una similitud entre las volumetrías redox y el resto de titrimetrías radica en que las disoluciones valorantes deben ser normalizadas periódicamente con un patrón primario.

Motivo por el cual le invito a revisar el tema **11.3 Valoraciones de óxido reducción** disponible en el texto de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015), donde podrá conocer los agentes reductores y oxidantes, patrones primarios e indicadores utilizados en este tipo de volumetrías.

Seguro que en esta lectura le llamó la atención el uso de los agentes reductores y oxidantes. Para explicar el uso de estos agentes, se tomará como ejemplo la cuantificación de hierro en una muestra de agua. Este metal puede estar presente en la matriz tanto con el número de oxidación +2 como +3. En este contexto, considerando que esta titrimetría se basa en el cambio de número de oxidación, es indispensable que antes de efectuar la valoración todo el hierro presente en la matriz tenga el mismo número de oxidación, razón por la cual la matriz es tratada con estos agentes.



Luego de conocer los fundamentos de este tipo de volumetrías es necesario revisar la aplicación de este tipo de volumetrías en el Análisis Químico. En este sentido, le invito a realizar una lectura comprensiva del apartado **11.4 Aplicaciones analíticas** del texto básico disponible en el texto de Pujol Urban y Sánchez Rodríguez (2015), lo que le servirá para comprender las reacciones en los diferentes tipos de volumetrías de óxido reducción y revisar una serie de ejemplos.

¿Cómo le fue con la lectura? Sin duda, se pudo dar cuenta que este tipo de volumetrías tienen una amplia gama de aplicaciones. Por ejemplo, en la industria de petróleos se utiliza la yodometría para cuantificar la cantidad de humedad en gasolina, diésel, entre otros. Además, este tipo de titrimetrías es muy utilizado en plantas de tratamientos de agua, específicamente para determinar la demanda química de oxígeno, parámetro que es necesario conocer para establecer el nivel de contaminación del agua a tratar (Pujol Urban & Sánchez Rodríguez, 2015).

Estimado estudiante, le invito a reforzar sus conocimientos, participando en las siguientes actividades:



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Con la finalidad de practicar como se realiza la estandarización de una disolución de hidróxido de sodio, le invito a emplear el [REA 4: Standardization of NaOH with a KHP solution: Acid Base Titration](#), que le permitirá:

- Conocer los diferentes materiales de laboratorio necesarios para llevar a cabo una estandarización.
- Comprender el procedimiento para estandarizar una disolución de hidróxido de sodio.

Para cumplir con esta actividad, usted deberá seguir el procedimiento detallado en el REA 4, en la pestaña Standardization of NaOH.

Sin duda que usted concuerda que este laboratorio virtual es excelente, permite sentir como si estuviera realmente en un laboratorio real. Estudiantes que han utilizado este simulador, han mencionado frases como "Me dio ganas de ponerme la bata", "Herramienta que posibilita comprender a detalle el principio de este análisis", entre otras frases. Con esto se concluye el estudio de métodos de análisis químicos basados en la medición de un volumen. Es momento de valorar el avance en los temas de volumetría, motivo por el cual le invito a realizar la **autoevaluación 4**.



## Autoevaluación 4

Instrucciones: para las preguntas del 1 al 6, lea detenidamente los enunciados, examine las opciones de respuesta y seleccione la opción u opciones de respuesta(s) correcta(s). En cambio, para las preguntas del 7 al 10, empareje las opciones que se detallan de acuerdo a lo que se solicita en el enunciado respectivo.

1. Normalización es sinónimo de estandarización.
  - a. Verdadero.
  - b. Falso.
2. La titrimetría es una técnica analítica que se basa en la medida de un volumen del patrón primario.
  - a. Verdadero.
  - b. Falso.
3. Un indicador químico detecta el momento cuando se alcanza el punto:
  - a. De equivalencia.
  - b. Final.
  - c. Estequiométrico.
  - d. Neutral.
4. Seleccione el patrón primario para estandarizar el ácido clorhídrico.
  - a. Ftalato ácido de potasio.
  - b. Oxalato de sodio.
  - c. Carbonato de sodio.
  - d. Carbonato de calcio.
5. La fenolftaleína cambia de transparente de rosa en un pH de:
  - a. 4
  - b. 7
  - c. 8.2
  - d. 12

6. Seleccione los métodos utilizados en las volumetrías de precipitación.
- a. Fajans.
  - b. Volhard.
  - c. Coordinación.
  - d. Yodometría.
7. Empareje el tipo de volumetría con el indicador correspondiente.
- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| a. Neutralización.    | 1. Cromato de potasio |
| b. Precipitación.     | 2. Negro de ericromo  |
| c. Complejación.      | 3. Fenolftaleína      |
| d. Óxido - Reducción. | 4. Azul de metileno   |
8. Empareje el cambio de color con el indicador respectivo.
- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| a. Anaranjado de metilo. | 1. Incoloro - rosa - rojo. |
| b. Rojo de metilo.       | 2. Amarillo - azul.        |
| c. Fenolftaleína .       | 3. Rojo - amarillo.        |
| d. Verde de bromocresol. | 4. Rojo - anaranjado.      |
9. Empareje la solución valorante con el patrón primario respectivo.
- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| a. Hidróxido de sodio. | 1. Carbonato de sodio.       |
| b. Ácido clorhídrico.  | 2. Carbonato de calcio.      |
| c. Nitrato de plata.   | 3. Ftalato ácido de potasio. |
| d. EDTA.               | 4. Cloruro de sodio.         |
10. Empareje el tipo de volumetría con los métodos utilizados.
- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| a. Neutralización. | 1. Yodometría.      |
| b. Precipitación.  | 2. Acidimetría.     |
| c. Complejación.   | 3. Fajans.          |
| d. Redox.          | 4. Enmascaramiento. |

[Ir al solucionario](#)

Ha terminado con el estudio de la unidad 4, en la cual conoció las distintas técnicas volumétricas con las que puede determinar varios parámetros que se basan principalmente en las reacciones químicas. Analice lo aprendido

y verifique las respuestas de su autoevaluación con las que observan en el solucionario. En la siguiente semana conocerá cuáles son las técnicas y equipos analíticos que ayudan a cuantificar un analito en una determinada muestra.



En esta nueva semana de estudio, se empieza con la última unidad de su aprendizaje, en la cual conocerá acerca de varias técnicas analíticas que proporcionan información cualitativa y cuantitativa de cualquier matriz o muestra de interés. Cabe mencionar que cada herramienta tiene su propio principio químico, instrumentación y aplicaciones específicas. Como lo dijo Mahatma Gandhi, la verdadera educación consiste en obtener lo mejor de uno mismo, es por ello que le animo a culminar con éxito esta asignatura, que indudablemente aportará en su formación académica y a su vez la formación que pueda impartir será totalmente actualizada. ¡Adelante con su preparación!

### **Unidad 5. Técnicas analíticas: principios, instrumentación y aplicaciones**

---

Las técnicas analíticas sirven para cuantificar un analito de interés químico o farmacológico, mismo que puede presentar actividad biológica (antifúngica, antibacteriana, anticancerígena, antioxidante) y ser de utilidad, que vaya en beneficio del ser humano. Dentro de este grupo se puede nombrar las técnicas espectroscópicas (UV-Visible, Infrarroja, de Masas, Absorción Atómica, Resonancia Magnética Nuclear), cromatográficas (De Gases, de Líquidos, Electroforesis Capilar), electroquímicas (Potenciometría), todas proporcionan información valiosa para determinar la naturaleza de un compuesto sea de carácter orgánico o inorgánico. En esta semana, se abordará las técnicas instrumentales como Espectroscopia UV-Visible y Absorción Atómica, y por ello le invito a revisar los **capítulos 25A y 28D** del texto complementario de Skoog et al. (2015).

#### **5.1. Espectroscopia UV-Visible**

Para Harris (2007) es una técnica espectroscópica que utiliza el color como ayuda para identificar una sustancia química. Además, usa la luz para medir concentraciones químicas de un analito presente en una muestra.

### 5.1.1. Principio

En la espectroscopía UV-Visible, la absorbancia es un término muy importante que se debe tomar en cuenta. ¿Conoce cuál es el principio de esta técnica analítica? Tal vez no ha escuchado acerca de esta herramienta, pero ahora se lo explico, el tema seguro le va a llamar la atención.

Se puede decir que, la luz procedente de una fuente continua pasa a través de un monocromador, que selecciona una banda estrecha de longitudes de onda del haz incidente, atravesando una muestra que está colocada en una celda de cuarzo, y el detector mide la potencia de la luz que emerge. Se preguntará ¿en dónde se emplea el término de absorbancia? Pues le comento que es la característica de una sustancia que indica cuánta luz absorbe a una longitud de onda determinada. Cabe mencionar que es adimensional y que la longitud de onda (nm) es específica para cada uno de los parámetros que se analizan por esta técnica instrumental.

### 5.1.2. Instrumentación

¿Ha estado en contacto con un equipo instrumental analítico? Si aún no lo conoce, es momento de saber un poco más de este instrumento analítico. Para que lo tenga claro, un espectrofotómetro UV-Visible está compuesto por las siguientes partes como se indica en la **figura 18**.

**Figura 18.**

## *Esquema de un espectrofotómetro UV-Visible*



*Nota. Adaptado desde Khan Academy (2021)*

En la **figura 18**, se puede dar cuenta que los componentes de un espectrofotómetro UV-Visible son la fuente de luz, el monocromador, la celda de cuarzo, el detector y el ordenador.



Para una mejor comprensión sobre la función de cada una de las partes que se indicaron en la **figura 18**, es necesario que realice una lectura exhaustiva del texto complementario de Skoog et al. (2015) en la **sección 2A**, aquí se detalla una breve descripción:

- Las fuentes de luz pueden ser de: Deuterio (para longitudes de onda entre 200 a 400 nm) y de Wolframio (que produce una radiación útil desde los 320 a 2500 nm).
- El monocromador que dispersa la luz separando la longitud de onda, que es la que atraviesa la muestra y llega al detector.
- Celda o cubeta de cuarzo o de plástico, es el recipiente donde se coloca la muestra. El tamaño de la celda depende del compartimiento para la misma dentro del instrumento y oscila entre 2 y 5 cm.
- Detector de luz, es el que produce una señal eléctrica cuando incide en él un haz de luz, mide la absorbancia de la muestra. A continuación puede observar en la **figura 19** un equipo de espectroscopia UV-Visible que se usa en el laboratorio para las aplicaciones se citan en el siguiente punto.

**Figura 19.**  
*Espectrofotómetro UV-Visible*



En la **figura 19**, se presenta un modelo de espectrofotómetro UV-Visible de haz de luz simple marca Thermo Scientific, el cual se emplea en varias aplicaciones como las que se citan en el siguiente apartado.

### 5.1.3. Aplicaciones

Las aplicaciones de esta técnica instrumental son diversas, es posible que en alguna ocasión la haya usado aunque de forma indirecta. Entre ellas se puede citar las siguientes:

- Análisis de muestras bioquímicas.
- Determinación de fósforo en alimentos, aguas y muestras biológicas.
- Determinación de nitratos y nitritos en alimentos y aguas.
- Seguimiento de la cinética de reacción de procesos químicos y bioquímicos.
- Determinación de boro en fertilizantes y material vegetal.
- Medidas de color en varias muestras.
- Determinación de cloruros en aguas.
- Obtención de espectros de absorción de sustancias.
- Determinación de vitaminas liposolubles en alimentos, entre otras.

## 5.2. Espectroscopia de Absorción Atómica

Skoog et al. (2015) en su texto menciona que la espectroscopia de absorción atómica es una técnica analítica capaz de analizar hasta 70 elementos de la tabla periódica desde trazas hasta algunos porcentajes en muestras como agua, suelos agrícolas y mineralógicos, alimentos y fluidos biológicos. Además, es la herramienta más empleada en todo el mundo.

### 5.2.1. Principio

*¿Qué ocurre en este equipo analítico?* Ahora se lo cuento... El líquido o extracto de la muestra que ingresa se evapora, y las partículas sólidas resultantes se atomizan (se descomponen en átomos) en una llama u horno, que viene a sustituir a la cubeta de una espectroscopia convencional como la UV-Visible. El detector es capaz de cuantificar los átomos del elemento analizado y proporcionar la concentración del mismo en cualquier matriz. Es preciso mencionar que, cada metal o mineral que se analiza absorbe o emite luz a una muy específica longitud de onda y a diferencia de la técnica estudiada en el apartado 5.1 de esta unidad, las muestras no requieren ningún reactivo de color para ser procesadas en esta técnica.

## 5.2.2. Instrumentación

¿Tiene alguna idea de cómo funciona un espectrofotómetro de absorción atómica? ¡No...! Pues ahora conocerá cada una de sus partes y seguramente le llamará su atención porque al realizar un análisis con este equipo podrá observar una llama real e intensa donde se produce la atomización de la muestra.

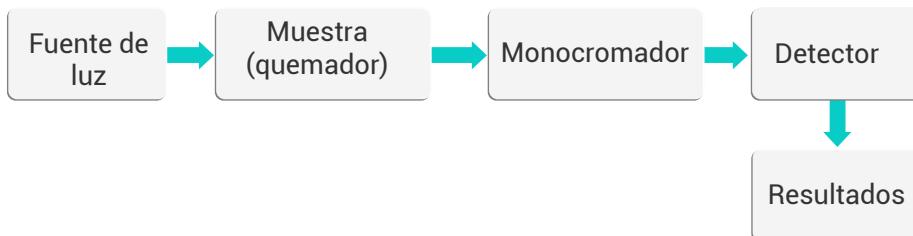


Previo a esta explicación le recomiendo realizar una lectura comprensiva del texto de Skoog et al. (2015) en el **tema 2C** para que pueda entender la terminología de este tema.

En la **figura 20** se ejemplifica las partes de un espectrofotómetro de absorción atómica, observe cuál es la diferencia entre esta y la **figura 18**. Exactamente, si pensó en la posición del monocromador y la muestra está en lo correcto.

**Figura 20.**

*Esquema de un espectrofotómetro Absorción Atómica*



Nota. Adaptado desde Khan Academy (2021)

En la **figura 20**, se observa que un espectrofotómetro de absorción atómica se compone por la fuente de luz, el quemador, monocromador, detector y ordenador. Como puede darse cuenta las partes de las dos técnicas estudiadas tienen similar instrumentación, aunque es preciso mencionar que en algunas de ellas cambian algunos términos, los cuales se explican a continuación:

- Las fuentes de luz corresponden a las lámparas de cada uno de los elementos que se vaya a analizar y existen dos clases:

1. Cátodo hueco, que es un cilindro lleno con gas inerte con un cátodo hecho del material del analito. Los elementos que utilizan este tipo de lámpara son: Au, Ag, Fe, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Na, Cd, Al, entre otros.
  2. Descarga sin electrodos, es un bulbo con metal del elemento a ser analizado, igual está con gas inerte. El Pb, As, Hg, Te, Zn son algunos de los elementos que utilizan este tipo de lámpara.
- El quemador, donde se produce la llama, y que sustituye a la celda de cuarzo donde la muestra llega y se atomiza.
  - El monocromador escoge la única longitud de onda del elemento que se analiza.
  - El detector que cuantifica los átomos de la muestra según el analito que se estudie.
  - El software con el cual se maneja el equipo y donde se visualizan los resultados. A continuación, puede observar en la **figura 21** el espectrofotómetro de Absorción Atómica de la Universidad Técnica Particular de Loja que se encuentra en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental.

**Figura 21.**  
*Espectrofotómetro Absorción Atómica Perkin Elmer*



En la **figura 21**, se observa el espectrofotómetro con el que cuenta la universidad, el cual tiene tres técnicas de análisis: 1. llama (para

concentraciones altas, ppm), 2. horno de grafito (concentraciones trazas, ppb) y, 3. generador de hidruros (específico para analizar Hg, Se, Te, Bi, Sb, Sb, en ppb) y es muy utilizado en la parte ambiental, alimenticia, cosmetológica, clínica y bioquímica.

### 5.2.3. Aplicaciones

Como ya se ha mencionado anteriormente, esta técnica analítica tiene muchas aplicaciones debido a que los analitos que se estudian dependen únicamente de las lámparas y estándares de cada elemento de la tabla periódica con la que cuente el laboratorio. Las matrices son diversas, las cuales según sea su naturaleza es su procedimiento de digestión o tratamiento. Entre los principales usos de esta herramienta son:

- Determinación de minerales y/o metales pesados en muestras de aguas.
- Análisis de composición mineralógica de suelos y arcillas.
- Determinación de macro y micronutrientes de suelos agrícolas.
- Análisis de minerales en gran variedad de alimentos.



Observe y analice el video de YouTube [Equipo de Absorción Atómica](#), en el cual se explica con claridad el funcionamiento del instrumento de la UTPL, esto le ayudará a comprender más de cerca su principio básico.

Finalmente, y una vez revisado el video, usted será capaz de contestar a las 5 interrogantes que se muestran en la **figura 22**, con ello podrá medir cuanto ha sido su aprendizaje en el tema correspondiente a la semana 13.

## Figura 22.

### Test sobre Absorción Atómica



Espectroscopía Atómica

Score: \_\_\_\_\_

1. El mercurio es un elemento que debe leerse por absorción atómica en:

- A Llama
- B Horno de grafito
- C Generador de hidruros

2. ¿Qué elemento se lee por AA - llama usando óxido nitroso/acetileno?

- A Sodio
- B Aluminio
- C Hierro

3. Si tiene una muestra de leche y desea medir la concentración de calcio, ¿qué tipo de espectroscopía atómica utilizaría?

- A Llama
- B Horno de grafito
- C Generador de hidruros

4. ¿Cuál de estos elementos tiene la lámpara de cátodo hueco?

- A Plomo
- B Arsénico
- C Oro

5. En espectroscopía atómica por horno de grafito el gas que se usa es?

- A Nitrógeno
- B Acetileno
- C Argón

¿Qué le pareció el test de la figura 22? ¿Contestó correctamente a todas las preguntas? Seguro esta actividad le ha permitido conocer el nivel de aprendizaje en cuanto al tema de técnicas espectroscópicas, sobre todo la de Absorción Atómica. Es hora de continuar con las técnicas cromatográficas. ¡Adelante!.



## Semana 14

Bienvenido a esta semana de estudio, en donde se abordará dos de las técnicas cromatográficas más importantes que corresponden a Gases y Líquidos, y que tienen gran aplicabilidad en el campo de la química y bioquímica.



Para ello, previamente se requiere que realice una lectura comprensiva del texto de Skoog et al. (2015) en los **capítulos 32A** que corresponde a Instrumentos para Cromatografía Gas-Líquido y **33A** que trata el tema de Instrumentación del cromatógrafo de líquidos. En estos capítulos se encontrará con tres términos muy comunes en todo tipo de cromatografía, que es preciso los tenga en cuenta:

1. Fase estacionaria, material que se encuentra fijo dentro de la columna y que puede ser de carácter polar o apolar.
2. Fase móvil, que puede ser un líquido o un gas cuya función es arrastrar el analito por la columna para su separación.
3. Analito, es la muestra o extracto que se desea separar en varios componentes.

### 5.3. Cromatografía de Gases

Antes de empezar con su estudio debe tener en cuenta que en muchos textos encontrará las siglas GC que corresponde a Gas Chromatography por su nombre en inglés.

Le invito a profundizar sus conocimientos acerca la Cromatografía de gases

#### 5.3.1. Principio

Para Skoog et al. (2015) se trata de una técnica analítica en la cual se hace pasar el analito convertido a una forma gaseosa a través de una columna que tiene fase estacionaria, arrastrado por una fase móvil o gas portador. En este caso es preciso recalcar que la fase móvil no interacciona con el analito ni con la fase estacionaria, únicamente transporta al analito a través de la longitud de la columna. La **figura 23**, muestra uno de los Cromatógrafos

de Gases acoplado a un detector de Espectrometría de Masas de la UTPL, mismo que se encuentra en el laboratorio de Química Analítica.

**Figura 23.**

*Cromatógrafo de Gases de la UTPL*



Es importante señalar que el equipo de la **figura 23** es muy utilizado por investigadores y estudiantes de pregrado y posgrado para determinar la composición química de varias sustancias de interés ya sea en la industria farmacéutica, alimenticia y ambiental.

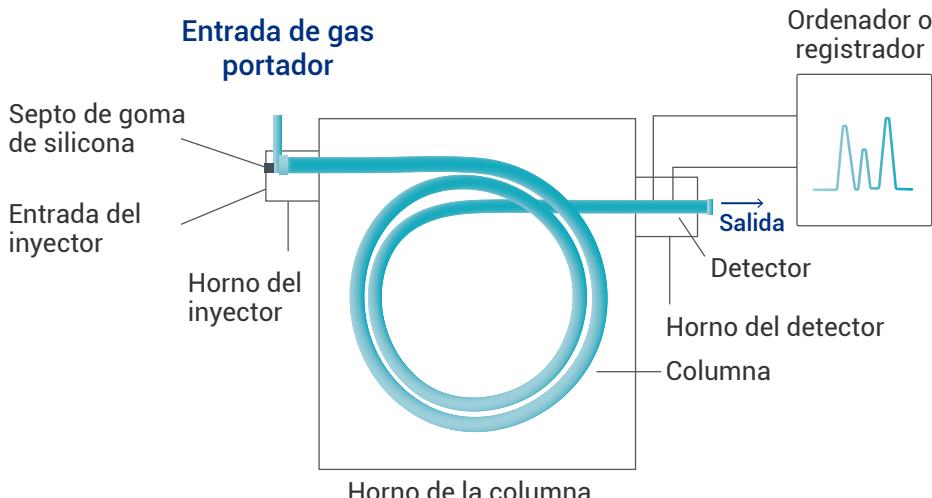
### 5.3.2. Instrumentación

¿Qué conoce de la instrumentación para cromatografía de gases?

¿Alguna vez ha realizado un análisis en un cromatógrafo? Si su respuesta es negativa, no se alarme... en la **figura 24** se indica un esquema de un cromatógrafo de gases:

**Figura 24.**

Partes de un Cromatógrafo de Gases



Nota. Adaptado desde Khan Academy (2021)

En la **figura 24** puede observar las partes que tiene este equipo instrumental y como funcionan cada una de ellas se lo explico a continuación:

- El gas de arrastre o fase móvil, es el que transporta a los compuestos a través de la columna. El helio y nitrógeno son los principales gases que se utilizan, aunque se debe decir que también depende del detector que se está empleando.
- Los inyectores sirven para el ingreso del analito a la cámara de vaporización donde se convierte el líquido a gas. Existen tres tipos de inyección: split, splitless y on column. Le recomiendo leer el **capítulo 32A.2** del libro complementario de Skoog et al. (2015) en donde se explica sobre los sistemas de inyección en GC.
- La columna, que es donde ocurre la separación de los componentes y se considera que es *el “corazón” de un cromatógrafo*. Son capilares y de diferente polaridad.
- Los detectores de un GC, son variados y son aquellos que reciben la señal del proceso de elución de la columna. Entre los detectores más usados son: Captura de electrones (ECD), ionización de llama o flama (FID), fotométrico de flama (FPD), conductividad térmica (TCD), de nitrógeno-fósforo (NPD) y espectrómetro de masas

(MSD). En el **capítulo 32A.4** del texto de Skoog et al. (2015) puede revisar ampliamente para que sirve cada uno de los detectores cromatográficos antes mencionados.

- El ordenador o registrador, en donde se muestran los resultados del análisis mediante un gráfico denominado cromatograma, en donde se puede observar cada uno de los componentes de la muestra.

### 5.3.3. Aplicaciones

En el importante mundo de GC se pueden mencionar varias aplicaciones, que de una u otra manera tienen interés para ciertas empresas, entidades públicas y personas en general, que buscan conocer la composición química de sustancias o matrices. Lea detenidamente cada una de ellas que se citan a continuación y busque en sitios web información acerca del análisis que más le haya llamado la atención.

- Determinación de alcoholes superiores en bebidas alcohólicas.
- Determinación de pesticidas (organoclorados y organofosforados) en alimentos y aguas.
- Determinación de ácidos grasos en aceites vegetales.
- Determinación de la composición química de aceites esenciales.
- Determinación de vitamina E en alimentos.
- Determinación de drogas en fármacos, cabello, especies vegetales.



Observe y analice el video de YouTube [Equipo Cromatógrafo de Gases](#), en el cual se explica el principio, instrumentación y aplicaciones del equipo con el que cuenta la UTPL.

¿Qué tal le pareció el video? Interesante, ¿verdad?, todas las aplicaciones que se mencionan tienen un enfoque analítico impresionante. El análisis de pesticidas en aguas, alimentos o drogas en varias muestras, se deberían realizar continuamente para controlar la calidad de los productos que se venden, sin duda con el video el tema está más claro, y además le ayuda a comprender toda la terminología utilizada en la unidad.

## 5.4. Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución

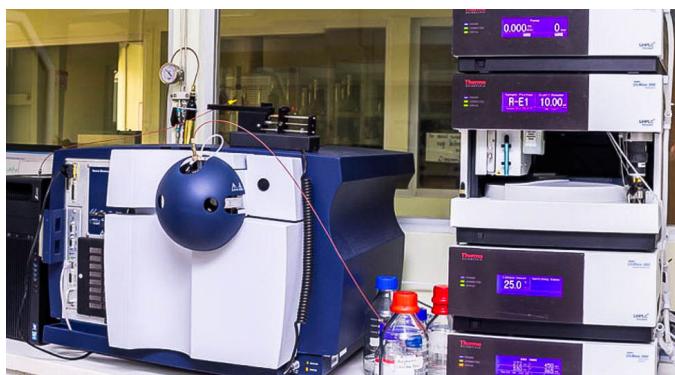
Conocida por sus siglas en inglés como HPLC (High Resolution Liquid Chromatography). A diferencia de la Cromatografía de Gases, la fase móvil

es un líquido que si interacciona con el analito. Al igual que la técnica anterior aquí se separan, identifican y cuantifican los componentes de una mezcla.

#### 5.4.1. Principio

HPLC es una técnica instrumental en la cual la muestra es arrastrada por el eluyente (solvente orgánico) a través de una columna que tiene un sólido finamente dividido (3, 5, 10 µm) como fase estacionaria. Según Harris (2007) la separación depende de la retención de los componentes de la muestra por la fase estacionaria y la solubilidad de estos en el eluyente o fase móvil. Algo muy importante que recalcar es que para una cromatografía de líquido no es necesario que las muestras sean vaporizadas (convertidas a gas), puesto que analiza compuestos que no sean lo suficientemente volátiles. En la **figura 25**, puede observar el cromatógrafo de líquidos de alta resolución del laboratorio de Química Analítica de la Universidad Técnica Particular de Loja.

**Figura 25.**  
*Cromatógrafo de Líquidos de la UTPL*



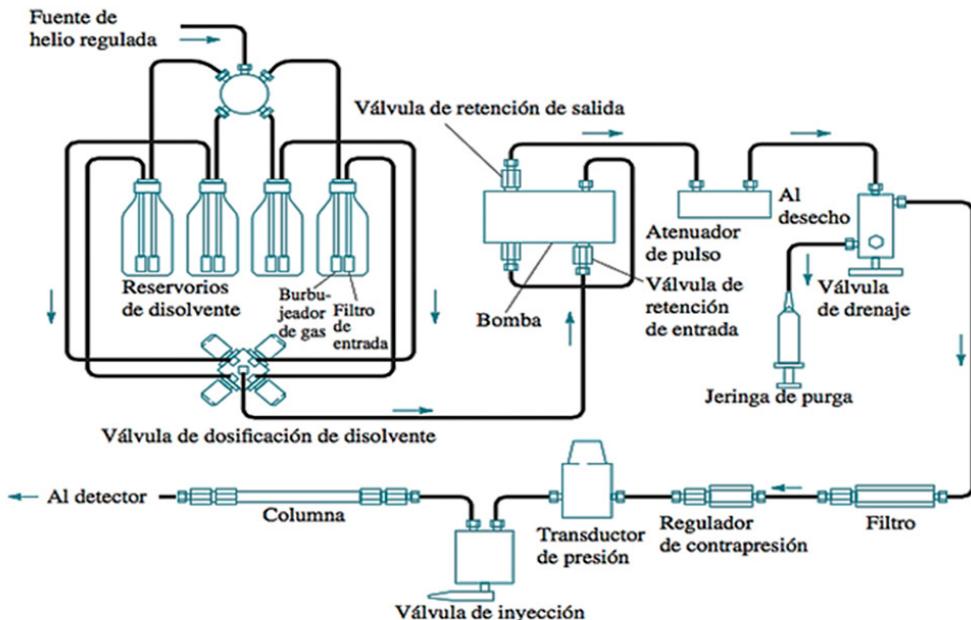
En el equipo mostrado en la **figura 25** se han desarrollado varios métodos analíticos para cuantificar analitos de especies vegetales con actividad biológica, alimentos y fármacos. No cabe duda que esta herramienta llama mucho la atención.

#### 5.4.2. Instrumentación

Es posible que algunos de los nombres de las partes del HPLC sean confusos o que jamás los haya escuchado, es por ello que la **figura 26**,

pretende que usted se familiarice con los componentes que forman este instrumento.

**Figura 26.**  
*Partes de un Cromatógrafo de Líquidos*



Nota. Adaptado desde Khan Academy (2021)

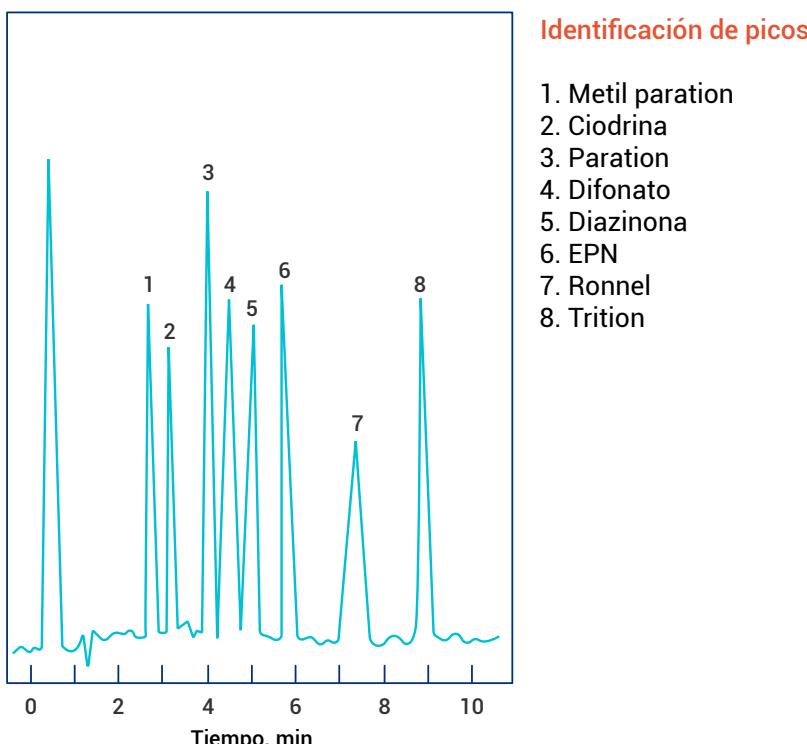
Como puede darse cuenta en la **figura 26**, el instrumento consta de varios componentes, los cuales se detallan a continuación, pero sin antes recomendarle que realice una lectura comprensiva del **capítulo 33A** del libro complementario de Skoog et al. (2015) donde se explica ampliamente la función de cada parte del HPLC.

- Suministro de la fase móvil, consiste en frascos boeco en donde se coloca solventes orgánicos de alta pureza (metanol, acetonitrilo, acetona, etanol, agua grado HPLC) para que arrastre el analito a través de la columna. Cabe mencionar que desde el punto de vista de la fase móvil se puede trabajar en dos modos: isocrático y en gradiente. Le invito a leer el texto de Skoog et al. (2015) específicamente el **capítulo 33A.1** en donde se explica el concepto de ambos términos.

- Bombas, las cuales generan la presión del gas que impulsa el líquido a través de la columna. El sistema de bombeo debe contener el sistema de mezclado de solventes de la fase móvil.
- El sistema de inyección de la muestra está situado entre la bomba y la columna y pueden ser manuales y automáticas. Utiliza una jeringa para introducir volúmenes pequeños (10 uL) y reproducibles.
- La precolumna se coloca entre el inyector y la columna, es pequeña (0.5 – 3 cm) y sirve para proteger esta última de cualquier impureza. Algo importante, es que debe tener el mismo relleno o fase estacionaria de la columna analítica.
- En la columna se separan los componentes de una mezcla compleja, en su interior tiene fase estacionaria, son de acero cuya longitud oscila entre 5 – 30 cm.
- Los detectores indican la presencia y miden la cantidad de los componentes que eluyen a través de la columna originando una señal que es registrada en el computador. Entre los más utilizados están: UV/ Visible, Fotodiodos, Índice de refracción, Fluorescencia, Conductividad, Dispersión de luz y Espectrómetro de masas. Es preciso que realice una lectura del **capítulo 33A.5** del texto complementario de Skoog et al. (2015) en donde se explica los usos de cada uno de los sistemas de detección.
- El registrador, donde se observan los cromatogramas de las muestras analizadas, en donde cada pico representa un componente de la mezcla. Un ejemplo de cromatograma se muestra a continuación en la **figura 27**.

**Figura 27.**

Cromatograma de una muestra



Nota. Adaptado desde Khan Academy (2021)

En la **figura 27**, se ve un gráfico con 8 picos, lo que significa que la muestra inyectada en el equipo de HPLC está compuesta por 8 compuestos, cuyos nombres se describen en el chromatograma.

#### 5.4.3. Aplicaciones

Le recomiendo realice una lectura comprensiva del texto de Skoog et al. (2015) **capítulo 33B.4** y analice las diversas aplicaciones que proporciona esta técnica analítica, que con seguridad le causó mucho interés. Entre las más importantes se puede mencionar las siguientes:

- Determinación de vitaminas en alimentos.
- Determinación de alcaloides en especies vegetales.
- Determinación de flavonoides en varias muestras.
- Determinación de compuestos fenólicos en diferentes matrices.
- Determinación de fármacos.

- Determinación de aminoácidos y proteínas.
- Determinación de metabolitos secundarios en muestras.

Estimado estudiante, le invito a revisar el siguiente recurso interactivo **Determinación de carnosol en especies vegetales** que le permitirá conocer las propiedades de este metabolito secundario, usos, obtención y cuantificación por HPLC.

### [Determinación de carnosol en especies vegetales](#)



Observe y analice el video de YouTube [Equipo de Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución](#), en el cual se explica cómo funciona esta técnica analítica, con ello tendrá una visión más amplia de los resultados que se puede obtener y su significancia para diversos sectores como el industrial y medicinal.

*¿Qué opina de este video?* Didáctico sí, y fue realizado para que las personas con poco acceso a un HPLC tengan claro el principio de esta técnica analítica se familiaricen con el manejo del mismo, sin duda las aplicaciones que tienen son interesantes y de gran ayuda para la ciencia.



### Semana 15

Bienvenido a una nueva semana de estudio, en la cual se tratará una de las técnicas electroquímicas más importantes como lo es la Potenciometría, y que con seguridad usted en su vida cotidiana lo haya aplicado por ejemplo en la medición del pH de una muestra, el consumo o preparación de alimentos ácidos o la utilización de compuestos básicos en productos que de la limpieza. Es por ello que, le animo a interesarse por el tema de esta semana. *¡Adelante que está próximo a concluir con su estudio!*.

## 5.5. Potenciometría



Previo a empezar con su estudio, es necesario que realice una lectura exhaustiva del texto de Skoog et al. (2015) en el **capítulo 21** que corresponde a esta temática. *¿Sabe qué es el pH?* Si su respuesta es potencial de hidrógeno está en lo correcto y significa el grado de acidez o basicidad que tiene una solución.

Si el valor del pH es 7, se dice que es neutro, menor a 7 se considera ácido y mayor a 7 es básico. En la **figura 28**, se coloca las características tanto de los ácidos como de las bases, esto le ayudará para una mejor comprensión del tema.

**Figura 28.**  
*Características de ácidos y bases*

**Ácidos**

- Son de sabor agrio y disuelven sustancias.
- Corroen la piel.
- Enrojecen ciertos colorantes vegetales.
- Atacan a los metales desprendiendo H<sub>2</sub>.
- Pierden sus propiedades al reaccionar con bases.

**Bases**

- Son de sabor amargo.
- Son suaves al tacto pero corrosivos con la piel.
- Dan color azul a ciertos colorantes vegetales.
- Precipitan sustancias disueltas por ácidos.
- Disuelven las grasas.
- Pierden sus propiedades al reaccionar con ácidos.

*Nota.* Adaptado desde Gutiérrez Rodríguez (2007).

### 5.5.1. Principio

Según Bermejo Moreno y Moreno Ramírez (2014) mencionan que es una técnica electroquímica que se basa en las propiedades eléctricas que poseen los analitos de una mezcla cuando se encuentran en disolución. En estas técnicas la muestra forma parte de un circuito eléctrico y se mide la variación de alguno de los parámetros básicos como:

- Potencial eléctrico
- Intensidad de corriente y,
- Resistencia

Le invito a consultar estos términos para una mejor comprensión del tema que se va a estudiar.

Otro de los conceptos que se asocian a la Potenciometría es que consiste en una medida del potencial, que va a estar directamente relacionada con la concentración de la especie que se vaya a determinar. Para ello se emplea una celda electroquímica. ¿Conoce qué son estos materiales y cómo se

construyen? Si no ha escuchado el término, ahora le comento. Una celda electroquímica está formada por dos semiceldas que tienen un conductor denominado electrodo, que está sumergido en una disolución electrolítica. Cabe mencionar que, ambos electrodos están unidos a un circuito eléctrico y, que un puente salino comunica a las disoluciones. En uno de los electrodos (cátodos) se da la reducción, y en el otro (ánodo) la oxidación.

Es preciso mencionar que las celdas electroquímicas pueden ser de dos tipos:

1. **Las celdas galvánicas** (o voltaicas) que almacenan energía eléctrica. En estas, las reacciones en los electrodos producen un flujo de electrones desde el ánodo al cátodo mediante un circuito externo conductor. Como ejemplo de este tipo de celda están las pilas y las baterías de los vehículos.
2. **Las celdas electrolíticas**, aquí para que ocurran las reacciones debe suministrarse energía. Al suministrarla se impone una corriente eléctrica y se fuerza a que la reacción ocurra en el sentido fijado por esta corriente.

#### 5.5.2. Instrumentación

Dentro de la potenciometría, la medición del pH es el análisis más común e importante que se realiza. *¿Alguna vez ha utilizado un pH-metro?* Pues si aún no lo ha usado, le comento que es uno de los análisis más fáciles de realizar en el laboratorio, únicamente debe estar seguro de que el equipo esté calibrado y que el electrodo de vidrio se encuentre limpio.

Un pH-metro, como el que se muestra en la **figura 29**, es un equipo instrumental en el cual se lleva a cabo la potenciometría.

**Figura 29.**  
*pH-metro del Laboratorio UTPL*



En la **figura 29**, puede observar el pH-metro con el que cuenta el laboratorio de docencia de química de la UTPL, el mismo que se compone de las siguientes partes:

1. Un electrodo de referencia, en donde la disolución forma parte de una célula galvánica más un alambre de platino (Pt) y conectado a una semicelda de potencial constante por un puente salino.
2. Un electrodo indicador, en el cual su potencial debe variar con la concentración de la especie electroactiva que se esté analizando.
3. Un dispositivo para medir el potencial, llamado potenciómetro, en donde se puede observar el dato o valor cuantitativo.

Es necesario recalcar que para mantener el pH-metro en óptimas condiciones la membrana del electrodo de vidrio (indicador) debe estar siempre hidratada en una solución acuosa y que para su calibración se utilizan soluciones buffers de pH 4, 7 y 10.

#### 5.5.3. Aplicaciones

Esta técnica electroquímica tiene varias aplicaciones entre las cuales se citan las más importantes.

- Determinación de nitritos y nitratos en alimentos realizados a base de carnes.
- Determinación de cloruros y fluoruros en aguas.
- Análisis de pH en alimentos, aguas, especies vegetales, fluidos biológicos.
- Control analítico de cianuro y sulfuros en efluentes.
- Control de la cinética de reacción que ocurre en un medio biológico.
- Determinación de puntos de equivalencia en las diferentes volumetrías.
- Construcción de curvas de valoración.

Estimado estudiante, le invito a reforzar sus conocimientos, participando en las siguientes actividades:



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Finalizada la última unidad del segundo bimestre y con el objetivo de afianzar los contenidos sobre las técnicas electroquímicas, le recomiendo realizar las siguientes actividades:

- Analice el caso práctico sobre [Potociometría](#), desde la página 44 el cual explica el procedimiento de cómo llevar a cabo una titulación ácido – base: Determinación de ácido fosfórico de una bebida de consumo mundial (cola). Le recomiendo realizar un mapa conceptual sobre la metodología empleada en este experimento, con ello se le facilitará su comprensión.
- Finalmente, dentro del caso práctico hay un video de YouTube que le invito a observar [Calibración de un electrodo de vidrio](#), el cual muestra cómo se debe realizar este procedimiento en un pH-metro con las diferentes soluciones buffers. Luego analice los datos experimentales que proporciona

*¿Qué le pareció esta actividad?* Seguramente el método para calibrar un pH-metro le resulta sencillo y está en lo correcto. Además, es necesario que tenga en cuenta que, antes de medir el pH de una solución acuosa, debe asegurarse que el instrumento esté debidamente calibrado, con ello evitará cometer errores de tipo sistemático en el análisis. Con esto culmina la Unidad 5, es por ello que le invito a desarrollar la **Autoevaluación 5** con la cual concluye con su aprendizaje en esta asignatura.



## Autoevaluación 5

Instrucciones: para las preguntas del 1 al 8, lea detenidamente los enunciados, analice las opciones de respuesta y seleccione la opción correcta. Por otro lado, para las preguntas 9 y 10, empareje las opciones que se detallan de acuerdo a lo que se solicita en el enunciado respectivo.

1. Para determinar oro de una muestra de suelo obtenido de una mina se utiliza el Espectrofotómetro de Absorción Atómica por:
  - a. Llama.
  - b. Horno de grafito.
  - c. Generador de hidruros.
2. El elemento antimonio se determina mediante el Espectrofotómetro de Absorción Atómica por:
  - a. Llama.
  - b. Horno de grafito.
  - c. Generador de hidruros.
  - d. Cámara de secado.
3. Indique ¿cuál es el orden correcto de los componentes de un espectrofotómetro UV-visible?, equipo utilizado para la determinación de fósforo en una muestra de orina.
  - a. Fuente de luz - Monocromador - Detector de luz - Muestra - Ordenador.
  - b. Fuente de luz - Monocromador - Muestra - Detector de luz - Ordenador.
  - c. Fuente de luz - Muestra - Monocromador - Detector de luz - Ordenador.
  - d. Fuente de luz - Muestra - Monocromador – Ordenador - Detector de luz.

4. Del siguiente listado ¿qué elemento no se analiza en el equipo de Absorción Atómica por Generador de Hidruros?
- Mercurio.
  - Estaño.
  - Selenio.
  - Plomo.
5. Dentro de la clasificación de los electrodos indicadores se encuentran:
- Electrodos calomelanos y electrodos redox.
  - Electrodos metálicos y electrodos selectivos de iones.
  - Electrodo de plata – cloruro de plata y electrodos compuestos.
  - Electrodo de plata – cloruro de plata y electrodos calomelanos.
6. Indique ¿cuál es el orden correcto de los componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica?, equipo utilizado para la determinación de calcio en leche.
- Fuente de luz - Monocromador - Detector de luz - Muestra - Ordenador.
  - Fuente de luz - Monocromador - Muestra - Detector de luz - Ordenador.
  - Fuente de luz - Muestra - Monocromador - Detector de luz - Ordenador.
  - Fuente de luz - Muestra - Monocromador – Ordenador - Detector de luz.
7. ¿Cuál es el gas utilizado para el funcionamiento del Espectrofotómetro de Absorción Atómica por Horno de grafito?
- Acetileno.
  - Óxido nitroso.
  - Argón.
  - Nitrógeno.

8. La fase móvil que se utiliza en un equipo cromatógrafo de gases es:
- Argón.
  - Acetileno.
  - Hidrógeno.
  - Helio.
9. En la columna de la izquierda se detallan 3 nombres de detectores del GC, empareje con los análisis que realizan.
- |                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| a. Detector de captura de electrones. | 1. Análisis de azufre – fósforo. |
| b. Detector de ionización de llama.   | 2. Análisis de halógenos.        |
| c. Detector fotométrico de llama.     | 3. Análisis de hidrocarburos.    |
10. En la columna de la izquierda se detallan 3 funciones de partes del Espectrofotómetro de Absorción Atómica, empareje con el nombre del componente que corresponde.
- |  |                  |
|--|------------------|
| a. Convierte la muestra en gotas de aerosol.           | 1. Monocromador. |
| b. Escoge la longitud de onda del elemento a analizar. | 2. Nebulizador.  |
| c. Se produce el proceso de atomización de la muestra. | 3. Quemador.     |

Ha culminado con la enseñanza de la unidad 5 y con ello con todos los contenidos de esta interesante asignatura, cuyo objetivo ha sido ayudarlo en su crecimiento académico para que se convierta en un excelente profesor. Compruebe las respuestas de su autoevaluación que se encuentran en el solucionario y si tiene alguna observación no dude en consultar con su profesor.

[Ir al solucionario](#)



## Actividades finales del bimestre



### Semana 16

---

Albert Einstein mencionó, "Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber". ¡Qué bonita y motivadora frase!, seguro que usted cuando comenzó el estudio de esta materia Análisis Químico, se le presentaron temores, dudas o inquietudes que a lo largo del semestre se fueron resolviendo con la dedicación y el esfuerzo que día tras día le dedicó a su aprendizaje. Esto le conlleva a concluir con la enseñanza de todos los contenidos programados en la asignatura, que con seguridad serán aprovechados por usted en su crecimiento tanto académico como profesional. Es necesario recalcar que, en la vida cotidiana siempre se encuentra con procesos químicos sencillos, sin darse cuenta cuando realiza una infusión está aplicando un proceso de extracción; al momento de filtrar un simple café aplica el método de filtración; los alimentos que consume diariamente tienen uno o varios analitos de interés con cierta actividad biológica que ayuda a su metabolismo y con ello mejora su salud, como puede ver durante todo el tiempo está preparando soluciones, eso significa que está haciendo química habitualmente. Es verdad que, también existen técnicas analíticas que requieren de instrumentos un poco más complejos que ayudan a la cuantificación del analito en una muestra, y aunque son difíciles de adquirir en el hogar están presentes en un laboratorio clínico, ambiental, analítico, alimenticio, entre otros. Ahora, es momento de realizar una recapitulación que le servirá para su preparación para la evaluación del segundo bimestre, para ello le recomiendo revisar el [REA 5: Caso práctico de Cromatografía de Líquidos](#), el cual le permitirá observar el detalle cada una de las partes de un cromatógrafo de líquidos de alta resolución.

¿Cómo le fue con el REA 5? Seguro que el caso práctico sobre el análisis de una bebida consumida a nivel mundial como lo es la Coca Cola light le llamó la atención. Como pudo observar los compuestos: aspartamo, ácido benzoico y cafeína son los más relevantes presentes en la muestra. Sin duda, que esta actividad le involucró en el mágico mundo de la Química Analítica.

*¡Felicitaciones, ha culminado el semestre! La dedicación que puso a cada una de las actividades se verá reflejado con los resultados en su calificación. ¡Muchos éxitos en su evaluación bimestral!*



## 4. Solucionario

Autoevaluacion 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	d	En un equipo analítico mientras más cifras numéricas decimales proporcione tiene una mayor resolución, esto significa que habrá más precisión en los datos con el mínimo margen de error en el resultado.
2	c	Dentro de un desecador se encuentra sílica gel, reactivo de color azul que sirve para captar la humedad de una muestra.
3	b	Un vaso de precipitación no es considerado como un material volumétrico, dado que no representa una medida exacta del volumen tomado. Se lo utiliza como un material contenedor o de mezclas.
4	c	El muestreo es la parte primordial dentro de un análisis químico, dado que se debe tomar una muestra representativa y homogénea que asegure los resultados de toda la muestra.
5	b	En la mufla se alcanzan temperaturas elevadas que oscilan entre los 200 – 900 °C, con ello se pueden calcarinar muestras y obtener las cenizas que son consideradas como la parte mineral.
6	b	Los errores sistemáticos son aquellos que pueden evitarse al momento de realizar un análisis químico. Antes de analizar una muestra debe asegurarse que el material y los equipos estén debidamente calibrados.
7	c	La desviación estándar es una medida estadística de dispersión que indica qué tan dispersos están los datos con respecto del valor medio.
8	c	El cacao está compuesto por varios compuestos, uno de ellos es la teobromina, que es un alcaloide de sabor amargo y que está muy relacionada con la cafeína. Se encuentra en las semillas del cacao, té, entre otros.
9	a	La desviación estándar relativa es una medida estadística que explica la distribución de los datos con respecto al valor de la media y el resultado se expresa como un porcentaje. En gravimetría se considera un %DER de no más del 5%.

## Autoevaluacion 1

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
10	a, 4	Clorato de potasio: explosivo.
	b, 1	Ácido sulfúrico: corrosivo.
	c, 2	Cloro: irritante.
	d, 3	Arsénico: tóxico.

Ir a la  
autoevaluación

Autoevaluación 2		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	La normalidad se calcula con base en el equivalente químico, razón por la cual la normalidad siempre es mayor o igual que la molaridad.
2	a	Una solución datura presenta la máxima solubilidad del soluto en las condiciones de trabajo.
3	b, c	La solubilidad de la sacarosa disminuye conforme desciende la temperatura.
4	c, d	Una disolución está compuesta por un soluto y un disolvente.
5	a, b.	Las partes por millón son equivalentes a $\mu\text{g/mL}$ y $\text{mg/L}$ .
6	a	Para transformar de ppm a %, se debe dividir para 10000.
7	b	La molaridad se define como el número de moles de soluto presentes por cada litro de disolución.
8	d	En los cálculos para preparar una disolución en términos de normalidad se debe considerar la reacción en la cual intervenga el reactivo.
9	a, 4	Molalidad: m
	b, 3	Molaridad: M
	c, 2	Normalidad: N
	d, 1	Fracción molar: $x$
10	a, 4	Molalidad: Número de moles de soluto por kilogramo de disolvente.
	b, 1	Molaridad: Número de moles de soluto por litro de disolución.
	c, 2	Normalidad: Equivalentes - gramos de soluto por litro de disolución.
	d, 3	Fracción molar: Número de moles de soluto por moles totales presentes en la disolución.

Ir a la  
autoevaluación

### Autoevaluación 3

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a	La gravimetría es una técnica de análisis que se basa en el pesado. Los materiales que se utilizan son la balanza analítica, espátula, recipiente para la muestra y una pinza para este. Por ende, la pipeta no es necesaria en un análisis gravimétrico.
2	c	En la mufla se pueden calcinar muestras y obtener las cenizas que son consideradas como la composición mineralógica.
3	c	La gravimetría es una técnica de análisis que se basa únicamente en el pesado del producto obtenido.
4	d	La determinación de la acidez de una muestra de leche es una técnica volumétrica, en la cual se toma el volumen gastado de una solución patrón que reacciona con la muestra.
5	b	La humedad en un producto como una galleta debe ser analizado, dado que este parámetro influye en la textura de la misma. La harina utilizada debe cumplir con los requisitos de las normas INEN.
6	a	Las cenizas obtenidas de un análisis gravimétrico se consideran como el porcentaje de la composición mineralógica que tiene una muestra.
7	c	En la Norma INEN 616. Harina de trigo. Requisitos menciona que el porcentaje máximo de humedad que deben cumplir las harinas usadas para panificación es del 14.5%. Dependiendo del tipo de harina y usos del % puede variar.
8	c	La técnica gravimétrica particulada se basa en procesos físicos como por ejemplo la filtración, donde no ocurren reacciones químicas.
9	b.	Los solventes diclorometano, metanol y agua son polares. El hexano, tolueno, éter de petróleo son solventes inmiscibles en el agua, por lo tanto, apolares.
10	a, 3 b, 1 c, 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determina el analito luego de ser separado de la muestra inicial empleando energía térmica: <b>Gravimetría de volatilización</b>.</li> <li>▪ Transforma el analito en un precipitado insoluble que se separa de la disolución por filtración, se seca y se pesa: <b>Gravimetría de precipitación</b>.</li> <li>▪ Recupera el analito, mismo que se separa de la muestra mediante procesos de extracción o filtración: <b>Gravimetría de aislamiento</b>.</li> </ul>

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluacion 4		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a.	Normalización es sinónimo de estandarización.
2	b.	El patrón primario se utiliza para normalizar una solución valorante.
3	b.	El punto final es el momento en el cual el indicador detecta que la reacción alcanzó el punto de equivalencia.
4	c.	El carbonato de sodio es el patrón que se utiliza para normalizar el ácido clorhídrico.
5	c.	La fenolftaleína cambia de transparente a rosa en un pH de 8.2.
6	a, b.	Los métodos utilizados en una volumetría de precipitación son Volhard y Fajans. Además, se utiliza el método de Mohr.
7	a, 3	Neutralización: Fenolftaleína
	b, 1	Precipitación: Cromato de potasio
	c, 2	Complejación: Negro de ericromo
	d, 4	Óxido-Reducción: Azul de metileno
8	a, 4	Anaranjado de metilo: rojo - anaranjado
	b, 3	Rojo de metilo: Rojo - amarillo
	c, 1	Fenolftaleína: Incoloro - rosa - rojo
	d, 2	Verde de bromocresol: Amarillo - azul
9	a, 3	Hidróxido de sodio: Ftalato ácido de potasio
	b, 1	Ácido clorhídrico: Carbonato de sodio
	c, 4	Nitrato de plata: Cloruro de sodio
	d, 2	EDTA: Carbonato de calcio
10	a, 2	Neutralización: Acidimetría
	b, 3	Precipitación: Fajans
	c, 4	Complejación: Enmascaramiento
	d, 1	Redox: Yodometría

Ir a la  
autoevaluación

Autoevaluacion 5		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a	La espectrofotometría por absorción atómica por llama se utiliza para medir concentraciones en ppm o %, es decir cuando se conoce que el analito en estudio está presente en la muestra en grandes cantidades se utiliza la llama.
2	c	Los elementos de Hg, Sb, As, Sn, Te y Se, se analizan por la técnica de espectrofotometría por absorción atómica por generador de hidruros, que usa una llama fría.
3	b	Un espectrofotómetro UV-Visible se compone de las siguientes partes en este orden: fuente de luz (lámparas de deuterio o wolframio), monocromador (escoge la longitud de onda), celda donde se coloca la muestra, el detector de luz (mide la absorbancia de la muestra) y el ordenador donde se ve los resultados.
4	d	Los elementos de Hg, Sb, As, Sn, Te y Se, se analizan por absorción atómica por generador de hidruros, mientras que el Pb se analiza por medio del horno de grafito que da los resultados en ppb (trazas).
5	b	Los electrodos indicadores se clasifican en metálicos y selectivos de iones, mientras que los electrodos de referencia se clasifican en calomelano y de plata- cloruro de plata.
6	c	Un espectrofotómetro de absorción atómica se compone de las siguientes partes en este orden: fuente de luz (lámparas de cada elemento), quemador (donde la muestra se atomiza, reemplaza a la celda), monocromador (escoge la longitud de onda), el detector de luz (mide la cantidad de átomos formados del elemento) y el ordenador donde se ve los resultados. La diferencia con el de UV-Visible es la posición de la celda donde va la muestra.
7	c	En absorción atómica por horno de grafito y generador de hidruros se utiliza el gas argón, mientras que para la llama se usa acetileno – aire y acetileno – óxido nitroso (aluminio).
8	d	El helio es el gas de arrastre que se utiliza en la técnica analítica de cromatografía de gases, constituye la fase móvil y no interacciona con el analito o muestra, solo tiene la función de arrastrar los compuestos a través de la columna.
9	a, 2	<b>Detector de captura de electrones:</b> análisis de halógenos.
	b, 3	<b>Detector de ionización de flama:</b> análisis de hidrocarburos.
	c, 1	<b>Detector fotométrico de llama:</b> análisis de azufre - fósforo.

## Autoevaluacion 5

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
10	a, 2 b, 1 c, 3	Convierte las muestras en gotas de aerosol: <b>nebulizador</b> . Escoge la longitud de onda del elemento a analizar: <b>monocromador</b> . Se produce el proceso de atomización de la muestra: <b>quemador</b> .

Ir a la  
autoevaluación



---

## 5. Referencias bibliográficas

---

- Bermejo Moreno, R., & Moreno Ramírez, A. (2014). Análisis Instrumental. In. España: Sintesis.
- Campillo Seva, N. (2011). *Análisis Químico*. Universidad de Murcia. Consultado el 20 de noviembre de 2021. [enlace web](#)
- Cruz Bojórquez, R. M., González Gallego, J., & Sánchez Collado, P. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 6-15. [enlace web](#)
- Gutiérrez Rodríguez, J. (2007). *Ácido-Base*. Instituto de Educación Secundaria Clara Campoamor. [enlace web](#)
- Harris, D. (2007). *Análisis Químico Cuantitativo* (Tercera ed.). Editorial Reverté S.A.
- INEN. (2010). *Harinas de origen vegetal. Determinación de las cenizas insolubles en ácido*. (INEN 527). Ecuador: INEN Obtenido de [enlace web](#)
- INEN. (2011). *Agua potable. Requisitos*. (INEN 1108). Ecuador: INEN Obtenido de [enlace web](#)
- INEN. (2013). *Pescado en conservas. Requisitos*. (INEN 1772). Ecuador: INEN Obtenido de [enlace web](#)
- INEN. (2015). *Harina de trigo. Requisitos*. (INEN 616). Ecuador: INEN Obtenido de [enlace web](#)
- Khan Academy. (2021). *Lección de Química*. Consultado el 30 de mayo de 2021. [enlace web](#)
- Pujol Urban, F., & Sánchez Rodríguez, J. (2015). *Análisis Químico*. Síntesis.
- Sawyerr, N., Trois, C., & Seyoum Workneh, T. (2019). Identification and Characterization of Potential Feedstock for Biogas Production in South Africa. *Ecological Engineering*, 20(6), 103-116. [enlace web](#)

Skoog, D., West, D., Holler, J., & Crouch, S. (2015). *Fundamentos de Química Analítica* (Novena ed.). Cengage Learning